

# **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**EVALUACIÓN DE RUIDO EN LOS PROCESOS UNITARIOS DE  
FUNDICIÓN DE ALUMINIO.**

**POR**

**ALEXANDRE GRAJALES OJENDIS**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL  
TÍTULO DE:**

**INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO**

**SEPTIEMBRE 2016**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**


**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

TESIS DEL C. ALEXANDRE GRAJALES OJENDIS, QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACION DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES**

REVISADA POR EL COMITÉ ASESOR:

PRESIDENTE:

  
\_\_\_\_\_  
ING. JOEL LIMONES AVITIA

VOCAL:

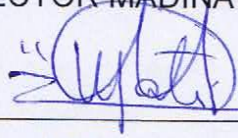
  
\_\_\_\_\_  
DR. ALFREDO OGAZ

VOCAL:

  
\_\_\_\_\_  
M.C. NATALIA BELEN ORTIZ MORALES

VOCAL:

  
\_\_\_\_\_  
DR. HECTOR MADINAVEITIA RIO

  
\_\_\_\_\_  
M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO



**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

SEPTIEMBRE DE 2016.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**“EVALUACION DE RUIDO EN LOS PROCESOS UNITARIOS DE FUNDICIÓN DE ALUMINIO”**

POR:

**ALEXANDRE GRAJALES OJENDIS**

TESIS:

QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ ASESOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES**

REVISADA POR EL COMITÉ ASESOR:

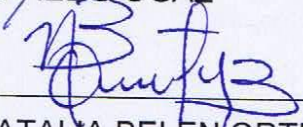
ASESOR PRINCIPAL:

  
\_\_\_\_\_  
ING. JOEL LIMONES AVITIA

ASESOR:

  
\_\_\_\_\_  
DR. ALFREDO OGAZ

ASESOR:

  
\_\_\_\_\_  
M.C. NATALIA BELEN ORTEGA MORALES

ASESOR:

  
\_\_\_\_\_  
DR. HECTOR MADINAVEITIA RIOS

  
\_\_\_\_\_  
M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO



**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.**

**SEPTIEMBRE DE 2016.**



## DEDICATORIAS

### **A mis Padres**

A mis padres, Sabel Grajales Martinez y Graciela Ojendis Molina; Por todo el apoyo que me brindaron que sin dudarlo en ningún momento dudaron de mi para lograr este sueño, un sueño que se comparte con ellos ya que sin su amor no se hubiera logrado.

### **A mis Hermanos**

Saul, Jorgue, Darinel, Norma. Por la confianza y el cariño que nos une por el cual se han logrado muchas metas, sin su apoyo no estaríamos aquí, GRACIAS a todos.

### **A mi Familia**

A mis Abuelos, Tios, Primos, Esposa, Hijo, Amigos

Se los dedico a cada uno de ellos quienes me conocen como soy, que con sus consejos y regaños lograron que fuera una mejor persona. La alegría de ser papá me ha llenado de motivación para terminar este proyecto personal.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A Dios**

Agradesco a Dios por llenarme de vida y salud.

### **A mis Padres**

A mis padres que con su enseñanza lograron emprenderme esta meta que hoy estoy concluyendo con sus consejos y regaños no me dejaron caer y a pesar de la distancia siempre tuve su apoyo y amor.

### **A mis Maestros**

A mis Maestros que con sus clases, consejos y dedicación lograron formar una fuerte pasión por querer crecer día con día. Quienes nos inculcaron y nos dieron las armas para llegar a tener un Título.

### **A mi Esposa e Hijo**

A ellos quienes son el motor de mi vida, quienes siempre están a mi lado por quien buscan lo mejor para mi, y quienes me hicieron saber que la vida es mejor si todo lo compartes con los que amas.

# INDICE

DEDICATORIAS.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
INDICE .....	iii
INDICE DE TABLAS .....	iv
INDICE DE FIGURAS.....	iv
RESUMEN.....	v
I INTRODUCCION.....	1
II OBJETIVO.....	3
2.1 Objetivo general.....	3
2.2 Objetivo específico .....	3
III REVISION DE LITERATURA .....	4
3.1 El ruido en la historia de la humanidad.....	4
3.2 Sonido y Ruido.....	5
3.3 Propiedades de las ondas sonoras .....	6
3.4 Contaminación Acústica .....	7
3.4.1 Que es la Contaminación Acústica.....	7
3.4.2 Origen de la contaminación acústica.....	7
3.5 Fuentes de ruido.....	8
3.5.1 Ruido urbano.....	8
3.5.2 Actividades Comerciales .....	10
3.6 Efectos del Ruido .....	11
3.7 Fisiología y Anatomía del oído.....	13
3.8 Efectos del ruido sobre el ser humano.....	15
3.8.1 La hipoacusia.....	15
3.9 Legislación ambiental en materia de ruido.....	16
3.10 Evaluación del ruido en áreas de trabajo.....	17
IV MATERIALES Y METODOS .....	18
4.1 Determinación del Nivel de Exposición al Ruido (NER).....	18
IV RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....	25

4.1	Resultados.....	25
4.1.1	CALCULO DEL NIVEL SONORO.....	25
4.2	Conclusiones.....	31
V	BIBLIOGRAFÍA.....	32

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1	valores observados correspondientes al punto 1, ubicado hacia el lado oriente del horno de fundición.....	20
Tabla 2	valores observados, correspondientes al punto 2, ubicado hacia el lado Norte del horno de fundición.....	21
Tabla 3	valores observados correspondientes al punto 3, ubicado hacia el lado Sur del horno de fundición.....	22
Tabla 4	valores observados correspondientes al punto 4, ubicado hacia el lado Sur del horno de Secado .....	23
Cuadro 1	Resultados que Corresponde a la Tabla 1 .....	25
Cuadro 2	Resultados que Corresponde a la Tabla 2 .....	26
Cuadro 3	Resultados que Corresponde a la Tabla 3 .....	28
Cuadro 4	Resultados que Corresponde a la Tabla 4 .....	29

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1	el crecimiento de la población .....	8
Figura 2	la percepción del ruido industrial .....	10
Figura 3	fisiologías del oído.....	15

## RESUMEN

Comenzando con la expansión tecnológica de la revolución industrial y continuando con la aceleración que siguió a la Segunda Guerra Mundial, el ruido industrial en los países industrializados se ha incrementado de manera gradual y constante por lo que más áreas geográficas han quedado expuestas a considerables niveles de ruido. Aunque en alguna época los ruidos con nivel suficiente para producir cierto grado de pérdida de audición estaban confinados a fábricas y ciertas ocupaciones, en la actualidad se están registrando en las calles de las ciudades e incluso alrededor del hogar.

El ciudadano promedio está orgulloso del progreso tecnológico del país y suele estar contento con las cosas que le proporciona la tecnología, como una transportación rápida, aparatos que ahorran trabajo y nuevos dispositivos de entretenimiento. Por desgracia, muchos avances tecnológicos se asocian con el creciente ruido ambiental y grandes segmentos de la población tienden a aceptar una mayor cantidad de ruido como parte del precio del progreso.

Las comunidades de ingenieros y científicos ya cuentan con muchos conocimientos relacionados con el ruido, sus efectos, su abatimiento y control. En ese sentido, el ruido es muy distinto de la mayoría de los demás contaminantes ambientales. Por lo general, existe tecnología para controlar la mayor parte del ruido en interiores y exteriores. Incluso, este es un caso en el cual el conocimiento de las técnicas de control supera al de los efectos biológicos y físicos del contaminante.

Entre los peligros a la salud causados por el ruido, el más notable suele ser la pérdida auditiva o hipoacusia. La pérdida auditiva ha sido científicamente observada, medida, y establecida con un efecto de los impactos sonoros excesivos.

**Palabras clave:** Auditivo, biológico, control, hipoacusia, salud.



## I INTRODUCCION

El ruido definido en general como sonido indeseable, es un fenómeno ambiental al que se está expuesto desde antes de nacer y a lo largo de la vida. El ruido también puede considerarse como contaminante ambiental, un producto de desecho generado mientras se realizan varias actividades antropogénicas. De acuerdo, con esta última definición, el ruido es cualquier sonido, cualquiera que sea su intensidad, que puede producir un efecto fisiológico o psicológico indeseable en un individuo o que interfiere con sus fines sociales o los de un grupo. Entre estos fines sociales se encuentran todas las actividades de las personas: comunicación, trabajo, descanso, diversión y sueño (Davis, Mackenzie L., Masten, Susan J.).

Como todo desecho que genera el modo de vida de las personas, se producen dos tipos de habituales de contaminantes. El público en general se ha vuelto muy consciente del primer tipo: la masa de residuos relacionados con la contaminación del aire y el agua que permanecen en el medio ambiente durante periodos extensos. Sin embargo fue hace poco que la atención se concentró en el segundo tipo general de contaminación: los residuos de energía, como el calor de desecho procedente de los procesos de manufactura que generan contaminación térmica en las corrientes. La energía en formas de ondas sonoras también constituye otra clase de residuos energéticos, pero, por fortuna, se trata de uno que no permanece en el medio ambiente por mucho tiempo. La cantidad total de energía que se disipa en forma de sonido por el planeta no es muy grande en comparación con otras formas de energía; solo la extraordinaria sensibilidad del oído es la que permite que una cantidad relativamente pequeña de energía le afecte de manera adversa (Davis, Mackenzie L., Masten, Susan J.).

