

**ANÁLISIS DEL NIVEL DE RUIDO Y SU REPERCUSIÓN EN LOS
TRABAJADORES QUE LABORAN EN LAS PLANTAS DE INYECCIÓN DE
POLÍMEROS EN LOS CAMPOS CASABE Y CANTAGALLO DE LA EMPRESA
ECOPETROL**

**INGRID CAROLINA GÓMEZ MONCADA
MARIA ANDREA PICO VILLAMIZAR**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
BUCARAMANGA**

2017

**ANÁLISIS DEL NIVEL DE RUIDO Y SU REPERCUSIÓN EN LOS
TRABAJADORES QUE LABORAN EN LAS PLANTAS DE INYECCIÓN DE
POLÍMEROS EN LOS CAMPOS CASABE Y CANTAGALLO DE LA EMPRESA
ECOPETROL**

**INGRID CAROLINA GÓMEZ MONCADA
MARIA ANDREA PICO VILLAMIZAR**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de:
INGENIERO DE PETRÓLEOS

Director:

M.Sc. Kathy Margarita Daza Brochero

Co-director:

Ing. Cesar Edmundo Vera García

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
BUCARAMANGA**

2017

DEDICATORIA

Dios, por acompañarme en todos los momentos de mi vida, por darme infinitas bendiciones, y por permitirme seguir creciendo como persona cada día.

A mis padres, José Gómez y Graciela Moncada, por brindarme todas las oportunidades, por ser un gran ejemplo en mi vida y por todo el amor y apoyo recibido.

A mi hermano, Jairo Gómez, por todos los consejos y momentos maravillosos que me ha compartido y por todo el apoyo que me ha dado.

A mis amigos, María Andrea, Dayis, Karen y Lau, por los momentos vividos y experiencias compartidas.

Ingrid Carolina Gómez Moncada

DEDICATORIA

A Dios por darme la fuerza para seguir adelante y ayudarme en todo este proceso, por ser mi sustento y guiarme para ir siempre por el mejor camino.

A mis padres por confiar en mí y brindarme todo el apoyo necesario, sin ellos no hubiera sido posible nada de lo que soy en este momento, los amo, son los mejores padres que alguien puede tener.

A Jesucristo por hacer mis días mucho más felices y ser mi compañía constante, por ti es que he hecho la mayoría de mis esfuerzos, te amo.

A mis amigas: Ingrid, Liz, Lau y Karencita por tantos momentos compartidos y por ser completamente incondicionales, las quiero.

María Andrea Pico Villamizar

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Universidad Industrial de Santander y a la escuela de ingeniería de petróleos por formarnos de manera integral y darnos los conocimientos necesarios para realizar este estudio.

A la ingeniera Kathy Daza por ser nuestra guía, brindarnos su acompañamiento y por su colaboración constante en el desarrollo de este proyecto.

A los ingenieros Hugo García y Robinson Jiménez por ayudarnos a solicitar los permisos necesarios para el ingreso a las plantas de inyección de polímeros de los campos Casabe y Cantagallo.

A los integrantes de las plantas por su disposición y paciencia al orientarnos en la visita realizada a los campos.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	20
1. MARCO TEORICO	22
1.1 GENERALIDADES.....	22
1.1.1 Información de los campos Casabe y Cantagallo	22
1.2 PROPIEDADES DEL SONIDO	31
1.3 NORMATIVIDAD	40
2. METODOLOGÍA	51
3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	57
3.1 MEDICIONES	57
3.1.1 Campo Casabe.	57
3.1.2 Campo Cantagallo.	59

3.2 MATRIZ DE RIESGOS	63
3.3 COMPARACIÓN ENTRE LAS DOS PLANTAS DE INYECCIÓN DE POLIMEROS.....	65
3.3.1 Análisis de las mediciones del Campo Casabe.	65
3.3.2 Análisis de las mediciones del campo Cantagallo.	66
3.3.3 Comparación de los resultados.	68
3.4 ANÁLISIS DE LA REPERCUSIÓN DEL RUIDO EN LOS TRABAJADORES..	70
3.4.1 Efectos del ruido sobre la salud.....	70
3.4.2 Diagnostico de salud de los trabajadores.	75
3.5 Medidas preventivas	86
4. CONCLUSIONES	89
RECOMENDACIONES.....	90
BIBLIOGRAFIA	91
ANEXOS.....	95

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación del campo Casabe	22
Figura 2. Ubicación campo Cantagallo	23
Figura 3. Zona de la válvula reguladora de presión y de las líneas de suministro de agua	25
Figura 4. Tanques de almacenamiento de agua	26
Figura 5. Bomba de suministro de agua	27
Figura 6. Patín filtrado	27
Figura 7. Silo de polímero seco	28
Figura 8. Bombas de inyección	29
Figura 9. Esquema del proceso de la planta de inyección de polímeros del campo Casabe	30 30
Figura 10. Instantánea de una onda sinusoidal.	33
Figura 11. Posición de un elemento del medio en función del tiempo.	34
Figura 12. Amplitud Vs Tiempo para ruido continuo	35
Figura 13. Amplitud Vs Tiempo para ruido intermitente	35
Figura 14. Amplitud Vs Tiempo para ruido de impacto	36
Figura 15. Diagrama de los principales componentes de un sonómetro	37

Figura 16. Esquema de la planta de inyección de polímeros del campo Casabe	54
Figura 17. Esquema de la planta de inyección de polímeros del campo Cantagallo	54
Figura 18. Sonómetro marca PCE modelo 322	55
Figura 19. Utilización del sonómetro en el campo Casabe	56
Figura 20. Matriz de riesgos campo Casabe	63
Figura 21. Matriz de riesgos campo Cantagallo	64
Figura 22. Distribución de las bombas en el campo Casabe	68
Figura 23. Distribución de las bombas en el campo Casabe	69
Figura 24. Distribución de las bombas del campo Cantagallo	69
Figura 25. Distribución de las bombas del campo Cantagallo	70

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Nivel de sonido y los números de impactos permitidos por día	43
Tabla 2. Duración de la exposición al ruido y sus niveles permitidos	47
Tabla 3. Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental	49
Tabla 4. Mediciones de la bomba # 2	57
Tabla 5. Mediciones de la bomba # 3	57
Tabla 6. Mediciones de la bomba # 4	58
Tabla 7. Mediciones de la Unidad 11	59
Tabla 8. Mediciones de la Unidad 23	60
Tabla 9. Mediciones de la Unidad 15	61
Tabla 10. Mediciones de la Unidad 22	61
Tabla 11. Número de trabajadores por cada turno de la planta de inyección de polímeros del campo Casabe	65
Tabla 12. Número de trabajadores por cada turno de la planta de inyección de polímeros del campo Cantagallo.	67

Tabla 13. Resultados observados de los certificados de aptitud	75
Tabla 14. Información de los trabajadores que laboran en la planta del campo Casabe	76
Tabla 15. Información de los trabajadores que laboran en la planta del campo Cantagallo	76
Tabla 16. Información recolectada de la pregunta 1	77
Tabla 17. Información recolectada en la pregunta 2	78
Tabla 18. Información recolectada de la pregunta 3	78
Tabla 19. Información recolectada de la pregunta 4.	79
Tabla 20. Información recolectada de la pregunta 5.	80
Tabla 21. Información recolectada de la pregunta 6	80
Tabla 22. Información recolectada de la pregunta 7.	81
Tabla 23. Información recolectada de la pregunta 8.	82
Tabla 24. Información recolectada de la pregunta 9.	82
Tabla 25. Información recolectada de la pregunta 10.	83
Tabla 26. Información recolectada de la pregunta 11.	84

TABLA DE GRAFICOS

	Pág.
Gráfico 1. Valores máximos (dB) vs Numero de prueba para cada bomba	58
Gráfico 2. Valores mínimos (dB) vs Numero de prueba para cada bomba	58
Gráfico 3. Valores promedio (dB) vs Numero de prueba para cada bomba	59
Gráfico 4. Mediciones de la Unidad 11	60
Gráfico 5. Mediciones de la Unidad 23	60
Gráfico 6. Mediciones de la Unidad 15	61
Gráfico 7. Mediciones de la Unidad 22	62
Gráfico 8. Medidas promedio para todas las unidades	62
Gráfico 9. Diagrama de la pregunta número 1.	77
Gráfico 10. Diagrama de la pregunta 2	78
Gráfico 11. Diagrama de la pregunta 3.	79
Gráfico 12. Diagrama de la pregunta 4.	79
Gráfico 13. Diagrama de la pregunta 5.	80

Gráfico 14. Diagrama de la pregunta 6	81
Gráfico 15. Diagrama de la pregunta 7	81
Gráfico 16. Diagrama de la pregunta 8	82
Gráfico 17. Diagrama de la pregunta 9	83
Gráfico 18. Diagrama de la pregunta 10	84
Gráfico 19. Diagrama de la pregunta 11	84

LISTA DE ANEXOS

	pág.
ANEXO A. Certificado de calibración del Sonómetro	95
ANEXO B. Encuestas realizadas a los trabajadores	96
ANEXO C. Fotografías de la visita a los campos	102
ANEXO D. Registro de las medidas realizadas en los campos Casabe y Cantagallo	107
ANEXO E. Informe presentado al supervisor de las plantas piloto de los campos Casabe y Cantagallo	109
ANEXO F. Carta de recibido del informe por parte de la empresa Ecopetrol	112

RESUMEN

TÍTULO: ANÁLISIS DEL NIVEL DE RUIDO Y SU REPERCUSIÓN EN LOS TRABAJADORES QUE LABORAN EN LAS PLANTAS DE INYECCIÓN DE POLÍMEROS EN LOS CAMPOS CASABE Y CANTAGALLO DE LA EMPRESA ECOPETROL*

AUTORES: INGRID CAROLINA GÓMEZ MONCADA
MARÍA ANDREA PICO VILLAMIZAR**

PALABRAS CLAVE: FACTOR RUIDO, SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO, PLANTA DE INYECCIÓN DE POLÍMEROS, CAMPO CASABE, CAMPO CANTAGALLO, MEDIDAS DEL NIVEL DE RUIDO.