Se sabe desde hace mucho tiempo que un ruido con la intensidad y duración suficiente puede inducir pérdidas de la audición, que van desde un ligero deterioro auditivo hasta casi la sordera total. En general, un patrón de exposición a cualquier fuente de sonido que le produzca a niveles bastante altos generara la pérdida

temporal de la audición. La exposición persistente a la larga puede ocasionar un deterioro auditivo permanente. Entre los efectos de corta duración, aunque severos, se encuentra la interferencia con la comunicación hablada y la percepción de otras señales auditivas, perturbaciones del sueño y el descanso, molestia, disminución de la capacidad del individuo para realizar tareas complicadas y en general de la calidad de vida (Davis, Mackenzie L., Masten, Susan J.).

Existen razones válidas que explican por qué fue lento el reconocimiento del ruido como contaminante ambiental significativo y peligro potencial o, por lo menos, como un elemento que deteriora la calidad de vida. En primer lugar, si se le define como sonido indeseable, el ruido resulta una experiencia subjetiva: lo que es ruido para una persona puede ser deseable para otra (Davis, Mackenzie L., Masten, Susan J.).

En segundo lugar el ruido tiene un tiempo de decaimiento corto y, por lo tanto, no permanece en el medio ambiente por mucho tiempo, como ocurre con la contaminación del aire y el agua. En el momento en que el individuo promedio se decide a actuar con el fin de abatir, controlar o por lo menos quejarse por el ruido ambiental esporádico, quizá este ya no exista (Davis, Mackenzie L., Masten, Susan J.).

En tercer lugar, los efectos fisiológicos y psicológicos del ruido sobre las personas con frecuencia son sutiles y engañosos, apareciendo de manera tan gradual que al final es difícil de asociar la causa con el efecto. Por lo tanto, es probable que las personas cuya capacidad auditiva quizá ya se encuentre afectada por el ruido no lo consideren un problema del todo (Davis, Mackenzie L., Masten, Susan J.).

## **II OBJETIVO**

### **2.1 Objetivo general**

Comprobar la relación existente entre la pérdida de la audición por daño al oído y los niveles de ruido a los que están expuesta los trabajadores obreros, al interior de las fábricas.

### **2.2 Objetivo específico**

Evaluar y determinar los niveles de ruido, generados por los procesos unitarios de las actividades de fundición.

### III REVISION DE LITERATURA

#### 3.1 El ruido en la historia de la humanidad

El sonido es algo consustancial con la vida. El trabajo y el desarrollo nos obligan a vivir en un entorno en el cual el mundo de los sonidos se vuelve agresivo para el hombre, de manera que se puede considerar al ruido como un importante contaminante en la actualidad, dando lugar a una clara patología específica. El ruido es uno de los peligros laborales más comunes. Los niveles de ruido peligrosos se identifican fácilmente y en la gran mayoría de los casos es técnicamente viable controlar el exceso de ruido aplicando tecnología comercial, remodelando el equipo o proceso o transformando las máquinas ruidosas. Pero con demasiada frecuencia no se hace nada. Hay varias razones para ello. En primer lugar, aunque muchas soluciones de control del ruido son notablemente económicas, otras son muy caras, en particular cuando hay que conseguir reducciones a niveles de 85 u 80 dBA. Una razón muy importante de la ausencia de programas de conservación de la audición y de control del ruido es que, lamentablemente, el ruido suele aceptarse como un “mal necesario”, una parte del negocio, un aspecto inevitable del trabajo industrial. El ruido peligroso no derrama sangre, no rompe huesos, no da mal aspecto a los tejidos y, si los trabajadores pueden aguantar los primeros días o semanas de exposición, suelen tener la sensación de “haberse acostumbrado” al ruido. Sin embargo, lo más probable es que hayan comenzado a sufrir proporciones incapacitantes (Baloh RW).

Los efectos nocivos del ruido sobre la audición se conocen desde ordenanza prohibía a es de hace siglos. En lo que se refiere a la historia de los efectos dañinos del ruido los romanos mencionaban en documentos antiguos la prohibición de hacer rodar carros pesados sobre el pavimento de piedra en la ciudad imperial durante la noche, para no perturbar el descanso de los ciudadanos. En el medio veo otra curiosa ordenanza prohibía a los ciudadanos Londinenses pegar a sus mujeres durante la noche, para evitar que sus gritos produjeran el mismo efecto indeseado. Durante el siglo XIX, como consecuencia de la revolución industrial, el elevado nivel de ruido y la frecuencia con que este aparece, causa un incremento considerable en el número

de pérdidas de sensibilidad auditivas. Se empieza a percibir esta pérdida como una enfermedad profesional. En 1934 Crowe describe el daño en el órgano de Corti provocado por el ruido. A mediados de los 30's se desarrollan dos instrumentos indispensables para el estudio del ruido y sus efectos: el sonómetro y el audiómetro. Durante el desarrollo de la segunda guerra mundial la comunidad científica comienza a ocuparse de este gran problema y a finales de los 40' hacen su aparición los primeros protectores auditivos científicamente diseñados. (Matthew JL, Martins RHG).

### **3.2 Sonido y Ruido**

Los sonidos indeseados constituyen el estorbo público más generalizado en la sociedad actual. Y es más que un estorbo, el ruido es un peligro real y efectivo para la salud del pueblo. De día y de noche, en la casa y en el trabajo, en la calle, en el recreo, donde quiera que estemos, el ruido puede ocasionarnos serias tensiones físicas y emocionales. Nadie es inmune al ruido. Aunque aparentemente nos adaptamos a él ignorándolo, la verdad es que el oído siempre lo capta, y el cuerpo siempre reacciona, a veces con extrema tensión, como cuando oímos un sonido extraño en medio de la noche (Baloh RW).

La molestia que demostramos cuando nos topamos con ruido desagradable es el síntoma exterior más común de las tensiones que se crean en nuestro interior. Y de hecho, ya que la irritabilidad es un síntoma tan notable, a menudo la usan como criterio para medidas de control de ruido (Matthew JL, Martins RHG).

Otros peligros más serios causados por el ruido han sido menos atendidos quizás por ser más sutiles. Pero debemos estar atentos a las molestias que el ruido nos ocasiona, pues pueden augurar otros males físicos y emocionales (Matthew JL, Martins RHG).

Para atender la forma en que el ruido hace daño al ser humano es importante conocer algunos aspectos de la física del sonido:

Sonido: (lat.sonitus) Sensación producida en el órgano del oído por el movimiento vibratorio de los cuerpos.//(Fis.) Efecto de la propagación de las ondas producidas por cambios de densidad y presión en los medios materiales, y en especial el que es audible (Matthew JL, Martins RHG).

El sonido es un fenómeno esencialmente oscilatorio y para que se presente requiere de tres elementos:

- 1) Una partícula (moléculas)
- 2) Un medio elástico (aire, agua, etc.)
- 3) Una fuerza perturbadora (mecánica)

Este movimiento oscilatorio se caracteriza por tener básicamente dos componentes:

- 1) Una intensidad o amplitud (medible en pascuales,  $N/m^2$  o en db) =  $i$
- 2) Una frecuencia (medible en Hertz) =  $p$

### **3.3 Propiedades de las ondas sonoras**

Las ondas sonoras son el resultado de la vibración de objetos solidos o la separación de fluidos a medidas que pasan sobre, alrededor o, a través de orificios de objetos sólidos. La vibración o separación provoca que el aire circundante se vea sometido, en forma alterna, a compresión y descompresión. La compresión de las moléculas de aire incrementa localmente la densidad y presión. Estos cambios alternos en la presión son el sonido que detecta el oído humano (Matthew JL, Martins RHG).

Supóngase que alguien se encuentra en un punto "A", con un instrumento que medirá la presión del aire en cada 0.000010 s. Si el pistón oscila con un ritmo constante, la compresión y descompresión, se moverá a una velocidad constante, que es la velocidad del sonido "c". El ascenso y descenso de la presión en el punto de medición "A", seguirá un patrón cíclico o de onda durante un periodo. Este patrón de onda se denomina sinusoidal. El tiempo transcurrido entre dos crestas o valles de la oscilación se denomina periodo "p". Lo inverso a esto, es decir, el número de veces que aparece un pico durante un segundo de oscilaciones, se denomina

frecuencia “f”. Entonces, el periodo y la frecuencia se relacionan de la siguiente manera:

$$P= 1/f$$

Puesto que la onda de presión se mueve a una velocidad constante, se encontraría que la distancia entre lecturas iguales de presión permanecería constante. La distancia entre cresta o valles de presión adyacentes se denomina longitud de onda “λ”. Entonces, longitud de onda y frecuencia se relacionan de la siguiente manera:

$$\Lambda =c/f$$

La amplitud “A”, de la onda es igual a la altura del pico o la profundidad del valle, medidas a partir de la línea de presión cero (Davis, M. L., et al).

### **3.4 Contaminación Acústica**

#### **3.4.1 Que es la Contaminación Acústica**

Podemos definir la contaminación acústica como el exceso de sonido que altera las condiciones ambientales normales en una determinada zona y degrada la calidad de vida de los habitantes de esa zona (Matthew JL, Martins RHG).

El termino contaminación acústica hace referencia al ruido (entendido como sonido excesivo y molesto), provocado por la actividad humana (tráfico, industrias, locales de ocio, aviones, etc.), que produce efectos negativos sobre la salud física y mental de las personas. Éste término está estrechamente relacionado con el ruido debido a que la contaminación acústica se da cuando el ruido es considerado como contaminante, es decir, un sonido molesto que puede producir efectos nocivos para la salud (Baloh RW).

#### **3.4.2 Origen de la contaminación acústica**

El principal causante de la contaminación acústica es la actividad humana. Aunque el ruido ha existido desde la antigüedad es a partir del siglo pasado, como



consecuencia de la Revolución Industrial, del desarrollo de nuevos medios de transporte y del crecimiento de las ciudades, cuando comienza a aparecer el problema de la contaminación acústica tal y como lo conocemos ahora (Baloh RW).

### 3.5 Fuentes de ruido

#### 3.5.1 Ruido urbano

Determinar las posibles fuentes de ruido urbano conlleva un trabajo de campo minucioso y la realización de mapas de ruido para tener un conocimiento de la zona y de todos los agentes contaminantes a tener cuenta, pero de forma global podemos hablar del tráfico como la causa fundamental de la contaminación acústica en entornos urbanos.

##### a) Automóviles



**Figura 1 el crecimiento de la población**

El ruido de los vehículos es producido fundamentalmente por el motor y la fricción causada por el contacto del vehículo con el suelo y el aire. Además, en nuestro país existe una enorme cantidad de autos con los mofles dañados, lo que incrementa el nivel de ruido en un área determinada.

El ruido perturba las distintas actividades, interfiriendo con la comunicación hablada, perturbando el sueño, el descanso, la relajación, impidiendo la concentración y el aprendizaje y lo que es más grave, creando estados de tensión y cansancio que pueden degenerar en enfermedades de tipo nervioso y cardiovascular (Baloh RW).

Una buena planificación urbana debe proveer unas buenas comunicaciones con un mínimo impacto por contaminación acústica. Esa labor solo puede ser realizada a través de dos caminos paralelos:

- Un diseño medioambiental óptimo de las vías de comunicación.
- Una planificación compatible del uso del suelo alrededor de las vías.

La contaminación acústica producida por el tráfico se ve influenciada por la velocidad del tráfico, la intensidad del mismo, la presencia de obstáculos en la trayectoria de propagación, la cobertura vegetal del terreno, la fluidez del tráfico, etc.

#### b) Aviones

El impacto de las aeronaves no se limita a las proximidades de los grandes aeropuertos, sino que afecta también, en mayor o menor medida, a una gran parte de las zonas urbanas y rurales de todos los países del mundo. La proliferación de aeropuertos, el aumento del número de personas que utilizan con frecuencia este medio de transporte y la generalización de su uso en el movimiento de carga, han producido un aumento exponencial en el tráfico aéreo a lo largo de estas últimas décadas con el consiguiente aumento de la contaminación acústica en las ciudades.

La navegación aérea ha causado graves problemas de ruido en la comunidad. La producción de ruido se relaciona con la velocidad del aire, característica importante para los aviones y los motores.

#### c) Ferrocarril

La reciente proliferación de trenes de gran velocidad en muchos países desarrollados supone, desde el punto de vista de la acústica ambiental, un elemento

muy negativo. La existencia de trenes subterráneos en las zonas urbanas, tanto en lo referente a las grandes líneas interurbanas en sus rutas de penetración en las ciudades como a las redes metropolitanas, no resuelve totalmente el problema (vibraciones de los edificios, llegada de ruido a la superficie, etc.).

### 3.5.2 Actividades Comerciales

Las actividades comerciales son una fuente de contaminación acústica cada vez más importante, y para evitar la proliferación de zonas contaminadas acústicamente por actividades clasificadas como bares, discotecas, panaderías, etc., la administración impone cada vez más restricciones y normativas que protegen al ciudadano del ruido producido.

#### a) Ruido industrial



**Figura 2 la percepción del ruido industrial**

La industria mecánica crea los más graves de todos los problemas causados por el ruido a gran escala y somete a una parte importante de la población activa a niveles de ruido peligroso. Los niveles más altos de ruido son comúnmente causados por componentes o corrientes gaseosas que se mueven a gran velocidad o por operaciones con percusión.

La contaminación acústica industrial esta originada por el funcionamiento de los diferentes tipos de máquinas existentes en la industria.

En líneas generales, el ruido industrial se caracteriza por presentar niveles de presión acústica relativamente elevados, con carácter impulsivo o ruidos de alta intensidad y corta duración. La presencia de ultrasonidos, infrasonidos y vibraciones reviste también una gran importancia en ambientes industriales.

#### b) Construcción de edificios y obras publicas

La construcción de edificios y las obras públicas son actividades que causan considerables emisiones de ruido. Hay una serie de sonidos provocados por grúas, mezcladoras de cemento, operaciones de soldadura, martilleo, perforación y otros trabajos.

Las obras públicas o la construcción tienen una gran importancia como causa de molestia. Los compresores, martillos, neumáticos, excavadoras y vehículos pesados de todo tipo producen unos niveles de ruido tan elevados que son el blanco de muchas de las quejas de los residentes de nuestras ciudades.

A pesar de los esfuerzos realizados para solucionar este problema, los éxitos alcanzados hasta ahora son relativamente modestos. Las estrategias adoptadas difieren considerablemente de unos países a otros, en parte como consecuencia de la diferente sensibilidad que muestran esas mismas sociedades ante el fenómeno que nos ocupa, y en parte debido a las repercusiones tecnológicas, económicas y sociales que comporta cualquier política eficaz de lucha contra el ruido.

### **3.6 Efectos del Ruido**

Existen varias definiciones de RUIDO, entre ellas están las siguientes:

- 1) Es un sonido desagradable o molesto, generalmente aleatorio que no tiene componentes bien definidos.
- 2) Es todo sonido que causa molestia, interfiere con el sueño, trabajo o que lesione o dañe física o psicológicamente al individuo, la flora y la fauna.

- 3) Son los sonidos cuyos niveles de presión acústica o intensidad en combinación con el tiempo de exposición de los trabajadores a ellos, pueden ser nocivos a su salud o bienestar.

Actualmente es aceptado que ruido es aquel sonido que por sus características (intensidad  $>85$  dbA) y frecuencia (1000-3000 htz) causan daño al ser humano, mientras que aquellos sonidos que no tienen esas características, que no dañan al hombre pero que si son molestos se consideran como sonidos desagradables.

Los patrones de ruido se describen de manera cuantitativamente por medio de alguno de los siguientes términos: Estado estacionario o continuo, intermitente, e impulsivo o impacto. El ruido continuo es un nivel sonoro interrumpido que varía menos de 5 dB durante el periodo de observación. El ruido intermitente es un ruido continuo que perdura y se interrumpe por más de 1 seg. Al ruido impulsivo lo caracteriza un cambio de 40 dB o más de la presión sonora dentro de un periodo de 0.5 seg., con una duración menor de 1 seg.

Los principales males causados por la exposición al ruido son: la interferencia en la comunicación, la pérdida de la audición, la perturbación del sueño, y el estrés.

Aunque no se cuenta con pruebas que lo confirmen, se cree que la interferencia en la comunicación oral durante las actividades laborales puede provocar accidentes causados por la incapacidad de oír llamadas de advertencia u otras indicaciones.

Entre los peligros a la salud causados por el ruido, el más notable suele ser la pérdida auditiva. La pérdida auditiva ha sido científicamente observada, medida, y establecida con un efecto de los impactos sonoros excesivos.

La pérdida de la audición puede ser permanente o temporal. El desplazamiento temporal del umbral inducido por el ruido representa una pérdida transitoria de la agudeza auditiva, sufrida después de una exposición relativamente breve al ruido excesivo.

El desplazamiento permanente del umbral inducido por el ruido constituye una pérdida irreversible causada por la exposición prolongada al ruido.

El ruido al provocar dificultades para conciliar el sueño. Algunos estudios han indicado que la perturbación del sueño se manifiesta cada vez más a medida que los niveles de ruido ambiental sobrepasan los límites de serenidad.

Hay otros efectos más difíciles de establecer. Se cree, por ejemplo, que en algunas personas la tensión de un ruido puede aumentar su susceptibilidad a contraer infecciones y otras enfermedades.

Para otras personas aún más susceptibles, los ruidos podrían ser un factor agravante en enfermedades cardíacas y en otras enfermedades.

El ruido que le cause molestia o irritabilidad a una persona saludable podría conllevar serias consecuencias para una persona ya enferma física o mentalmente.

El ruido puede actuar como elemento de distracción y puede también afectar el estado psicofisiológico del individuo. El ruido puede modificar, también, el estado de alerta del individuo y aumentar o disminuir la eficiencia.