DESCRIPCIÓN:

Actualmente la industria petrolera ha venido implementando más programas de prevención de riesgos en su personal de trabajo, debido a que, en todo el proceso de desarrollo de un campo petrolero, desde la exploración, pasando por la perforación hasta la utilización de un método de recobro mejorado, están involucrados distintos tipos de riesgos que afectan la integridad de las personas que laboran en el sector de los hidrocarburos.

En este trabajo, se estudia el factor de peligro asociado al ruido en las plantas piloto de inyección de polímeros de los campos Casabe y Cantagallo, fundamentándose en: la Resolución 8321 de 1983 por medio de la cual se dictan las normas sobre protección y conservación de la audición de la salud y el bienestar de las personas por causa de la emisión de ruido, la Resolución 1792 de 1990 que fija los valores permisibles según la duración de la exposición al ruido y la Resolución 0627 de 2006 que determina las normas ambientales mínimas y dicta regulaciones para controlar la contaminación atmosférica en referencia a los niveles de ruido. Para determinar la repercusión del factor ruido en los trabajadores de la planta, se identificó que equipos generaban mayores niveles de ruido para evaluar si las condiciones físicas y psicológicas de los operarios estaban siendo comprometidas por una alta exposición al ruido.

Debido a que las plantas no tienen mucho tiempo funcionando, se proponen medidas preventivas para evitar a futuro complicaciones transcendentales y que comprometan la vida de las personas.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenieras Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería de Petróleos. M. Sc. Kathy Margarita Daza Brochero, Ing. Cesar Edmundo Vera García.

ABSTRACT

TITLE: ANALYSIS OF THE NOISE LEVEL AND ITS IMPACT ON WORKERS LABORING ON POLYMER INJECTION PLANTS IN THE CASABE AND CANTAGALLO FIELDS OF THE ECOPETROL COMPANY *

AUTHORS: INGRID CAROLINA GÓMEZ MONCADA
MARÍA ANDREA PICO VILLAMIZAR**

KEYWORDS: NOISE FACTOR, SECURITY AND HEALTH AT WORK, POLYMER INJECTION PLANT, CASABE FIELD, CANTAGALLO FIELD, NOISE LEVEL MEASUREMENTS.

DESCRIPTION:

Currently the oil industry has been implementing more risk prevention programs in its workforce, because in the entire process of development of an oil field, from exploration, through drilling to the use of an improved recovery method, Different types of risks are involved that affect the integrity of the people who work in the hydrocarbons sector.

In this work, the noise hazard factor in the polymer injection pilot plants of the Casabe and Cantagallo fields is studied, based on: resolution 8321 of 1983, by which the rules on the protection and conservation of hearing of health and Resolution 1792 of 1990 which establishes the permissible values according to the duration of exposure to noise and resolution 0627 of 2006 that determines the minimum environmental standards and dictates regulations to control the pollution Atmospheric noise in reference to noise levels. To determine the impact of the noise factor on plant workers, it was identified that equipment generated higher levels of noise to assess whether the physical and psychological conditions of operators were being compromised by high noise exposure.

Because the plants do not have much time running, they propose preventive measures to avoid future transcendental complications and that compromise the life of the people.

* Bachelor Thesis

** Facultad de ingenieras Fisicoquímicas. Escuela de Ingeniería de Petróleos. M. Sc. Kathy Margarita Daza Brochero, Ing. Cesar Edmundo Vera García.

INTRODUCCIÓN

El ambiente en el sector petrolero involucra ciertas actividades y procesos que en muchas ocasiones pueden generar consecuencias negativas en la salud de las personas que laboran en esta industria, en la actualidad se ha dado más importancia al tema del sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo en consecuencia a los múltiples accidentes que ocurren frecuentemente, debido a la falta de aplicabilidad de protocolos y medidas preventivas; estas medidas han venido desarrollándose con el fin de proporcionar cada vez más un espacio seguro para el personal.

Existen muchos peligros asociados a las labores desarrolladas en el sector petrolero, entre los cuales se encuentra el factor ruido debido a la presencia de equipos y maquinas que están en constante trabajo y que generan un alto nivel de ruido, la afectación más grave de este factor de peligro es la pérdida de la capacidad auditiva, sin embargo existen más problemas asociados que afectan la salud de los trabajadores como por ejemplo: la hipertensión, el estrés, la falta de sueño, la irritabilidad, la falta de concentración, alteraciones en el rendimiento laboral, entre otros.

Observando esta problemática se decidió realizar un estudio de los niveles de ruido existentes y su repercusión en los trabajadores de un sector de la industria petrolera, en este caso se desarrolló en dos plantas de inyección de polímeros correspondientes a los campos Casabe y Cantagallo pertenecientes a la empresa Ecopetrol, donde se analizó el factor ruido de acuerdo al tiempo de exposición de los trabajadores que laboran en esta área, con el fin de mejorar sus condiciones laborales y brindar un espacio seguro.

Con la finalidad de dar cumplimiento a lo anteriormente planteado se realizó el siguiente procedimiento, en primer lugar se desarrolló un estudio de las principales características del ruido, su normatividad vigente, así como también sus consecuencias en la salud humana, se realizaron mediciones en las respectivas plantas, así mismo se analizó cada caso, con el fin de hacer una comparación de los niveles de ruido presentados y sus posibles afectaciones en la salud de los trabajadores por medio de encuestas efectuadas, y para finalizar se plantearon algunas medidas preventivas para mitigar los efectos causados por la exposición al ruido.

1. MARCO TEORICO

1.1 GENERALIDADES

1.1.1 Información de los campos Casabe y Cantagallo

Ecopetrol se creó en 1951 con el nombre de Empresa Colombiana de Petróleos, y adquirió su nombre actual en 2003; es una empresa colombiana encargada de la producción, refinación y transporte de petróleo y gas. Entre los campos que opera actualmente se encuentran los campos Casabe y Cantagallo¹.

Figura 1. Ubicación del campo Casabe



Fuente: Modificada de Google maps

¹ ECOPETROL. Nuestra Historia. [En línea] Bogotá D.C. 2014. (Recuperado en 9 noviembre 2016.) Disponible en <http://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/ecopetrol-web/nuestra-empresa/quienes-somos/acerca-de-ecopetrol/nuestra-historia>

El campo Casabe fue descubierto en 1941 por Shell, Ecopetrol se hace cargo de la operación en 1979, se encuentra ubicado a 350 km al norte de Bogotá en medio de la cuenca del valle medio del río Magdalena del departamento de Antioquia² (figura 1) y según Ecopetrol³ este campo cuenta con una reserva de trescientos millones de barriles.

Figura 2. Ubicación campo Cantagallo



Fuente: Modificada de Google maps

² BELTRÁN, Eliana. Estudio sedimentológico comparativo entre la formación mugrosa y colorado; y modelamiento de los niveles de las arenas A2 de la formación colorado en el campo Casabe en el cuenca del valle medio del Magdalena, Colombia. Bucaramanga, 2012, p. 17. Trabajo de grado (Geóloga). Universidad industrial de Santander. Facultad de fisicoquímicas. Escuela de geología.

³ ECOPETROL. Nuestra Historia. [En línea] Bogotá D.C. 2014. (Recuperado en 9 noviembre 2016.) Disponible en <http://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/ecopetrol-web/nuestra-empresa/quienes-somos/acerca-de-ecopetrol/nuestra-historia>

El campo Cantagallo fue descubierto en 1954 por la compañía Shell, se encuentra localizado a 290 km al Nor-Oeste de Bogotá en la cuenta del valle medio del Magdalena, en territorio de los departamentos de Santander y Bolívar⁴ (figura 2) y de acuerdo a estadísticas de Ecopetrol⁵ cuenta con una reserva de doscientos millones de barriles.

Dentro de las instalaciones de Casabe y Cantagallo se implementó una planta de inyección de polímeros para cada campo, en la cual se realiza una mezcla entre el agua y el polímero cuya función es incrementar la viscosidad del agua, esto genera que no ocurra el fenómeno de digitación viscosa, que es la canalización del agua por zonas con mayor permeabilidad respecto a otras, generando una mayor eficiencia en el barrido obteniendo un mayor desplazamiento de crudo.

En la figura 9 se muestra el esquema del proceso de la planta de inyección de polímeros del campo Casabe, su explicación se describe a continuación:

① El funcionamiento de la planta de polímeros del campo Casabe inicia con una válvula reguladora de presión encargada de disminuir la presión con la que entra el agua proveniente de la planta de inyección de agua ubicada en el municipio de Yondó, que será utilizada en el proceso. Esta zona se ilustra en la figura 3.

⁴ CASTRO, Henry; GAMES, Chistian. Evaluación de la depositación de incrustaciones en sistema de bombeo electro sumergible del campo Cantagallo. Bucaramanga. 2009, p. 6 y 7. Trabajo de grado (Ingeniero de petróleos). Universidad industrial de Santander. Facultad de fisicoquímicas. Escuela de ingeniería de petróleos.

⁵ ECOPEL. Nuestra Historia. [En línea] Bogotá D.C. 2014. (Recuperado en 9 noviembre 2016.) Disponible en <http://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/ecopetrol-web/nuestra-empresa/quienes-somos/acerca-de-ecopetrol/nuestra-historia>

Figura 3. Zona de la válvula reguladora de presión y de las líneas de suministro de agua



② Luego ingresa a dos tanques de almacenamiento con capacidad de 400 barriles cada uno, según la cantidad de agua requerida.

Figura 4. Tanques de almacenamiento de agua



③ Esta pasa a la bomba de suministro de agua, este equipo proporciona el agua requerida para disminuir la concentración de la solución.