El ruido nos afecta a través de toda la vida. Ha habido indicios de perjuicio al feto cuando las madres han estado expuestas a ruidos industriales o a otros ruidos ambientales excesivos durante el periodo de embarazo. En la infancia y juventud, los jóvenes expuestos a altos niveles de ruido pueden experimentar dificultad en aprender, o mala salud. Y en la edad avanzada las personas suelen tener dificultad en conciliar el sueño y en descansar.

### **3.7 Fisiología y Anatomía del oído.**

¿Por qué oímos?

La captación de vibraciones por el ser vivo requiere la posesión por este de receptores diferenciados. En el caso concreto de la vibraciones sonoras tales

receptores están alojados en el oído interno, y su puesta en marcha precisa un acontecimiento previo del estímulo vibratorio que se realiza en el oído externo y el oído medio, segmentos periféricos del sistema auditivo (Iñiguez S.R.).

El aparato auditivo consta de tres partes principales, oído externo, oído medio y oído interno:

a) Anatomía del oído externo:

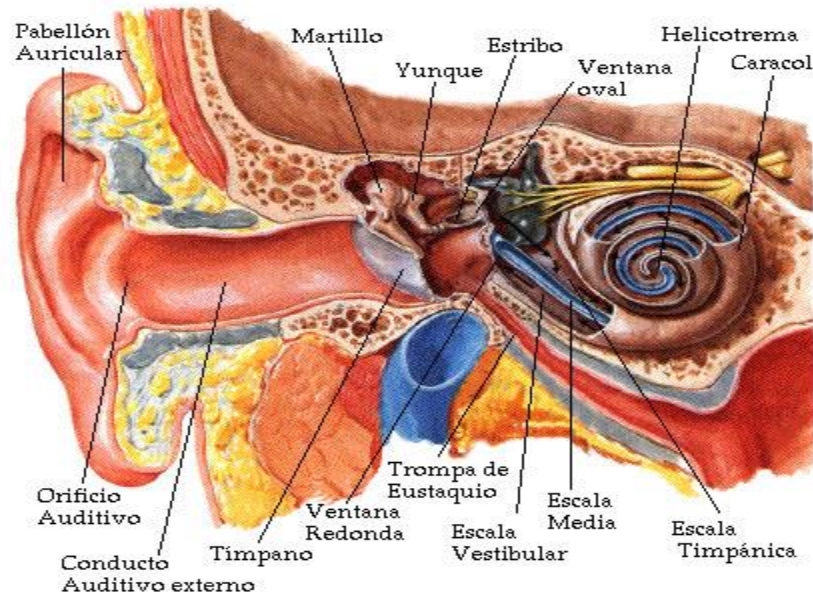
El oído externo, que incluye el pabellón de la oreja y el canal auditivo externo, está separado del oído medio por una estructura en forma de disco llamado membrana timpánica (tímpano) (Hildebrand MS, et al).

El pabellón auricular une a la cabeza mediante la piel y se compone principalmente de cartílago, y su función es ayudar a reunir las ondas sonoras y a hacerlas pasar por el canal auditivo externo. Este mide aproximadamente 2.5 cm y termina en la membrana timpánica. La piel del conducto tiene glándulas especializadas que secretan una sustancia cérea amarillenta, el cerumen (Hildebrand MS, et al)

b) Anatomía del oído interno

El oído interno se encuentra alojado profundamente en el hueso temporal y está formado por una serie de estructuras complejas que se encargan de la audición y el equilibrio del ser humano (Iñiguez S.R.).





**Figura 3 fisiologías del oído**

### 3.8 Efectos del ruido sobre el ser humano.

#### 1) Efectos auditivos del ruido

Existen tres diferentes tipos de daño auditivo que pueden ser generados ser generados por el ruido:

- a) Trauma acústica aguda (Acoustic Trauma)
- b) Trauma acústica crónico (noiseinducedhearingloss/NIHL)
- c) La berintopia crónica o Trauma de meniere

#### 3.8.1 La hipoacusia.

La hipoacusia, es la incapacidad total o parcial para escuchar sonido en uno o ambos oídos. Los síntomas dela hipoacusia puede abarcar:

- Ciertos sonidos que parecen demasiado fuertes.
- Dificultad para seguir conversaciones cuando dos o más personas están hablando.
- Dificultad para oír en ambientes ruidosos.

- Dificultad para diferenciar sonidos agudos (por ejemplo, “S” o “th”) entre sí.

Otros síntomas abarcan:

- Sensación de estar sin equilibrio o mareado (más común con la enfermedad de Meniere y el neuroma acústico).
- Presión en el oído (en el líquido de tras del tímpano).
- Ruido o zumbido en los oídos (tinnitus).

Nombre alternativos; pérdida auditiva; sordera; disminución de la audición; hipoacusia conductiva (Iñiguez S.R.).

### 3.9 Legislación ambiental en materia de ruido.

Normas oficiales mexicanas, en materia de prevención y control de la contaminación por ruido:

- Norma oficial mexicana NOM-STPS-2011. Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido. (D.O.F. 17-IV-2002).

Esta norma es expedida por la secretaria del trabajo y previsión Social (STPS) y en ella se establece la metodología para la medición de los niveles de ruido en los centro de trabajo y, se indica los niveles máximos permisibles (límites máximos permisibles) de ruido en el ambiente laboral, de acuerdo al señalado en la tabla siguiente:

Límites máximos permisibles de exposición a ruido en el ambiente laboral, de acuerdo al apéndice A de la Normas Oficiales Mexicana NOM-011-STPS-2002.

Nivel de exposición a ruido (NER)	Tiempo máximo permisible de exposición (TMPE)
90 dB (A)	8 Hrs.

93 dB (A)	4 Hrs.
96 dB (A)	2 Hrs.
99 dB (A)	1 Hrs.
102 dB (A)	30 Min.
105 dB (A)	15 Min.

### 3.10 Evaluación del ruido en áreas de trabajo.

Durante un estudio de acústica (por ejemplo de evaluación de ruido industrial) se evalúa la intensidad del sonido o ruido.

En relación a la intensidad del sonido se evalúa tres parámetros:

- Nivel de presión acústica, (potencia acústica, intensidad acústica).
- Nivel sonoro "A" (NS "A"): es el nivel de presión acústica ajustado a la función de ponderación denominado "A", con una presión de referencia de 20 micropascales, se abreviara NS"A"
- Nivel sonoro continuo equivalente (NSCE): Es el nivel sonoro dB A que si estuviera presente durante 40 horas por semana daría el mismo índice compuesto de exposición al ruido, que los distintos niveles sonoros medidos en una semana.

## **IV MATERIALES Y METODOS**

El presente trabajo se llevó a cabo en la empresa denominada Fundición e Industrias CHAMAR S.A. de C. V. Empresa ubicada en calle circuito de Lara # 223, en la Zona Industrial Torreón, en el municipio de Torreón, Coahuila, México.

La metodología que se aplicó para la determinación de los niveles de ruido en la empresa, fue la denominada sumatoria de valores. La cual se establece por la Norma Oficial Mexicana, NOM-011-SPTS-2001.

Para la toma de lecturas de los niveles de ruido se utilizó un equipo denominado sonómetro, marca: Extech, modelo 407736, clase 1. Cronometro, para la toma de los tiempos, flexometro y hojas de registro. El procedimiento de toma de lecturas, se describe a continuación:

Se tomaron como referencia cuatro puntos, dentro de la empresa, los cuales se describen a continuación:

Punto 1, Lado oriente del horno de fundición.

Punto 2, Lado norte de horno de fundición.

Punto 3, Lado Sur del horno de fundición.

Punto 4, Lado sur del horno de secado.

### **4.1 Determinación del Nivel de Exposición al Ruido (NER).**

La evaluación se realizó como mínimo durante una jornada laboral de 8 horas. Los puntos de medición fueron seleccionados de tal manera que describan el entorno ambiental de manera confiable. Todos los puntos de medición de una zona de evaluación están identificados con un número progresivo.

- a. cada período de observación tiene una duración de 5 minutos como máximo, con 50 lecturas como mínimo;
- b. durante un período de observación debe registrarse el NSA cada 5 segundos, como máximo;
- c. en cada punto de medición, los períodos de observación deben repetirse aproximadamente cada hora;
- d. debe usarse la respuesta dinámica "RAPIDA" del sonómetro;
- e. el valor del NSA debe ser el observado instantáneamente y registrarse sin considerar tendencias en las variaciones del NSA.

A continuación se presentan mediante tablas las lecturas que se tomaron en cada uno de los puntos evaluados en la empresa Fundicion e Industrias Chamar, S.A. de C.V.