Figura 5. Bomba de suministro de agua



④ Seguido de un patín de filtrado el cual tiene dos recipientes de filtros, donde uno de ellos está en funcionamiento y el otro se encuentra en stock entrando en operación cuando el filtro que está en actividad se satura.

Figura 6. Patín filtrado



⑤ En seguida se encuentra una válvula que se activa al iniciar cada ciclo de la planta, cuando se empieza un ciclo esta válvula se abre para dar paso a dos corrientes de agua, una inferior y una superior, encargadas de humectar el polímero que se disuelve, el agua entra al mezclador por la parte lateral.

⑥ También se encuentra un silo de polímero seco donde se introduce el polímero que va a ser utilizado en el proceso.

Figura 7. Silo de polímero seco



- ⑦ De ahí pasa a un embudo seco mediante un motor y un controlador de nivel, el polímero se introduce en el mezclador por la parte superior.
- ⑧ Después de la zona de mezclado se pasa a los tanques de mezcla continua donde cada uno posee un agitador, que se encarga de garantizar que la mezcla sea continua y homogénea.
- ⑨ Luego pasa a una bomba de cavidades progresivas, en este punto la mezcla tiene una concentración de 5000 ppm la cual es reducida a 300 ppm.
- ⑩ Por medio de una corriente de agua proveniente de la bomba de suministro de agua se reduce la concentración de la mezcla, obteniendo la solución final.
- ⑪ La cual pasa por un último filtro para asegurar que esta mezcla no contenga grumos.
- ⑫ Para finalizar se distribuye la mezcla en los 4 pozos existentes a través de las bombas, cada bomba tiene una capacidad de 750 barriles. Cada día se utilizan alrededor de 110 kilos de polímero.

Figura 8. Bombas de inyección

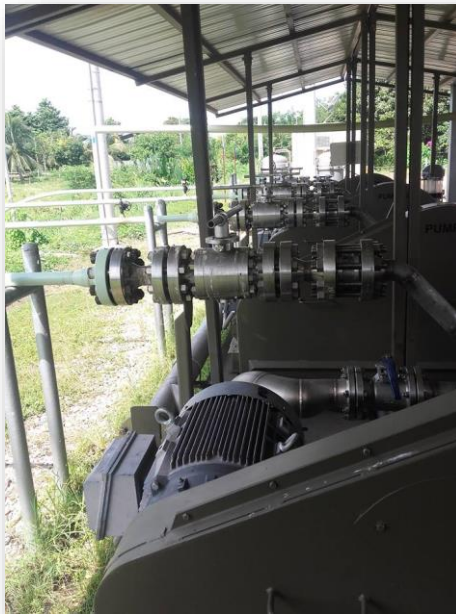
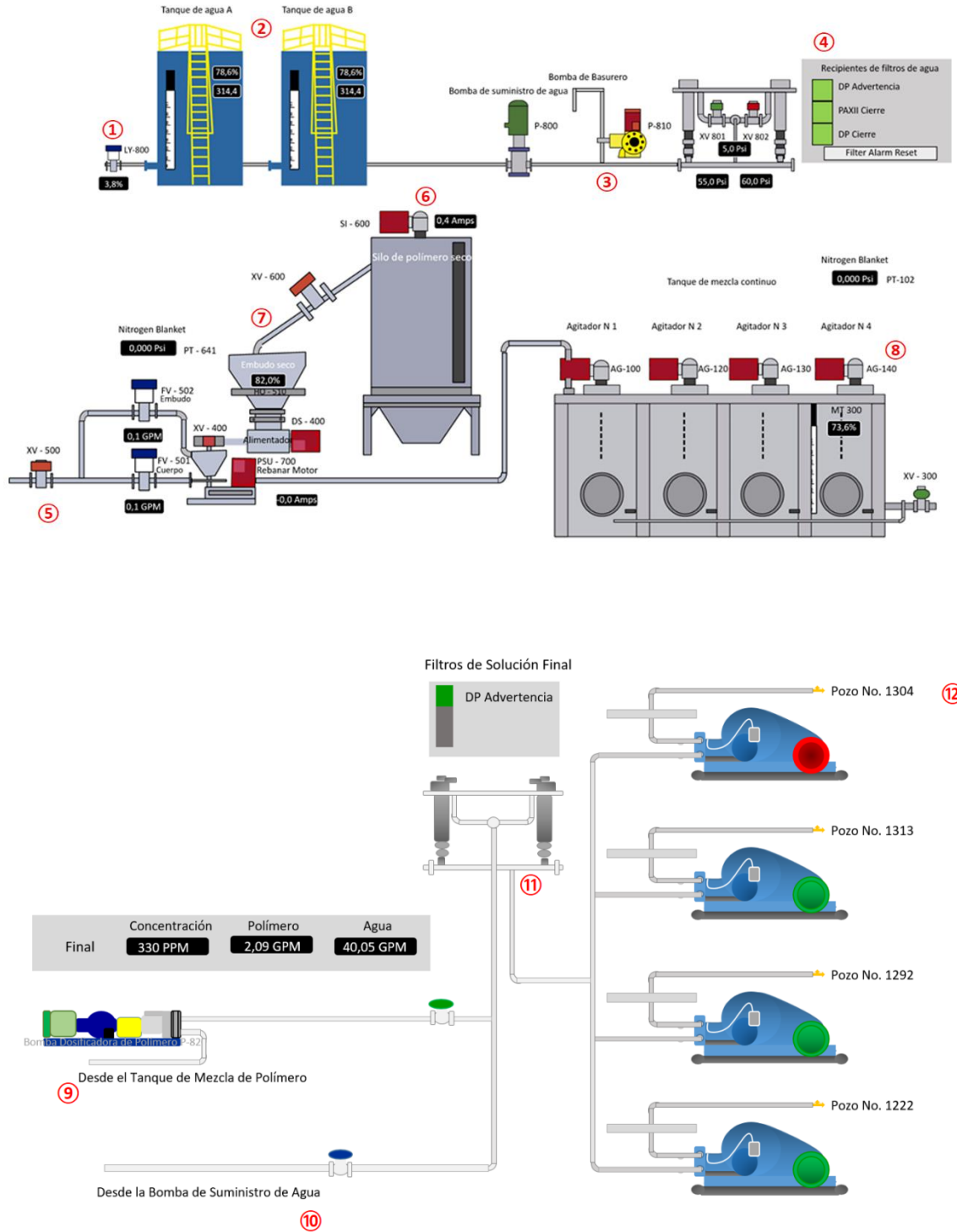


Figura 9. Esquema del proceso de la planta de inyección de polímeros del campo Casabe



El funcionamiento de la planta de inyección de polímeros del campo Cantagallo es similar a la del campo de Casabe, su principal diferencia consiste en la cantidad de barriles inyectados, ya que para el campo Casabe se tiene una inyección de tres mil barriles dividido en cuatro bombas, mientras que en el campo Cantagallo la inyección es de dos mil barriles dividido en tres bombas, además en este campo las bombas se encuentran dentro de containers y en Casabe están a campo abierto.

1.2 PROPIEDADES DEL SONIDO

El sonido es una alteración física producida por ondas sonoras, en un medio (un gas, líquido o sólido) que puede ser detectada por el oído humano, el medio por el cual viajan las ondas sonoras ha de poseer masa y elasticidad. Por tanto, las ondas sonoras no viajarán a través de un vacío. Estas variaciones de presión se originan de muchas maneras⁶, por ejemplo:

- Por una corriente de aire pulsante, como la que producen las aspas del ventilador al girar.
- Por torbellinos, que se producen cuando una corriente de aire choca con una obstrucción, como ocurre en una salida de aire en un sistema de ventilación.
- Por el vuelo supersónico de un avión, que crea ondas de choque.
- Por la vibración de una superficie, por ejemplo, una partición⁷.

El Sonido es la vibración mecánica de las moléculas de un gas, de un líquido, o de

⁶ HARRY, Cyril. Manual de medidas acústicas y control de ruido. España: Editorial McGraw-Hill, 1995. p. 1.1

⁷ Ibíd., p. 1.1

un sólido (aire, agua, paredes, etc.) que se propaga en forma de ondas, y que es percibido por el oído humano; mientras que el Ruido es todo sonido no deseado, que produce daños fisiológicos y/o psicológicos⁸.

1.2.1 Características del sonido: En la figura 4 se muestra una instantánea de una onda móvil a través de un medio. La figura 5 muestra una gráfica de la posición de un elemento de medio como función del tiempo. Un punto en la figura 4 en el que el desplazamiento del elemento de su posición normal está más alto se llama cresta de la onda. El punto más bajo se llama valle. La distancia de una cresta a la siguiente se llama longitud de onda (λ), de manera más general la longitud de onda es la distancia mínima entre dos puntos cualesquiera en ondas adyacentes como se muestra en la figura 4. El periodo (T) es el intervalo de tiempo requerido para que dos puntos idénticos de ondas adyacentes pasen por un punto, como se muestra en la figura 5. La frecuencia de una onda periódica es el número de crestas (o valles o cualquier otro punto en la onda) que pasa un punto determinado en un intervalo de tiempo unitario⁹.

La frecuencia se expresa en Hertz, esta permite identificar el tono del sonido, los tonos agudos son de alta frecuencia en tanto que las bajas frecuencias corresponden a tonos graves o bajos. El término tono, lo general corresponde a una señal senoidal pura, es decir de frecuencia única y se utiliza, tanto referido a señales sonoras como a señales de cualquier otra frecuencia bien sea estas de

⁸ Escuela colombiana de ingeniería. Niveles de ruido protocolo, laboratorio de condiciones de trabajo. [En línea]. Bogotá D.C. Edición 2007-1. p. 9. (Recuperado en 10 noviembre 2016.) Disponible en: <http://copernico.escuelaing.edu.co/lpinilla/www/protocols/HYSI/PROTOCOLO%20DE%20RUIDO1.pdf>

⁹ SERWAY, Raymond; JEWETT, John. Física para ciencias e ingeniería. México: Editorial Cengage Learning, 2008. Volumen 1 (Séptima edición). p. 454-455.

naturaleza acústica o eléctrica¹⁰.

La frecuencia de una onda sinusoidal se relaciona con el periodo mediante la expresión¹¹:

$$f = \frac{1}{T} \quad \text{Ecuación 1}$$

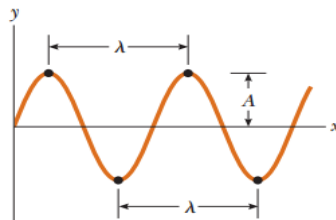
Donde:

f : Frecuencia

T : Periodo

La máxima posición de un elemento del medio relativo a su posición de equilibrio se llama amplitud (A) de la onda. Las ondas viajan con una rapidez específica y esta rapidez depende de las propiedades del medio perturbado¹².

Figura 10. Instantánea de una onda sinusoidal.



Fuente: SERWAY, Raymond; JEWETT, John. Física para ciencias e ingeniera.

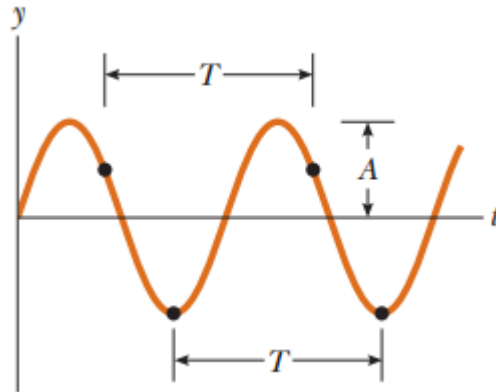
¹⁰ PÉREZ, Constantino. Sonido y audición. [En línea]. España: Universidad de Cantabria. 2011. pág. 8. (Recuperado en 20 noviembre 2016.) Disponible en <http://personales.unican.es/perezvr/pdf/Sonido%20y%20Audicion.pdf>

¹¹ SERWAY, Raymond; JEWETT, John. Física para ciencias e ingeniera. México: Editorial Cengage Learning, 2008. Volumen 1 (Séptima edición). p. 454

¹² *Ibíd.*, p. 455.

México: Editorial Cengage Learning, 2008. Volumen 1 (Séptima edición). p. 455.

Figura 11. Posición de un elemento del medio en función del tiempo.



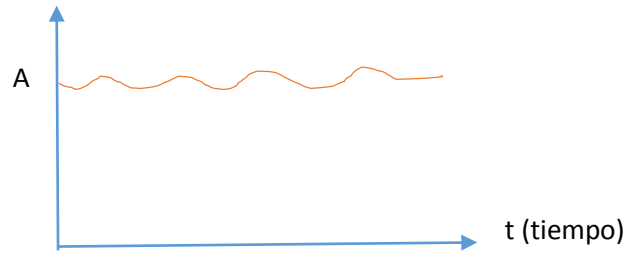
Fuente: SERWAY, Raymond; JEWETT, John. Física para ciencias e ingeniería. México: Editorial Cengage Learning, 2008. Volumen 1 (Séptima edición). p. 455

1.2.2 Tipos de ruido.

➤ **Ruido Continuo:** Se presenta cuando el nivel de presión sonora es prácticamente constante durante el periodo de observación (a lo largo de la jornada de trabajo). Por ejemplo: el ruido de un motor eléctrico. La amplitud de la señal, aunque no sea constante siempre mantiene unos valores que no llegan nunca a ser cero o muy cercanos al cero. Por decirlo de alguna forma, la señal no tiene un valor constante, pero si lo es su valor medio.¹³

¹³ Escuela colombiana de ingeniería. Niveles de ruido protocolo, laboratorio de condiciones de trabajo. [En línea]. Bogotá D.C. Edición 2007-1. p. 9. (Recuperado en 10 noviembre 2016.)

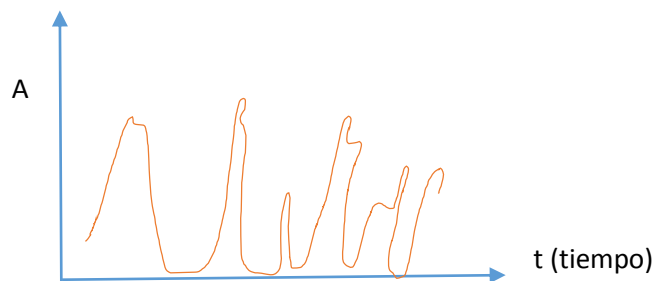
Figura 12. Amplitud Vs Tiempo para ruido continuo



Fuente: Modificada de VERA, Cesar. Fundamentos de seguridad y salud en el trabajo (SST). Colombia: Cesar Vera, 2015. p 167.

- **Ruido Intermitente:** En él se producen caídas bruscas hasta el nivel ambiental de forma intermitente, volviéndose a alcanzar el nivel superior. El nivel superior debe mantenerse durante más de un segundo antes de producirse una nueva caída. Por ejemplo: el accionar un taladro.¹⁴

Figura 13. Amplitud Vs Tiempo para ruido intermitente



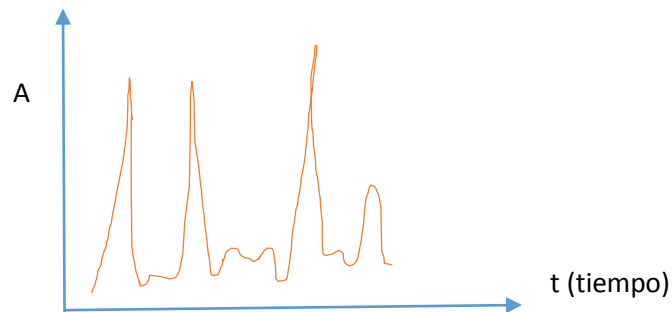
Fuente: Modificada de VERA, Cesar. Fundamentos de seguridad y salud en el trabajo (SST). Colombia: Cesar Vera, 2015. p 168.

Disponible en <http://copernico.escuelaing.edu.co/lpinilla/www/protocols/HYSI/PROTOCOLO%20DE%20RUIDO1.pdf>

¹⁴ Escuela colombiana de ingeniería. Niveles de ruido protocolo, laboratorio de condiciones de trabajo. [En línea]. Bogotá D.C. Edición 2007-1. p. 9. (Recuperado en 10 noviembre 2016.) Disponible en <http://copernico.escuelaing.edu.co/lpinilla/www/protocols/HYSI/PROTOCOLO%20DE%20RUIDO1.pdf>

➤ **Ruido de Impacto:** Se caracteriza por una elevación brusca de ruido en un tiempo inferior a 35 milisegundos y una duración total de menos de 500 milisegundos. Por ejemplo, arranque de compresores, impacto de carros, cierre o apertura de puertas. ¹⁵

Figura 14. Amplitud Vs Tiempo para ruido de impacto



Fuente: Modificada de VERA, Cesar. Fundamentos de seguridad y salud en el trabajo (SST). Colombia: Cesar Vera, 2015. p 168.

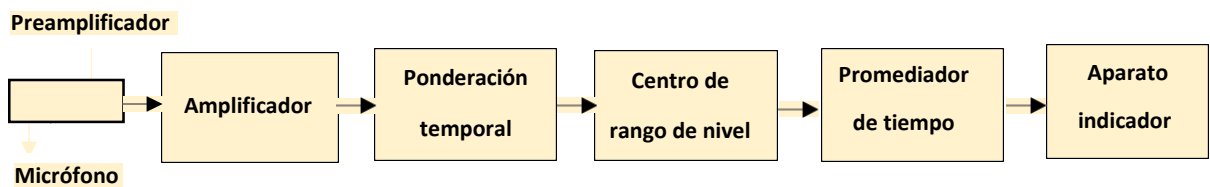
1.2.3 Instrumento de medida: Sonómetro. Hay disponibles muchos tipos de aparatos distintos para medir los niveles sonoros. De entre ellos, el más utilizado es el sonómetro, un aparato para la medida del nivel de presión sonora ponderado en frecuencia y en tiempo (a menudo abreviado como nivel sonoro). La mayoría de éstos son de tamaño pequeño, poco peso y funcionan con pilas.¹⁶

¹⁵ Escuela colombiana de ingeniería. Niveles de ruido protocolo, laboratorio de condiciones de trabajo. [En línea]. Bogotá D.C. Edición 2007-1. p. 9. (Recuperado en 10 noviembre 2016.) Disponible en: <http://copernico.escuelaing.edu.co/lpinilla/www/protocols/HYSI/PROTOCOLO%20DE%20RUIDO1.pdf>

¹⁶ HARRY, Cyril. Manual de medidas acústicas y control de ruido. España: Editorial McGraw-Hill, 1995. p. 5.1

La fiabilidad de las evaluaciones acústicas depende sobre todo de cómo se utilizan los aparatos. Por ejemplo, el voltaje que aporta el micrófono al sonómetro no debe ser tan alto como para que éste se sobrecargue; por otra parte, el voltaje del micrófono no debe ser tan bajo que el ruido inherente al aparato oscurezca algunas partes de la señal sonora que se está midiendo. Por ello, hay que estar muy familiarizado con los instrumentos del sistema de medida del sonido para utilizar plenamente sus prestaciones. Es esencial un estudio detallado de la bibliografía del fabricante para cada aparato.¹⁷

Figura 15. Diagrama de los principales componentes de un sonómetro



Fuente: HARRY, Cyril. Manual de medidas acústicas y control de ruido. España: Editorial McGraw-Hill, 1995. p. 5.1

Los componentes de un sonómetro incluyen: el micrófono, preamplificador, amplificador, ponderación de frecuencia (la ponderación de frecuencia puede combinarse con el amplificador), control del rango de nivel, promediado de tiempo e indicador; todos estos componentes se describen a continuación¹⁸:

➤ **Micrófono:** Un micrófono convierte las variaciones de presión de las ondas sonoras en señales eléctricas que varían con el tiempo. De forma ideal, el

¹⁷ HARRY, Cyril. Manual de medidas acústicas y control de ruido. España: Editorial McGraw-Hill, 1995. p. 5.1

¹⁸ *Ibíd.*, p. 5.2.

micrófono ha de tener las siguientes características: la señal eléctrica que genera debe ser una analogía exacta de la onda sonora, la presencia del micrófono en el campo sonoro no debe alterarlo, la respuesta en frecuencia del micrófono debe ser independiente de la frecuencia para un rango amplio de ésta, para un rango amplio de presiones sonoras y para todas las frecuencias del rango de utilidad del micrófono debe haber una relación lineal entre el nivel de la señal de salida del micrófono y el nivel de presión sonora en el mismo. La sensibilidad del micrófono no debe cambiar con el tiempo ni las condiciones ambientales.¹⁹

➤ **Amplificador:** El amplificador de un sonómetro ha de cumplir los siguientes requisitos: amplificar la señal del micrófono lo suficiente como para permitir la medida de los niveles bajos de presión sonora, amplificar los sonidos sobre un rango amplio de frecuencias, habitualmente entre 1 y 10 Hz para el límite inferior de una respuesta nominalmente plana y por encima de 20.000 Hz en el límite superior, generar un nivel de ruido eléctrico dentro del instrumento inferior al nivel más bajo de presión sonora de la señal que se va a medir para cualquier frecuencia dentro del rango del micrófono. Mantener la amplificación constante, a su valor designado, para cada rango de medida para todas las frecuencias dentro de la gama del instrumento.²⁰

➤ **Ponderación de frecuencia:** La ponderación de frecuencia en un sonómetro altera las características de la respuesta de frecuencia de acuerdo con las especificaciones de una norma nacional o internacional. Así, la indicación de un instrumento para medir el nivel sonoro para un nivel determinado de presión sonora de entrada, depende de la frecuencia del sonido que llega al micrófono y de la

¹⁹ HARRY, Cyril. Manual de medidas acústicas y control de ruido. España: Editorial McGraw-Hill, 1995. p. 5.2

²⁰ *Ibíd.*, p. 5.14.

ponderación de frecuencia seleccionada²¹.

Ponderación A: La unidad del nivel sonoro con ponderación A es el decibelio, con el símbolo de unidad dB. Cuando se utiliza la ponderación A, la cantidad ha de describirse como nivel sonoro con ponderación A y hay que incluir la extensión del período temporal para que se promedie²².

Ponderación C: la ponderación C se utiliza para una medición «global» o de banda ancha del nivel sonoro. Cuando se usa la ponderación C, el símbolo de la unidad dB es seguido de la letra C entre paréntesis para indicarlo [por ejemplo, un nivel sonoro de 72 dB(C)]; sin embargo, la cantidad sigue siendo un nivel sonoro con ponderación C y la unidad el decibelio²³.

➤ **Control de rango de nivel:** El control del rango de nivel ajusta el rango de los niveles sonoros que pueden medirse para una disposición determinada de los controles. Las adaptaciones suelen ser en pasos de 10 o 20 dB. Algunos sonómetros que tienen un rango de funcionamiento lineal nominal de 90 dB o más pueden no ofrecer la posibilidad de un control del rango de nivel. En cualquier sonómetro, los rangos de funcionamiento lineal deben solaparse al menos 5 dB si hay saltos de 10 dB en el control del rango de nivel, y al menos 10 dB, si los saltos son de 20 dB.²⁴

²¹ HARRY, Cyril. Manual de medidas acústicas y control de ruido. España: Editorial McGraw-Hill, 1995. p. 5.14.

²² *Ibíd.*, p. 5.14.

²³ *Ibíd.*, p. 5.15.

²⁴ *Ibíd.*, p. 5.16.

➤ **Clases de precisión de los sonómetros:** Todos los sonómetros deben cumplir las normas nacionales e internacionales relevantes. Estas normas especifican los requisitos mínimos para el rendimiento acústico y eléctrico, junto con los correspondientes objetivos de diseño y tolerancias. El American national standard specification for sound level meters, ANSI S1.4-1983, designa tres clases de precisión para los sonómetros, los cuales tienen el mismo objetivo de diseño de rendimiento; se diferencian en la tolerancia permitida para lograr los objetivos. En los instrumentos de Clase O (Tipo O) se permiten las menores tolerancias; las mayores, en la Clase 2 (Tipo 2). Se tiene: Clase O (Tipo O): Laboratorio, Clase 1 (Tipo 1): Precisión, Clase 2 (Tipo 2): Propósito general.²⁵

1.3 NORMATIVIDAD

1.3.1 Resolución 8321 de 1983. Por la cual se dictan normas sobre protección y conservación de la audición de la salud y el bienestar de las personas, por causa de la producción y emisión de ruidos²⁶. A continuación, se describen los artículos tomados en cuenta para el desarrollo de este proyecto.

CAPITULO I: Definiciones generales

Artículo 1: Entiéndese como CONTAMINACION POR RUIDO cualquier emisión de sonido que afecte adversamente la salud o seguridad de los seres humanos, la propiedad o el disfrute de la misma²⁷.

²⁵ HARRY, Cyril. Manual de medidas acústicas y control de ruido. España: Editorial McGraw-Hill, 1995. p. 5.18.

²⁶ COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Resolución 8321 (4, agosto, 1983). Por la cual se dictan normas sobre Protección y Conservación de la Audición de la Salud y el bienestar de las personas, por causa de la producción y emisión de ruidos, Diario Oficial. Bogotá, D.C., 1983. p.1.

²⁷ *Ibíd.*, p. 1.

Artículo 4: Entiéndese por DECIBEL (dB) la unidad de sonido que expresa la relación entre las presiones de un sonido cualquiera y un sonido de referencia en escala logarítmica. Equivale a 20 veces el logaritmo de base 10 del cociente de las dos presiones²⁸.

Artículo 5: Para efectos del presente Decreto dB (A) representa el nivel de presión sonora del ruido obtenido con un medidor de nivel sonoro, en interacción y con filtro de ponderación a²⁹.

Artículo 12: Entiéndese por NIVEL DE RUIDO aquel que medido en decibeles con un instrumento que satisfaga los requisitos establecidos en la Presente Resolución³⁰.

Artículo 15: Entiéndese por SONOMETRO cualquier instrumento usado para medir niveles de presión sonora³¹.

CAPITULO II: Del ruido ambiental y sus métodos de medición

Artículo 18: Los niveles de presión sonora se determinaran con un medidor de nivel sonoro calibrado, con filtro de ponderación A y respuesta rápida, en forma continua

²⁸ COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Resolución 8321 (4, agosto, 1983). Por la cual se dictan normas sobre Protección y Conservación de la Audición de la Salud y el bienestar de las personas, por causa de la producción y emisión de ruidos, Diario Oficial. Bogotá, D.C., 1983. p.1.

²⁹ *Ibíd.*, p. 1.

³⁰ *Ibíd.*, p. 2.

³¹ *Ibíd.*, p. 2.

durante un periodo no inferior de 15 minutos, se empleara un dispositivo protector contra el viento para evitar errores en las mediciones cuando sea el caso³².

CAPITULO III: Normas generales de emisión de ruido para fuentes emisoras

Artículo 21: Los propietarios o personas responsables de fuentes emisoras de ruido están en la obligación de evitar la producción de ruido que pueda afectar y alterar la salud y el bienestar de las personas, lo mismo que de emplear los sistemas necesarios para su control con el fin de asegurar niveles sonoros. Deberán proporcionar a la autoridad sanitaria correspondiente la información que se les requiera respecto a la emisión de ruidos contaminantes³³.

CAPITULO V: Protección y conservación de la audición, por la emisión de ruido en los lugares de trabajo.

Artículo 42. No se permite ningún tiempo de exposición a ruido continuo o intermitente por encima de 115 dB (A) de Presión sonora³⁴.

Artículo 43: Cuando la exposición diaria conste de dos o más periodos de exposición a ruido continuo o intermitente de diferentes niveles sonoros y duración, se considerara el efecto combinado de las distintas exposiciones en lugar del efecto

³² COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Resolución 8321 (4, agosto, 1983). Por la cual se dictan normas sobre Protección y Conservación de la Audición de la Salud y el bienestar de las personas, por causa de la producción y emisión de ruidos, Diario Oficial. Bogotá, D.C., 1983. p.3.

³³ *Ibíd.*, p. 3.

³⁴ *Ibíd.*, p. 8.

individual³⁵.

Artículo 44: Para medir los niveles de presión sonora que se establecen en esta resolución se deberán usar equipos medidores de nivel de sonido que cumplan con las normas específicas establecidas para este tipo de mediciones³⁶.

Artículo 45: Para exposiciones a ruido de impulso o de impacto, el nivel de presión sonora máximo estará determinado de acuerdo al número de impulsos o impactos por jornada diaria de conformidad con la siguiente tabla y en ningún caso deberá exceder de 140 decibeles³⁷.

Tabla 1. Nivel de sonido y los números de impactos permitidos por día

NIVEL DE SONIDO dB PICO	NUMERO PERMITIDO DE IMPACTO POR DIA
140	100
130	1000
120	10000

Fuente: COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Resolución 8321 (4, agosto, 1983). Por la cual se dictan normas sobre Protección y Conservación de la Audición de la Salud y el bienestar de las personas, por causa de la producción y emisión de ruidos, Diario Oficial. Bogotá, D.C., 1983. p.9.

³⁵ COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Resolución 8321 (4, agosto, 1983). Por la cual se dictan normas sobre Protección y Conservación de la Audición de la Salud y el bienestar de las personas, por causa de la producción y emisión de ruidos, Diario Oficial. Bogotá, D.C., 1983. p.8.