**Tabla 1 valores observados correspondientes al punto 1, ubicado hacia el lado oriente del horno de fundición**

1	80	81	82	82	82
2	80	81	82	82	82
3	80	81	82	82	82
4	80	81	82	82	82
5	80	82	82	82	82
6	80	82	82	82	82
7	81	82	82	82	82
8	81	82	82	82	82
9	81	82	82	82	82
10	81	82	82	82	82
11	81	82	82	82	82
12	81	82	82	82	82
13	81	82	82	82	82
14	81	82	82	82	82
15	81	82	82	82	82
16	81	82	82	82	82
17	81	82	82	82	82
18	81	82	82	82	82
19	81	82	82	82	82
20	81	82	82	82	82
21	81	82	82	82	83
22	81	82	82	82	83
23	81	82	82	82	83
24	81	82	82	82	83
25	81	82	82	82	83
26	81	82	82	82	83
27	81	82	82	82	83
28	81	82	82	82	83
29	81	82	82	82	83
30	81	82	82	82	83
31	81	82	82	82	83
32	81	82	82	82	83
33	81	82	82	82	83
34	81	82	82	82	83
35	81	82	82	82	83
36	81	82	82	82	83
37	81	82	82	82	83
38	81	82	82	82	83
39	81	82	82	82	83
40	81	82	82	82	83
41	81	82	82	82	83
42	81	82	82	82	83
43	81	82	82	82	83
44	81	82	82	82	83
45	81	82	82	82	84
46	81	82	82	82	84

47	81	82	82	82	85
48	81	82	82	82	85
49	81	82	82	82	85
50	81	82	82	82	88
	4044.0	4096.0	4100.0	4100.0	4143.0

**Tabla 2 valores observados, correspondientes al punto 2, ubicado hacia el lado Norte del horno de fundición.**

1	70	70	71	73	86
2	70	70	71	73	86
3	70	70	71	73	86
4	70	70	71	73	86
5	70	70	71	73	86
6	70	70	71	73	86
7	70	70	71	73	87
8	70	70	71	73	87
9	70	70	71	73	87
10	70	71	71	73	87
11	70	71	71	73	87
12	70	71	71	74	87
13	70	71	71	74	87
14	70	71	71	74	87
15	70	71	72	74	88
16	70	71	72	74	88
17	70	71	72	74	88
18	70	71	72	75	88
19	70	71	72	75	88
20	70	71	72	75	88
21	70	71	72	75	88
22	70	71	72	75	88
23	70	71	72	75	89
24	70	71	72	75	89
25	70	71	72	76	89
26	70	71	72	76	89
27	70	71	72	76	89
28	70	71	72	76	90
29	70	71	72	76	90
30	70	71	72	77	90
31	70	71	72	77	90
32	70	71	72	77	91
33	70	71	72	77	91
34	70	71	72	77	91
35	70	71	72	77	91
36	70	71	72	77	91
37	70	71	72	78	91
38	70	71	72	78	91
39	70	71	72	78	91



40	70	71	72	80	91
41	70	71	72	80	91
42	70	71	72	85	91
43	70	71	72	85	91
44	70	71	72	85	91
45	70	71	72	85	92
46	70	71	72	85	92
47	70	71	72	85	93
48	70	71	72	86	93
49	70	71	73	86	93
50	70	71	73	86	93
	3500	3541	3588	3853	4460

**Tabla 3 valores observados correspondientes al punto 3, ubicado hacia el lado Sur del horno de fundición.**

1	70	73	74	81	83
2	70	73	74	81	83
3	70	73	74	81	83
4	70	73	74	81	83
5	70	73	74	81	83
6	71	73	74	81	83
7	71	73	74	81	83
8	71	73	74	81	83
9	71	73	74	81	83
10	71	73	74	81	83
11	71	73	74	81	83
12	71	73	74	82	83
13	71	73	75	82	83
14	71	73	75	82	83
15	71	73	75	82	83
16	71	73	75	82	83
17	71	73	75	82	83
18	71	73	75	82	83
19	71	73	75	82	83
20	71	73	75	82	83
21	71	73	76	82	83
22	71	73	76	82	83
23	71	73	76	82	83
24	71	73	77	82	83
25	71	73	77	82	83
26	72	73	77	82	84
27	72	73	77	82	84
28	72	73	77	82	84
29	72	73	78	82	84
30	72	74	78	82	84

31	72	74	78	82	84
32	72	74	79	82	84
33	72	74	79	82	84
34	72	74	80	82	84
35	72	74	80	82	84
36	72	74	80	82	84
37	72	74	80	82	84
38	72	74	81	82	84
39	72	74	81	82	84
40	72	74	81	82	84
41	72	74	81	82	84
42	72	74	81	83	84
43	72	74	81	83	85
44	72	74	81	83	85
45	72	74	81	83	86
46	72	74	81	83	87
47	72	74	81	83	88
48	72	74	81	83	89
49	72	74	81	83	89
50	72	74	81	83	90
	3570	3671	3866	4098	4202

**Tabla 4 valores observados correspondientes al punto 4, ubicado hacia el lado Sur del horno de Secado**

1	74	75	75	76	76
2	74	75	75	76	76
3	74	75	75	76	76
4	74	75	75	76	76
5	74	75	75	76	76
6	74	75	75	76	76
7	74	75	75	76	76
8	74	75	75	76	76
9	75	75	75	76	76
10	75	75	75	76	76
11	75	75	75	76	77
12	75	75	75	76	77
13	75	75	75	76	77
14	75	75	75	76	77
15	75	75	75	76	77
16	75	75	75	76	77
17	75	75	75	76	77
18	75	75	75	76	77
19	75	75	76	76	77
20	75	75	76	76	77

21	75	75	76	76	77
22	75	75	76	76	77
23	75	75	76	76	77
24	75	75	76	76	77
25	75	75	76	76	77
26	75	75	76	76	77
27	75	75	76	76	77
28	75	75	76	76	77
29	75	75	76	76	77
30	75	75	76	76	77
31	75	75	76	76	77
32	75	75	76	76	77
33	75	75	76	76	77
34	75	75	76	76	77
35	75	75	76	76	77
36	75	75	76	76	77
37	75	75	76	76	77
38	75	75	76	76	77
39	75	75	76	76	77
40	75	75	76	76	77
41	75	75	76	76	77
42	75	75	76	76	77
43	75	75	76	76	78
44	75	75	76	76	78
45	75	75	76	76	78
46	75	75	76	76	78
47	75	75	76	76	78
48	75	75	76	76	79
49	75	75	76	76	80
50	75	75	76	76	80
	3742	3750	3782	3800	3853

La fórmula que se aplicó para la determinación del Nivel de Exposición al Ruido (NER), la señala la norma oficial mexicana NOM y se describe a continuación:

$$\text{NER} = 10 \log \sum_{i=1}^n t_i 10^{\frac{NS_{R,i}}{10}} - 10 \log T_e$$

Donde:

$t_i$  es el tiempo de exposición en el punto de medición  $i$

$T_e$  es el tiempo total de exposición.

## IV RESULTADOS Y CONCLUSIONES

### 4.1 Resultados

#### 4.1.1 CALCULO DEL NIVEL SONORO

Aplicando la formula que describe la Norma Oficial Mexicana NOM-011-STPS-2001, en las siguientes tablas se presentan los resultados de cada una de las lecturas presentadas en las tablas anteriores, así como el resultado del Nivel de Exposición a Ruido (NER);

**Cuadro 1 Resultados que Corresponde a la Tabla 1**

Lec	10^(nJ/10)	Lec	10^(nJ/10)	Lec	10^(nJ/10)	Lec	10^(nJ/10)	Lec	10^(nJ/10)
1	10000000.00	51	125892541.18	101	158489319.25	151	158489319.25	201	158489319.25
2	10000000.00	52	125892541.18	102	158489319.25	152	158489319.25	202	158489319.25
3	10000000.00	53	125892541.18	103	158489319.25	153	158489319.25	203	158489319.25
4	10000000.00	54	125892541.18	104	158489319.25	154	158489319.25	204	158489319.25
5	10000000.00	55	158489319.25	105	158489319.25	155	158489319.25	205	158489319.25
6	10000000.00	56	158489319.25	106	158489319.25	156	158489319.25	206	158489319.25
7	125892541.18	57	158489319.25	107	158489319.25	157	158489319.25	207	158489319.25
8	125892541.18	58	158489319.25	108	158489319.25	158	158489319.25	208	158489319.25
9	125892541.18	59	158489319.25	109	158489319.25	159	158489319.25	209	158489319.25
10	125892541.18	60	158489319.25	110	158489319.25	160	158489319.25	210	158489319.25
11	125892541.18	61	158489319.25	111	158489319.25	161	158489319.25	211	158489319.25
12	125892541.18	62	158489319.25	112	158489319.25	162	158489319.25	212	158489319.25
13	125892541.18	63	158489319.25	113	158489319.25	163	158489319.25	213	158489319.25
14	125892541.18	64	158489319.25	114	158489319.25	164	158489319.25	214	158489319.25
15	125892541.18	65	158489319.25	115	158489319.25	165	158489319.25	215	158489319.25
16	125892541.18	66	158489319.25	116	158489319.25	166	158489319.25	216	158489319.25
17	125892541.18	67	158489319.25	117	158489319.25	167	158489319.25	217	158489319.25
18	125892541.18	68	158489319.25	118	158489319.25	168	158489319.25	218	158489319.25
19	125892541.18	69	158489319.25	119	158489319.25	169	158489319.25	219	158489319.25
20	125892541.18	70	158489319.25	120	158489319.25	170	158489319.25	220	158489319.25
21	125892541.18	71	158489319.25	121	158489319.25	171	158489319.25	221	199526231.50
22	125892541.18	72	158489319.25	122	158489319.25	172	158489319.25	222	199526231.50
23	125892541.18	73	158489319.25	123	158489319.25	173	158489319.25	223	199526231.50
24	125892541.18	74	158489319.25	124	158489319.25	174	158489319.25	224	199526231.50
25	125892541.18	75	158489319.25	125	158489319.25	175	158489319.25	225	199526231.50
26	125892541.18	76	158489319.25	126	158489319.25	176	158489319.25	226	199526231.50
27	125892541.18	77	158489319.25	127	158489319.25	177	158489319.25	227	199526231.50
28	125892541.18	78	158489319.25	128	158489319.25	178	158489319.25	228	199526231.50
29	125892541.18	79	158489319.25	129	158489319.25	179	158489319.25	229	199526231.50
30	125892541.18	80	158489319.25	130	158489319.25	180	158489319.25	230	199526231.50
31	125892541.18	81	158489319.25	131	158489319.25	181	158489319.25	231	199526231.50
32	125892541.18	82	158489319.25	132	158489319.25	182	158489319.25	232	199526231.50
33	125892541.18	83	158489319.25	133	158489319.25	183	158489319.25	233	199526231.50