³⁶ *Ibíd.*, p. 8.

³⁷ *Ibíd.*, p. 9.

Artículo 47: Las técnicas de medición del ruido en los sitios de trabajo deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Que determine la duración y distribución de la exposición al ruido para el personal expuesto durante la jornada diaria de trabajo.
- b) Que permita evaluar la exposición diaria al ruido para el personal expuesto y por ocupación.
- c) Que se efectúen mediciones del nivel total de presión sonora en el sitio o sitios habituales de trabajo, a la altura del oído de las personas expuestas, empleándose un medidor de nivel sonoro previamente calibrado y colocando el micrófono a una distancia no inferior a 0.50 metros de la persona expuesta y de la persona que toma las medidas.
- d) Que facilite la selección de métodos de control, para lo cual es necesario obtener el nivel total de presión sonora y su distribución con la frecuencia, utilizando un equipo medidor de nivel sonoro y un analizador de bandas octavas.
- e) Que el equipo empleado para las mediciones de ruido se encuentra calibrado tanto eléctricamente como acústicamente y en adecuadas condiciones de funcionamiento³⁸.

Artículo 48: Deberán adoptarse medidas correctivas y de control de todos aquellos casos en que la exposición a ruido en las áreas de trabajo, exceda los niveles de presión sonora permisibles, o los tiempos de exposición máximos³⁹.

³⁸ COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Resolución 8321 (4, agosto, 1983). Por la cual se dictan normas sobre Protección y Conservación de la Audición de la Salud y el bienestar de las personas, por causa de la producción y emisión de ruidos, Diario Oficial. Bogotá, D.C., 1983. p.9.

³⁹ *Ibíd.*, p. 10.

Artículo 49: Los empleadores, propietarios o personas responsables de establecimientos, áreas o sitios en donde se realice cualquier tipo de trabajo productor de ruido, están en la obligación de mantener niveles sonoros seguros para la salud y la audición de los trabajadores y deben adelantar un programa de conservación de la audición que cubra a todo el personal que por razón de su oficio se vea expuesto a niveles sonoros cercanos o superiores a los valores límites permisibles⁴⁰.

Artículo 50: Todo programa de conservación de la audición deberá incluir: El análisis ambiental de la exposición a ruido, los sistemas para controlar la exposición al ruido, las mediciones de la capacidad auditiva de las personas expuestas, mediante pruebas Audi métricas de ingreso o pre empleo, periódicas y de retiro. Se deberá mantener en el establecimiento un registro completo de los resultados de las menciones ambientales de ruido, de la exposición a ruido por ocupación y de las pruebas audio métricas por persona, accesibles a la autoridad sanitaria en cualquier momento que se solicite⁴¹.

Artículo 51: El control de la exposición a ruidos se efectuará, en su orden mediante: Reducción del ruido en el origen, Reducción del ruido en el medio de transmisión, Cuando los sistemas de control adoptados no sean suficientes para la reducción del ruido, podrá suministrarse protección personal auditiva como complemento de los métodos primarios, pero no como sustitutivos de estos⁴².

⁴⁰ COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Resolución 8321 (4, agosto, 1983). Por la cual se dictan normas sobre Protección y Conservación de la Audición de la Salud y el bienestar de las personas, por causa de la producción y emisión de ruidos, Diario Oficial. Bogotá, D.C., 1983. p.10.

⁴¹ *Ibíd.*, p. 10.

⁴² *Ibíd.*, p. 10.

Artículo 52: Cuando después de efectuado un control de ruido, los niveles de presión sonora excedan los valores permisibles, se deberá restringir el tiempo de exposición. Durante el resto de la jornada diaria de trabajo el operario no podrá estar sometido a niveles sonoros por encima de los permisibles⁴³.

Artículo 53. Se empleará la audiometría de conducción aérea para evaluar la capacidad auditiva de los trabajadores. Cada uno de los oídos debe examinarse por separado para las frecuencias de 500, 1000, 2000, 3000, 4000 y 6000 ciclos por segundo, y se tendrán en cuenta ciertos requisitos⁴⁴.

Artículo 55: Para la fabricación, importación, distribución y venta en el país de elementos para fines de protección personal auditiva, es necesario un comprobante de eficiencia en términos de su ajuste, adaptabilidad y grado de reducción del ruido a las frecuencias audibles, mediante certificación expedida por la división de control de Accidentes y Salud ocupacional del Ministerio de Salud⁴⁵.

1.3.2 Resolución 1792 de 1990. La normatividad aplicada por los Ministerios de Trabajo y Seguridad Social y de Salud hasta el año 1990 establecía los valores límites permisibles para la exposición a ruido, pero dicha reglamentación era contradictoria, por lo cual se realizó una unificación de estas normas con el objetivo de garantizar una verdadera protección a la salud de los trabajadores.

⁴³ COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Resolución 8321 (4, agosto, 1983). Por la cual se dictan normas sobre Protección y Conservación de la Audición de la Salud y el bienestar de las personas, por causa de la producción y emisión de ruidos, Diario Oficial. Bogotá, D.C., 1983. p.10.

⁴⁴ *Ibíd.*, p. 11.

⁴⁵ *Ibíd.*, p. 12.

Por ese motivo el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social y de Salud de Colombia fija los valores permisibles a través de la Resolución 1792 de mayo de 1990. En la siguiente tabla se presenta los niveles totales para ruidos continuos e intermitentes según la duración de la exposición al ruido⁴⁶:

Tabla 2. Duración de la exposición al ruido y sus niveles permitidos

DURACIÓN DE LA EXPOSICIÓN (HORAS/DIA)	NIVEL DE PERMISIBILIDAD (dB)
16	80
8	85
4	90
2	95
1	100
0.5	105
0.25	110
0.125	115

Fuente: COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Resolución 1792 (3, mayo, 1990). Por la cual se adoptan valores límites permisibles para la exposición ocupacional al ruido. Diario Oficial. Bogotá, D.C., 1990.

No se permite ningún tiempo de exposición para ruidos superiores a 115 dB sin ninguna protección. Esta tabla está basada en el concepto de que cuando se disminuye el tiempo de exposición a la mitad, se aumenta el valor permisible en 5 decibeles. En algunos países se utiliza la norma ISO (International Standard

⁴⁶COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Resolución 1792 (3, mayo, 1990). Por la cual se adoptan valores límites permisibles para la exposición ocupacional al ruido. Diario Oficial. Bogotá, D.C., 1990.

Organization) que sigue el criterio de 3 dB, es decir la misma expresión, pero dividirá en 3 en vez de 5⁴⁷.

1.3.3 Resolución 0627 de 2006. Esta normatividad fue expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. De acuerdo con los numerales 10, 11 y 14 del artículo 5° de la Ley 99 de 1993, esta cartera debe determinar las normas ambientales mínimas y las regulaciones de carácter general aplicables a todas las actividades que puedan producir de manera directa o indirecta daños ambientales y dictar regulaciones de carácter general para controlar y reducir la contaminación atmosférica en el territorio nacional⁴⁸. Esta resolución acata lo dispuesto en artículo 14 del Decreto 948 de 1995 fijando la normatividad relacionada con la emisión de ruido y norma de ruido ambiental para todo el país.

CAPITULO II: De la emisión de ruido

Artículo 7: Aplicabilidad de la emisión de ruido. Los resultados obtenidos en las medidas de la emisión de ruido, son utilizados para la verificación de los niveles de emisión de ruido por parte de las fuentes⁴⁹.

Artículo 9: Estándares máximo permisibles de emisión de ruido. En la siguiente tabla se establecen los estándares máximos permisibles de niveles de emisión de

⁴⁷ VERA, Cesar. Fundamentos de seguridad y salud en el trabajo (SST). Colombia: Cesar Vera, 2015. p 189.

⁴⁸ COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Resolución 0627 (7, abril, 2006). Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental. Diario Oficial. Bogotá, D.C., 2006

⁴⁹ *Ibíd.*, p. 1.

ruido expresados en decibeles ponderados A (dB (A))⁵⁰:

Tabla 3. Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental

SECTOR	SUBSECTOR	Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB	
		Día	Noche
Sector A: tranquilidad y silencio	Hospitales, bibliotecas, guarderías, sanatorios y hogares geriátricos	55	45
Sector B: tranquilidad y ruido moderado	Zonas residenciales, hotelería y hospedaje	65	50
	Universidades, colegios, escuelas, centros de investigación		
	Parques es zonas urbanas diferentes a los parque mecánicos al aire libre		
Sector C: ruido intermedio restringido	Industrias, zonas portuarias, parques industriales y zonas francas	75	70
	Centros comerciales, talleres de mecánica, restaurantes, gimnasio, almacenes, locales, centros deportivos y recreativos, bares, entre otros.	70	55
	Zonas con usos permitidos en oficinas	65	50
	Zonas con usos institucionales	55	45
	Parques mecánicos al aire libre, espectáculos públicos, vías		

⁵⁰ COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Resolución 0627 (7, abril, 2006). Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental. Diario Oficial. Bogotá, D.C., 2006. p. 1.

	troncales, autopistas y vías principales		
Sector D: zona suburbana o rural de tranquilidad y ruido moderado	Residencia suburbana	55	45
	Zonas destinadas a la explotación agropecuaria		
	Zonas de recreación y descanso como parques naturales y reservas		

Fuente: COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Resolución 0627 (7, abril, 2006). Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental. Diario Oficial. Bogotá, D.C., 2006.

2. METODOLOGÍA

En todas las etapas de desarrollo de un campo petrolero se opera con altos niveles de presión y altos caudales, por ello se requiere el uso de equipos que estén diseñados para trabajar en estas condiciones de operación, implicando la generación de altos niveles de ruido que pueden ascender si no se realiza un mantenimiento adecuado. En el caso de estudio de este proyecto los elementos que crean una mayor intensidad de ruido en las plantas piloto de inyección de polímeros son las bombas de inyección.

Teniendo identificada la zona de interés se procedió a hacer un reconocimiento de la planta de inyección de polímeros del campo Casabe con la persona encargada, para encontrar los puntos de medida se divide el área según sus dimensiones, en este caso 4x4 metros y se sigue el siguiente procedimiento para su obtención:

- ① Calcular el área correspondiente a la ubicación de los equipos en la planta

$$A = 5.32m * 8.54m$$

$$A = 45.22 m^2$$

- ② Calcular N (número de cuadrículas resultantes) por medio de la siguiente expresión:

$$N = \frac{Area}{4x4}$$
$$N = \frac{45.22}{16} = 2.82 = 3$$

③ Calcular n (número de puntos a medir) por medio de la siguiente expresión:

$$n = \frac{pqz^2N}{E^2N + pqz^2}$$

$$n = \frac{0.95 * 0.05 * 1.96^2 * 3}{0.05^2 * 3 + 0.95 * 0.05 * 1.96^2} = 2.88 = 3 \text{ puntos}$$

Dónde:

n: Número de puntos a medir

p: Probabilidad de que se presente la condición. Normalmente se trabaja con el 95%

q: Probabilidad de que no se presente la condición. Normalmente se trabaja con el 5%

E: Probabilidad del error (Generalmente se trabaja con un margen de confianza del 95%)

Z= Constante equivalente a 1,96

Ya teniendo los cálculos de los números de puntos a medir se procedió a realizar las mediciones con un sonómetro, se seleccionaron las bombas 2, 3 y 4. La distribución de los puntos seleccionados se muestra en la figura 16.

Para el campo Cantagallo se realizó el dimensionamiento de la cuadrícula para cada container dividiendo el área en un orden de 2x2, la obtención de los puntos de medida se calcula a continuación:

① Calcular el área correspondiente a la ubicación de los equipos en la planta

$$A = 3.2m * 5.3m$$

$$A = 16.96 \text{ m}^2$$

② Calcular N (número de cuadrículas resultantes) por medio de la siguiente expresión:

$$N = \frac{Area}{4 \times 4}$$

$$N = \frac{16.96}{4} = 4.24 = 4$$

③ Calcular n (número de puntos a medir) por medio de la siguiente expresión:

$$n = \frac{pqz^2N}{E^2N + pqz^2}$$

$$n = \frac{0.95 * 0.05 * 1.96^2 * 4}{0.05^2 * 4 + 0.95 * 0.05 * 1.96^2} = 3.79 = 4 \text{ puntos}$$

Los cuatro containers presentes en el campo Cantagallo cuentan con el mismo dimensionamiento y por ende se tomaron medidas en cuatro puntos de cada container. En la figura 17 se muestra el esquema de la planta del campo Cantagallo con sus respectivas zonas de medición.

Figura 16. Esquema de la planta de inyección de polímeros del campo Casabe

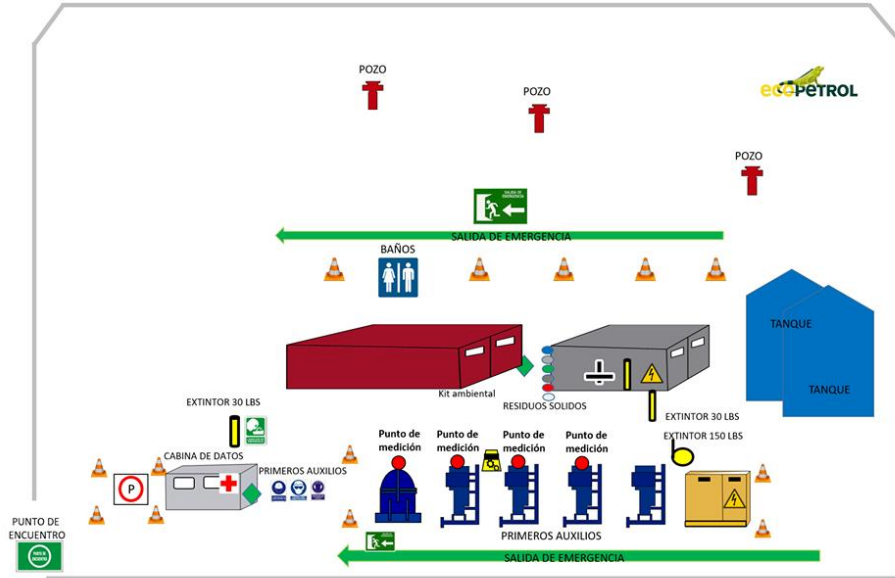
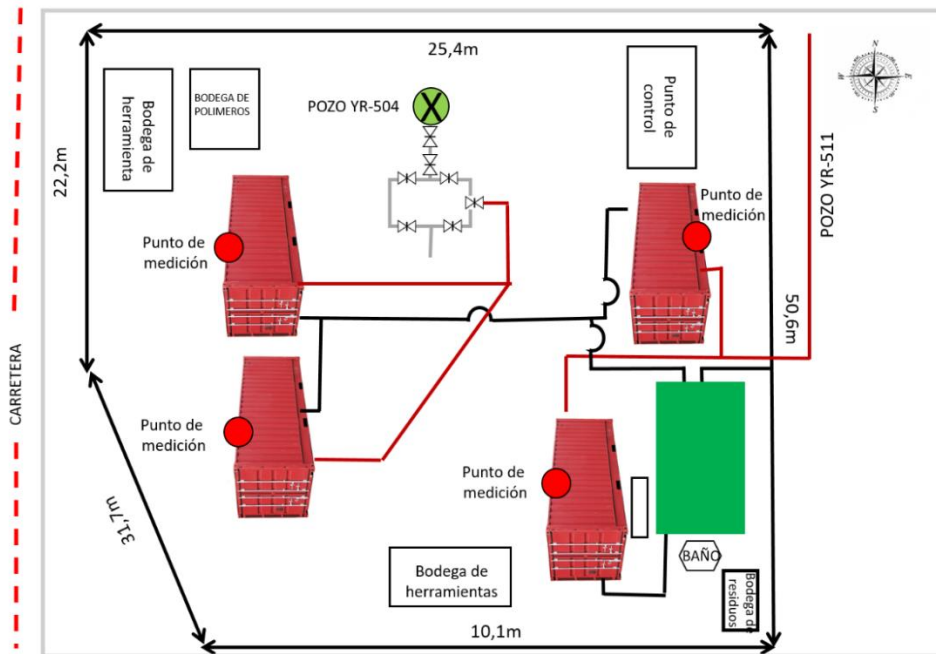


Figura 17. Esquema de la planta de inyección de polímeros del campo Cantagallo



El instrumento de medición utilizado fue un sonómetro marca PCE modelo 322 (figura 18), para obtener mediciones confiables es necesario que el dispositivo se encuentre calibrado, por esta razón el fabricante proporciono el certificado de verificación donde se especifica que el sonómetro se encuentra calibrado (Anexo A). En la figura 19 se muestra la utilización del dispositivo en el campo Casabe.

Figura 18. Sonómetro marca PCE modelo 322



Fuente: Modificado de PCE Ibérica S.L.Sonómetro PCE-322 A Instrucciones de uso. [En línea]. España. pág. 4. (Recuperado en 15 marzo 2017) Disponible en <http://www.pce-iberica.es/manuales/manual-pce-322a-nuevo.pdf>

- ① Supresor de ruidos de viento
- ② Pantalla
- ③ Tecla SETUP
- ④ Tecla de valoración de frecuencia

- ⑤ Iluminación de fondo
- ⑥ Tecla FAST/SLOW
- ⑦ Tecla HOLD
- ⑧ Tecla MAX/MIN
- ⑨ Tecla LEVEL
- ⑩ Tecla POWER

Figura 19. Utilización del sonómetro en el campo Casabe



Con los resultados obtenidos de esta visita se procede a analizar la información recolectada con el fin de realizar una comparación entre los dos campos, para determinar en cuál de estas dos plantas existe una mayor exposición de ruido y como incide este en la salud de los trabajadores.

3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en las dos plantas de inyección de polímeros, con su respectivo análisis comparativo, teniendo en cuenta que en el campo Casabe la planta se encuentra a campo abierto, mientras que en el campo Cantagallo está ubicada dentro de containers.

3.1 MEDICIONES

3.1.1 Campo Casabe. En las siguientes tablas se muestran los datos obtenidos de las mediciones realizadas en los puntos seleccionados del campo Casabe descritos anteriormente.