34	125892541.18	84	158489319.25	134	158489319.25	184	158489319.25	234	199526231.50
35	125892541.18	85	158489319.25	135	158489319.25	185	158489319.25	235	199526231.50
36	125892541.18	86	158489319.25	136	158489319.25	186	158489319.25	236	199526231.50
37	125892541.18	87	158489319.25	137	158489319.25	187	158489319.25	237	199526231.50
38	125892541.18	88	158489319.25	138	158489319.25	188	158489319.2	238	199526231.50
39	125892541.18	89	158489319.25	139	158489319.25	189	158489319.25	239	199526231.50
40	125892541.18	90	158489319.25	140	158489319.25	190	158489319.25	240	199526231.50
41	125892541.18	91	158489319.25	141	158489319.25	191	158489319.25	241	199526231.50
42	125892541.18	92	158489319.25	142	158489319.25	192	158489319.25	242	199526231.50
43	125892541.18	93	158489319.25	143	158489319.25	193	158489319.25	243	199526231.50
44	125892541.18	94	158489319.25	144	158489319.25	194	158489319.25	244	199526231.50
45	125892541.18	95	158489319.25	145	158489319.25	195	158489319.25	245	251188643.15
46	125892541.18	96	158489319.25	146	158489319.25	196	158489319.25	246	251188643.15
47	125892541.18	97	158489319.25	147	158489319.25	197	158489319.25	247	316227766.02
48	125892541.18	98	158489319.25	148	158489319.25	198	158489319.25	248	316227766.02
49	125892541.18	99	158489319.25	149	158489319.25	199	158489319.25	249	316227766.02
50	125892541.18	100	158489319.25	150	158489319.25	200	158489319.25	250	630957344.48
Σ	6139271811.89	Σ	7794078850.04	Σ	7924465962.31	Σ	7924465962.31	Σ	10040433869.68

PERIODO DE EXPOSICION	NSAi dB(Å)	TIEMPO EXPOSICION te EN HRS
12	80.26	12

<b>NER = 10LOG (Σti 10^(NSAi/10)) -10log te</b>	
<b>NER=</b>	<b>80.26</b>

**Cuadro 2 Resultados que Corresponde a la Tabla 2**

1	10000000.00	51	10000000.00	101	12589254.12	151	19952623.15	201	398107170.55
2	10000000.00	52	10000000.00	102	12589254.12	152	19952623.15	202	398107170.55
3	10000000.00	53	10000000.00	103	12589254.12	153	19952623.15	203	398107170.55
4	10000000.00	54	10000000.00	104	12589254.12	154	19952623.15	204	398107170.55
5	10000000.00	55	10000000.00	105	12589254.12	155	19952623.15	205	398107170.55
6	10000000.00	56	10000000.00	106	12589254.12	156	19952623.15	206	398107170.55
7	10000000.00	57	10000000.00	107	12589254.12	157	19952623.15	207	501187233.63
8	10000000.00	58	10000000.00	108	12589254.12	158	19952623.15	208	501187233.63
9	10000000.00	59	10000000.00	109	12589254.12	159	19952623.15	209	501187233.63
10	10000000.00	60	12589254.12	110	12589254.12	160	19952623.15	210	501187233.63
11	10000000.00	61	12589254.12	111	12589254.12	161	19952623.15	211	501187233.63
12	10000000.00	62	12589254.12	112	12589254.12	162	25118864.32	212	501187233.63
13	10000000.00	63	12589254.12	113	12589254.12	163	25118864.32	213	501187233.63
14	10000000.00	64	12589254.12	114	12589254.12	164	25118864.32	214	501187233.63
15	10000000.00	65	12589254.12	115	15848931.92	165	25118864.32	215	630957344.48
16	10000000.00	66	12589254.12	116	15848931.92	166	25118864.32	216	630957344.48
17	10000000.00	67	12589254.12	117	15848931.92	167	25118864.32	217	630957344.48

18	10000000.00	68	12589254.12	118	15848931.92	168	31622776.60	218	630957344.48
19	10000000.00	69	12589254.12	119	15848931.92	169	31622776.60	219	630957344.48
20	10000000.00	70	12589254.12	120	15848931.92	170	31622776.60	220	630957344.48
21	10000000.00	71	12589254.12	121	15848931.92	171	31622776.60	221	630957344.48
22	10000000.00	72	12589254.12	122	15848931.92	172	31622776.60	222	630957344.48
23	10000000.00	73	12589254.12	123	15848931.92	173	31622776.60	223	794328234.72
24	10000000.00	74	12589254.12	124	15848931.92	174	31622776.60	224	794328234.72
25	10000000.00	75	12589254.12	125	15848931.92	175	39810717.06	225	794328234.72
26	10000000.00	76	12589254.12	126	15848931.92	176	39810717.06	226	794328234.72
27	10000000.00	77	12589254.12	127	15848931.92	177	39810717.06	227	794328234.72
28	10000000.00	78	12589254.12	128	15848931.92	178	39810717.06	228	1000000000.00
29	10000000.00	79	12589254.12	129	15848931.92	179	39810717.06	229	1000000000.00
30	10000000.00	80	12589254.12	130	15848931.92	180	50118723.36	230	1000000000.00
31	10000000.00	81	12589254.12	131	15848931.92	181	50118723.36	231	1000000000.00
32	10000000.00	82	12589254.12	132	15848931.92	182	50118723.36	232	1258925411.79
33	10000000.00	83	12589254.12	133	15848931.92	183	50118723.36	233	1258925411.79
34	10000000.00	84	12589254.12	134	15848931.92	184	50118723.36	234	1258925411.79
35	10000000.00	85	12589254.12	135	15848931.92	185	50118723.36	235	1258925411.79
36	10000000.00	86	12589254.12	136	15848931.92	186	50118723.36	236	1258925411.79
37	10000000.00	87	12589254.12	137	15848931.92	187	63095734.45	237	1258925411.79
38	10000000.00	88	12589254.12	138	15848931.92	188	63095734.45	238	1258925411.79
39	10000000.00	89	12589254.12	139	15848931.92	189	63095734.45	239	1258925411.79
40	10000000.00	90	12589254.12	140	15848931.92	190	1000000000.00	240	1258925411.79
41	10000000.00	91	12589254.12	141	15848931.92	191	1000000000.00	241	1258925411.79
42	10000000.00	92	12589254.12	142	15848931.92	192	316227766.02	242	1258925411.79
43	10000000.00	93	12589254.12	143	15848931.92	193	316227766.02	243	1258925411.79
44	10000000.00	94	12589254.12	144	15848931.92	194	316227766.02	244	1258925411.79
45	10000000.00	95	12589254.12	145	15848931.92	195	316227766.02	245	1584893192.46
46	10000000.00	96	12589254.12	146	15848931.92	196	316227766.02	246	1584893192.46
47	10000000.00	97	12589254.12	147	15848931.92	197	316227766.02	247	1995262314.97
48	10000000.00	98	12589254.12	148	15848931.92	198	398107170.55	248	1995262314.97
49	10000000.00	99	12589254.12	149	19952623.15	199	398107170.55	249	1995262314.97
50	10000000.00	100	12589254.12	150	19952623.15	200	398107170.55	250	1995262314.97
Σ	500000000.00	Σ	606159418.84	Σ	755018489.39	Σ	4622411436.67	Σ	46934306819.92

PERIODO DE EXPOSICION	NSAi dB(Å)	TIEMPO EXPOSICION te EN HRS
12	81.54	12

<b>NER = 10LOG (Σti 10<sup>-(NSAi/10)</sup>) -10log te</b>	
<b>NER=</b>	<b>81.54</b>

**Cuadro 3 Resultados que Corresponde a la Tabla 3**

1	1000000.00	51	19952623.15	101	25118864.32	151	125892541.18	201	199526231.50
2	1000000.00	52	19952623.15	102	25118864.32	152	125892541.18	202	199526231.50
3	1000000.00	53	19952623.15	103	25118864.32	153	125892541.18	203	199526231.50
4	1000000.00	54	19952623.15	104	25118864.32	154	125892541.18	204	199526231.50
5	1000000.00	55	19952623.15	105	25118864.32	155	125892541.18	205	199526231.50
6	12589254.12	56	19952623.15	106	25118864.32	156	125892541.18	206	199526231.50
7	12589254.12	57	19952623.15	107	25118864.32	157	125892541.18	207	199526231.50
8	12589254.12	58	19952623.15	108	25118864.32	158	125892541.18	208	199526231.50
9	12589254.12	59	19952623.15	109	25118864.32	159	125892541.18	209	199526231.50
10	12589254.12	60	19952623.15	110	25118864.32	160	125892541.18	210	199526231.50
11	12589254.12	61	19952623.15	111	25118864.32	161	125892541.18	211	199526231.50
12	12589254.12	62	19952623.15	112	25118864.32	162	158489319.25	212	199526231.50
13	12589254.12	63	19952623.15	113	31622776.60	163	158489319.25	213	199526231.50
14	12589254.12	64	19952623.15	114	31622776.60	164	158489319.25	214	199526231.50
15	12589254.12	65	19952623.15	115	31622776.60	165	158489319.25	215	199526231.50
16	12589254.12	66	19952623.15	116	31622776.60	166	158489319.25	216	199526231.50
17	12589254.12	67	19952623.15	117	31622776.60	167	158489319.25	217	199526231.50
18	12589254.12	68	19952623.15	118	31622776.60	168	158489319.25	218	199526231.50
19	12589254.12	69	19952623.15	119	31622776.60	169	158489319.25	219	199526231.50
20	12589254.12	70	19952623.15	120	31622776.60	170	158489319.25	220	199526231.50
21	12589254.12	71	19952623.15	121	39810717.06	171	158489319.25	221	199526231.50
22	12589254.12	72	19952623.15	122	39810717.06	172	158489319.25	222	199526231.50
23	12589254.12	73	19952623.15	123	39810717.06	173	158489319.25	223	199526231.50
24	12589254.12	74	19952623.15	124	50118723.36	174	158489319.25	224	199526231.50
25	12589254.12	75	19952623.15	125	50118723.36	175	158489319.25	225	199526231.50
26	15848931.92	76	19952623.15	126	50118723.36	176	158489319.25	226	251188643.15
27	15848931.92	77	19952623.15	127	50118723.36	177	158489319.25	227	251188643.15
28	15848931.92	78	19952623.15	128	50118723.36	178	158489319.25	228	251188643.15
29	15848931.92	79	19952623.15	129	63095734.45	179	158489319.25	229	251188643.15
30	15848931.92	80	25118864.32	130	63095734.45	180	158489319.25	230	251188643.15
31	15848931.92	81	25118864.32	131	63095734.45	181	158489319.25	231	251188643.15
32	15848931.92	82	25118864.32	132	79432823.47	182	158489319.25	232	251188643.15
33	15848931.92	83	25118864.32	133	79432823.47	183	158489319.25	233	251188643.15
34	15848931.92	84	25118864.32	134	100000000.00	184	158489319.25	234	251188643.15
35	15848931.92	85	25118864.32	135	100000000.00	185	158489319.25	235	251188643.15
36	15848931.92	86	25118864.32	136	100000000.00	186	158489319.25	236	251188643.15
37	15848931.92	87	25118864.32	137	100000000.00	187	158489319.25	237	251188643.15
38	15848931.92	88	25118864.32	138	125892541.18	188	158489319.25	238	251188643.15
39	15848931.92	89	25118864.32	139	125892541.18	189	158489319.25	239	251188643.15
40	15848931.92	90	25118864.32	140	125892541.18	190	158489319.25	240	251188643.15
41	15848931.92	91	25118864.32	141	125892541.18	191	158489319.25	241	251188643.15
42	15848931.92	92	25118864.32	142	125892541.18	192	199526231.50	242	251188643.15
43	15848931.92	93	25118864.32	143	125892541.18	193	199526231.50	243	316227766.02
44	15848931.92	94	25118864.32	144	125892541.18	194	199526231.50	244	316227766.02
45	15848931.92	95	25118864.32	145	125892541.18	195	199526231.50	245	398107170.55
46	15848931.92	96	25118864.32	146	125892541.18	196	199526231.50	246	501187233.63

47	15848931.92	97	25118864.32	147	125892541.18	197	199526231.50	247	630957344.48
48	15848931.92	98	25118864.32	148	125892541.18	198	199526231.50	248	794328234.72
49	15848931.92	99	25118864.32	149	125892541.18	199	199526231.50	249	794328234.72
50	15848931.92	100	25118864.32	150	125892541.18	200	199526231.50	250	1000000000.00
$\Sigma$	698008380.47	$\Sigma$	1106122221.96	$\Sigma$	3309190238.20	$\Sigma$	7935233613.83	$\Sigma$	14009726471.13

PERIODO DE EXPOSICION	NSAi dB(Å)	TIEMPO EXPOSICION te EN HRS
12	78.58	12

<b>NER = 10LOG (<math>\Sigma ti 10^{(NSAi/10)}</math>) -10log te</b>	
<b>NER=</b>	<b>78.58</b>

**Cuadro 4 Resultados que Corresponde a la Tabla 4**

1	25118864.32	51	31622776.60	101	31622776.60	151	39810717.06	201	39810717.06
2	25118864.32	52	31622776.60	102	31622776.60	152	39810717.06	202	39810717.06
3	25118864.32	53	31622776.60	103	31622776.60	153	39810717.06	203	39810717.06
4	25118864.32	54	31622776.60	104	31622776.60	154	39810717.06	204	39810717.06
5	25118864.32	55	31622776.60	105	31622776.60	155	39810717.06	205	39810717.06
6	25118864.32	56	31622776.60	106	31622776.60	156	39810717.06	206	39810717.06
7	25118864.32	57	31622776.60	107	31622776.60	157	39810717.06	207	39810717.06
8	25118864.32	58	31622776.60	108	31622776.60	158	39810717.06	208	39810717.06
9	31622776.60	59	31622776.60	109	31622776.60	159	39810717.06	209	39810717.06
10	31622776.60	60	31622776.60	110	31622776.60	160	39810717.06	210	39810717.06
11	31622776.60	61	31622776.60	111	31622776.60	161	39810717.06	211	50118723.36
12	31622776.60	62	31622776.60	112	31622776.60	162	39810717.06	212	50118723.36
13	31622776.60	63	31622776.60	113	31622776.60	163	39810717.06	213	50118723.36
14	31622776.60	64	31622776.60	114	31622776.60	164	39810717.06	214	50118723.36
15	31622776.60	65	31622776.60	115	31622776.60	165	39810717.06	215	50118723.36
16	31622776.60	66	31622776.60	116	31622776.60	166	39810717.06	216	50118723.36
17	31622776.60	67	31622776.60	117	31622776.60	167	39810717.06	217	50118723.36
18	31622776.60	68	31622776.60	118	31622776.60	168	39810717.06	218	50118723.36
19	31622776.60	69	31622776.60	119	39810717.06	169	39810717.06	219	50118723.36
20	31622776.60	70	31622776.60	120	39810717.06	170	39810717.06	220	50118723.36
21	31622776.60	71	31622776.60	121	39810717.06	171	39810717.06	221	50118723.36
22	31622776.60	72	31622776.60	122	39810717.06	172	39810717.06	222	50118723.36
23	31622776.60	73	31622776.60	123	39810717.06	173	39810717.06	223	50118723.36
24	31622776.60	74	31622776.60	124	39810717.06	174	39810717.06	224	50118723.36
25	31622776.60	75	31622776.60	125	39810717.06	175	39810717.06	225	50118723.36
26	31622776.60	76	31622776.60	126	39810717.06	176	39810717.06	226	50118723.36
27	31622776.60	77	31622776.60	127	39810717.06	177	39810717.06	227	50118723.36
28	31622776.60	78	31622776.60	128	39810717.06	178	39810717.06	228	50118723.36
29	31622776.60	79	31622776.60	129	39810717.06	179	39810717.06	229	50118723.36
30	31622776.60	80	31622776.60	130	39810717.06	180	39810717.06	230	50118723.36
31	31622776.60	81	31622776.60	131	39810717.06	181	39810717.06	231	50118723.36



32	31622776.60	82	31622776.60	132	39810717.06	182	39810717.06	232	50118723.36
33	31622776.60	83	31622776.60	133	39810717.06	183	39810717.06	233	50118723.36
34	31622776.60	84	31622776.60	134	39810717.06	184	39810717.06	234	50118723.36
35	31622776.60	85	31622776.60	135	39810717.06	185	39810717.06	235	50118723.36
36	31622776.60	86	31622776.60	136	39810717.06	186	39810717.06	236	50118723.36
37	31622776.60	87	31622776.60	137	39810717.06	187	39810717.06	237	50118723.36
38	31622776.60	88	31622776.60	138	39810717.06	188	39810717.06	238	50118723.36
39	31622776.60	89	31622776.60	139	39810717.06	189	39810717.06	239	50118723.36
40	31622776.60	90	31622776.60	140	39810717.06	190	39810717.06	240	50118723.36
41	31622776.60	91	31622776.60	141	39810717.06	191	39810717.06	241	50118723.36
42	31622776.60	92	31622776.60	142	39810717.06	192	39810717.06	242	50118723.36
43	31622776.60	93	31622776.60	143	39810717.06	193	39810717.06	243	63095734.45
44	31622776.60	94	31622776.60	144	39810717.06	194	39810717.06	244	63095734.45
45	31622776.60	95	31622776.60	145	39810717.06	195	39810717.06	245	63095734.45
46	31622776.60	96	31622776.60	146	39810717.06	196	39810717.06	246	63095734.45
47	31622776.60	97	31622776.60	147	39810717.06	197	39810717.06	247	63095734.45
48	31622776.60	98	31622776.60	148	39810717.06	198	39810717.06	248	79432823.47
49	31622776.60	99	31622776.60	149	39810717.06	199	39810717.06	249	100000000.00
50	31622776.60	100	31622776.60	150	39810717.06	200	39810717.06	250	100000000.00
Σ	1529107531.79	Σ	1581138830.08	Σ	1843152924.60	Σ	1990535852.77	Σ	2596817813.87

PERIODO DE EXPOSICION	NSAi dB(Å)	TIEMPO EXPOSICION te EN HRS
12	74.06	12

<b>NER = 10LOG (Σti 10<sup>(NSAi/10)</sup>) -10log te</b>	
<b>NER=</b>	<b>74.06</b>

## 4.2 Conclusiones.

Áreas expuestas al Ruido	Nivel de exposición al Ruido	Niveles máximos permisibles a exposición a Ruido (NER)	Tiempo máximo permisible de exposición (TMPE)
Lado oriente del horno de fundición	80.26 dB	90 dB (A)	8 Hrs.
Lado norte del horno de fundición	81.54 dB	93 dB (A)	4 Hrs.
Lado sur del horno de fundición	78.59 dB	96 dB (A)	2 Hrs.
Lado sur del horno de secado	74.06 dB	99 dB (A)	1 Hrs.
		102 dB (A)	30 Min.
		105 dB (A)	15 Min.

Los niveles de ruido no superan a los límites máximo permitidos como marca la NOM-011-STPS-2001, por lo que se considera que los procesos unitarios en la fundición de aluminio no presentan riesgos a la salud de los trabajadores que desarrollan estas actividades.

## V BIBLIOGRAFÍA

- Baloh RW, Jen J. Hearing and equilibrium. In: Goldman L, Schafer AI, eds. Cecil Medicine. 24 th ed. Philadelphia, Pa: Saunders Elsevier; 2001.
- Hildebrand MS, Husein M, Smith RJH. Genetic sensorineural hearing loss. In: Cummings CW, Flint PW, Haughey BH, et al, eds, Otolaryngology: Head & Neck Surgery. 5 th ed. Philadelphia, Pa: Mosby Elsevier; 2010.
- Arts HA. Sensorineural hearing loss in adults. In: Cummings CW, Flint PW, Haughey BH, et al, eds. Otolaryngology: Head & Neck Surgery. 5th ed. Philadelphia, Pa: Mosby Elsevier; 2010.
- Lonsbury-Martin BL, Martin GK. Noise-induced hearing loss. In: Cummings CW, Flint PW, Haughey BH, et al, eds. Otolaryngology: Head & Neck Surgery. 5 th ed. Philadelphia, Pa: Mosby Elsevier; 2010.
- Bauer CA, Jenkins HA. Otologic symptoms and síndromes. In: Cummings CW, Flint PW, Haughey BH, et al, eds. Otolaryngology: Head & Neck Surgery. 5 th ed. Philadelphia, Pa: Mosby Elsevier; 2010.
- El dib RP, Matthew JL, Martins RHG. Interventions to promote the wearing of hearing protection. Cochrane Database Syst Rev. 2012; 4:CD005234. DOI: 10.1002/14651858. CD005234.pub5.
- BEHAR (1995), Control del Ruido. Editorial Trillas.
- Berry B: Jiggins M: (2000). An inventory of UK research on noise and health from 1994 to 1999. Centre for mechanical and Acoustical metrology. National Physical Laboratory.
- BS ISO 9921-1:1996 Ergonomic assessment of speech communication. Speech interference level and communication distances for persons with normal hearing capacity in direct communication (SIL method) Standard:

Kryter Karld D, (1994) The Hand book of Hearing and the effects of noise: Physiology, Psychology and Public Health, Academic Press.

Ministerio de Sanidad y Consumo. Comisión de Salud Pública. Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud (2000). Protocolos de Vigilancia Sanitaria Específica. Protocolos de Vigilancia Sanitaria Específica. Ruido. Madrid, España.

NIOSH:Preventing Occupational Hearing Loss. A Practical Guide.1996

Workers´ Compensation Board of British Columbia.(2005), Sound Advice a Guide to Hearing Conservation Programs. ISSN 1497-2948. Canadá.

Organización Panamericana de la Salud.” Criterios de salud ambiental: El ruido”. México; 1980.

Viñolas Prat, Jordi.-“Contaminación por ruido: formulación del problema y de las medidas a adoptar para reducir sus efectos”.

Ponce.inter.edu/whoiswho/organiza/abacus/Ismael/ruido.html.-“El Ruido”.

Ergonomía Ambiental (Ruido Industrial). Dr. José Luis Vallejo Gonzalez.EMT, MC erg. Agosto del 2006.

El Ruido en la Industria. Jesús Velasco Abasolo. Responsable del Área de Higiene Industrial de FREMAP, mutua de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales de la seguridad social de Vizcaya.

Alves-Pereira M. y N. Castelo-Branco.2004.”Vibroacoustic disease: The need for a new attitude noise”. CITIDEP & DCEA-FCT-UNL.Lisboa, Portugal.

Araujo A., F. País, J.M.C. Lopo, M.Alves-Pereira M. y N.N.Castelo-Branco.2000. “Echocardiography in noise-exposed morning crew”.

Araujo A., F. Pais, J.M.C. Lopo, M.Alves-Pereira M. y N.N.Castelo-Branco.2001. “Echocardiography in noise-exposed morning crew”.

- Avan O., D. Lotch, F. Bisaro, C. Menguy, y M. Teyssou.1987. "Acousticreflex and protection agaistintens".
- Barti, R. 2002.Indicadores del grado de molestia como alternative a las mediciones clásicas". En jornadas internacionales sobre contaminación acústica. Madrid, España.
- Beranek, L. L. 1996. "Acoustic" 5th Edition, Acoustical Society of America, New York, U.S.A.
- Berglund B. y T. Lindvall y D. Schwela.2000."Guideslines for Community Noise". World Health Organization, Cluser of Sustainable Development and Healthy Environment, Departament of the protection of the Human Environment, Occupation and Environmental health.Geneva, Italy.
- Caceres.2002." El ruido urbano en Extremadura". Departamento de física.
- CONAMA, 2006. (En línea). Efecto del Ruido sobre las personas. <Http://www.conama.cl/portal/1255/article-26278.html>.
- Fletcher, 2002. "Ruido fundamentos y control". Edición en español- NR. Editora Florianopolis.
- García A. 2001. La contaminación acústica. Valencia, España.
- Jones, D. y D. Broadbent. 2004. "Rendimiento Humano y Ruido". Manual de medidas acústicas y control de ruidos". McGraw-Hill, Madrid.
- Kogan, E. 2003. "Molestia generada por ruidos en igual nivel sonoro "A" y distinto, contenido espectral". Segundo congreso Argentino del nuevo milenio y segundas jornadas Acústicas, Electroacústicas y áreas vinculadas, Buenos Aires, Argentina.
- López, B. I. 2000."Medio ambiente sonoro y su valoración subjetiva". Física Y sociedad. Revista del Colegio Oficial de Físicos.

- Miyara, F. 2000."Paradigmas de la investigación de las molestias por ruido". Ponencia presentada en las primeras jornadas sobre ruido y sus consecuencias en la salud de la población. Buenos Aires, Argentina.2006.
- Miyara, F. 2001."Contro, de Ruido". Jornadas internacionales Multidisciplinarias sobre violencia acústica, Editorial ASOLOFAL, Rosario, Argentina.
- Miyara, F. 2003."El ruido como problema ambiental". Madrid, España.
- Recuero, M. 2001. "Contaminación Acústica". Licenciatura en ciencias ambientales. Universidad politécnica de Madrid, España. Editorial Paraninfo, Madrid, España.
- Recuero, M. 2002. "Contaminación Acústica. Willey & Sons. New York, U.S.A.
- Rejano R., M. 2000."Ruido industrial y Urbano". Paraninfo, Madrid.
- Ríos, S. Aceguinolaza, A.Bruschi,A.Baró, M. A. Ponce V. y N. Sachetti 1997 (en línea). El sonido y la contaminación acústica.
- Sandber U. L. F. 2002. "Human Histology". Second Edition. Mosby, Harcourt publishers Limited, UK. Reprintedby Grafos, S.A. Barcelona, España.
- Universidad de Navarra. 200. "Diccionario España de Medicina". Instituto Científico y Tecnológico de la Universidad de Navarra. Espasa Calpe, Navarra, España.