Tabla 4. Mediciones de la bomba # 2

# DE PRUEBAS	MAXIMO (dB)	MINIMO (dB)	PROMEDIO (dB)
1	88.9	83.2	86.05
2	87.3	83.5	85.4
3	89.5	83.7	86.6

Tabla 5. Mediciones de la bomba # 3

# DE PRUEBAS	MAXIMO (dB)	MINIMO (dB)	PROMEDIO(dB)
	88.4	82.4	85.4
2	88.3	82.5	85.4
3	91.7	83.3	87.5

Tabla 6. Mediciones de la bomba # 4

# DE PRUEBAS	MAXIMO (dB)	MINIMO (dB)	PROMEDIO(dB)
1	88.6	81.2	84.9
2	88.1	81.5	84.8
3	89.2	80.3	84.75

Gráfico 1. Valores máximos (dB) vs Numero de prueba para cada bomba

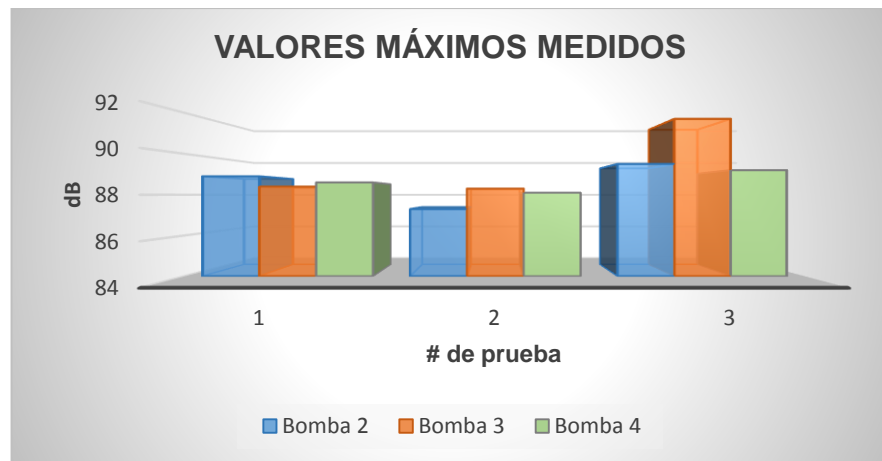


Gráfico 2. Valores mínimos (dB) vs Numero de prueba para cada bomba

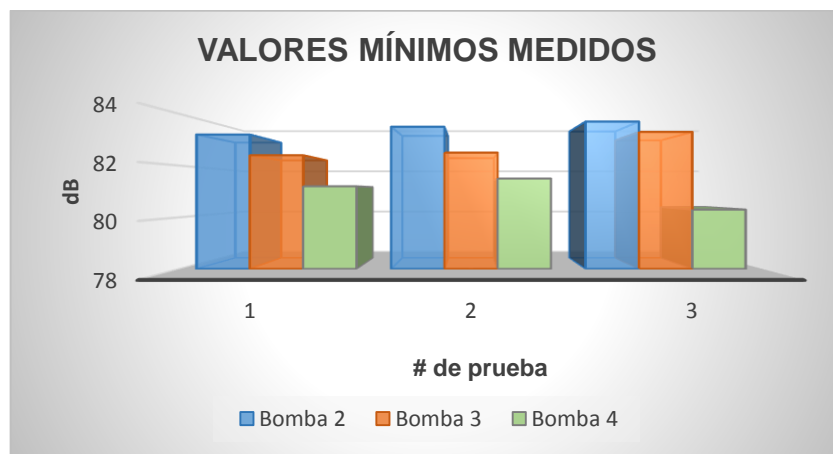
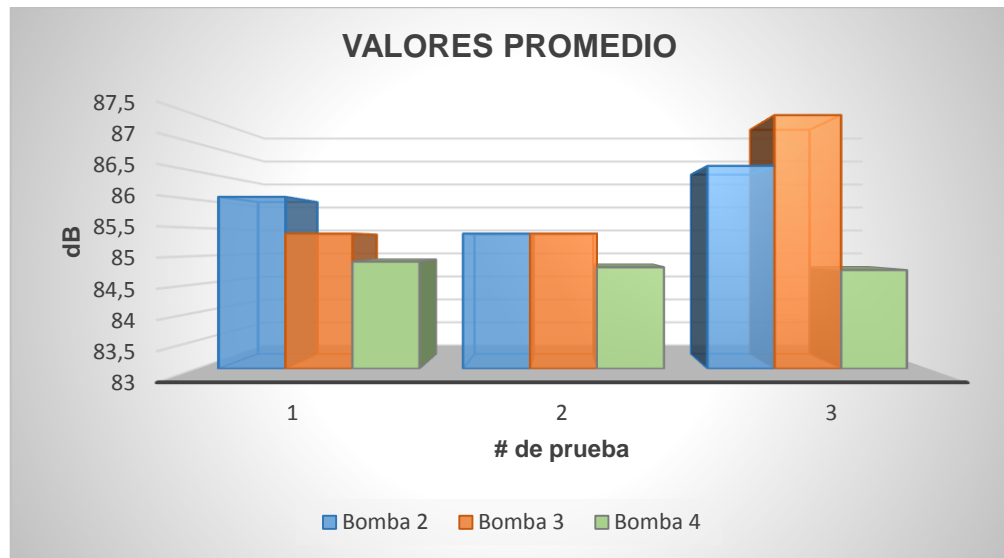


Gráfico 3. Valores promedio (dB) vs Numero de prueba para cada bomba



3.1.2 Campo Cantagallo. En las siguientes tablas se muestran los datos obtenidos de las mediciones realizadas en los puntos seleccionados del campo Cantagallo descritos anteriormente.

Tabla 7. Mediciones de la Unidad 11

UBICACIÓN	MAXIMO (dB)	MINIMO (dB)	PROMEDIO(dB)
Adelante	94.5	85.3	89.9
Atrás	96.4	86.2	91.3
Izquierda	95.3	83.9	89.6
Derecha	96.2	84.8	90.5

Gráfico 4. Mediciones de la Unidad 11

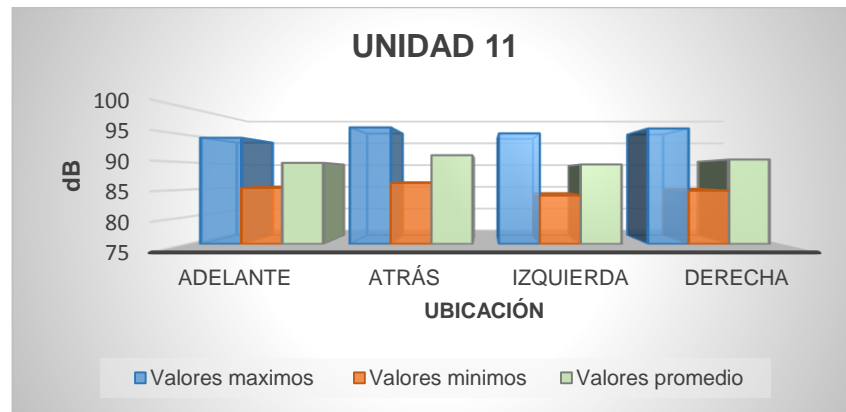


Tabla 8. Mediciones de la Unidad 23

UBICACIÓN	MAXIMO (dB)	MINIMO (dB)	PROMEDIO(dB)
Adelante	99.5	90.2	94.9
Atrás	100.1	91.9	96
Izquierda	98.1	92.6	95.3
Derecha	98.9	90.9	94.9

Gráfico 5. Mediciones de la Unidad 23

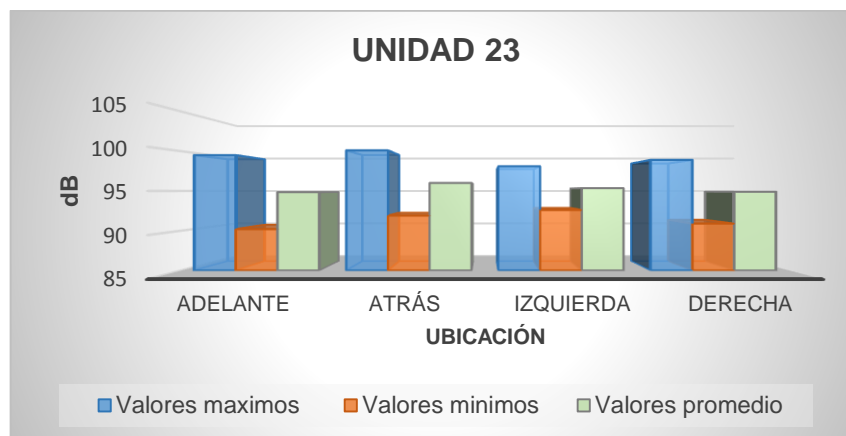


Tabla 9. Mediciones de la Unidad 15

UBICACIÓN	MAXIMO (dB)	MINIMO (dB)	PROMEDIO(dB)
Adelante	97.6	89.3	93.45
Atrás	92.5	87.2	89.85
Izquierda	95.7	85.3	90.5
Derecha	96.4	88.7	92.5

Gráfico 6. Mediciones de la Unidad 15

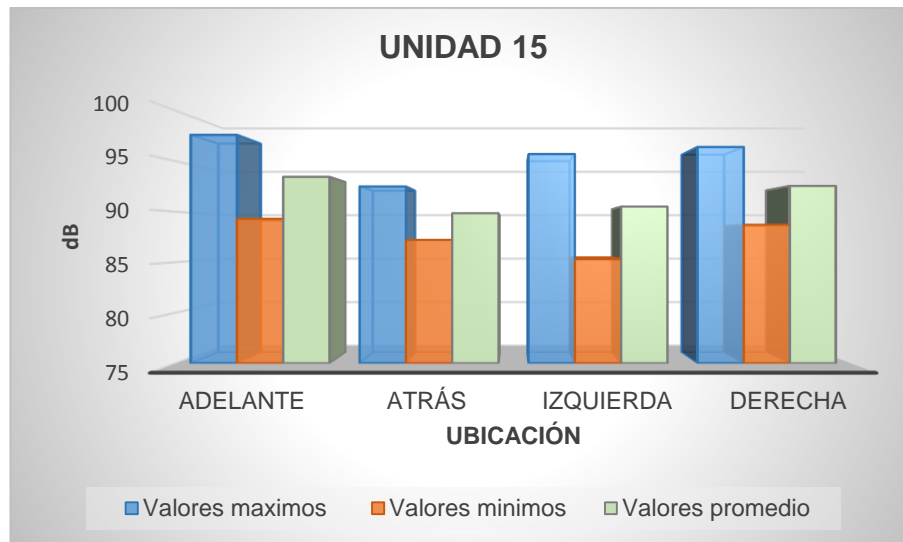


Tabla 10. Mediciones de la Unidad 22

UBICACIÓN	MAXIMO (dB)	MINIMO (dB)	PROMEDIO(dB)
Adelante	95.9	87.3	91.6
Atrás	94.6	88.2	91.4
Izquierda	90.3	88.5	89.4
Derecha	92.7	89.4	91.1

Gráfico 7. Mediciones de la Unidad 22

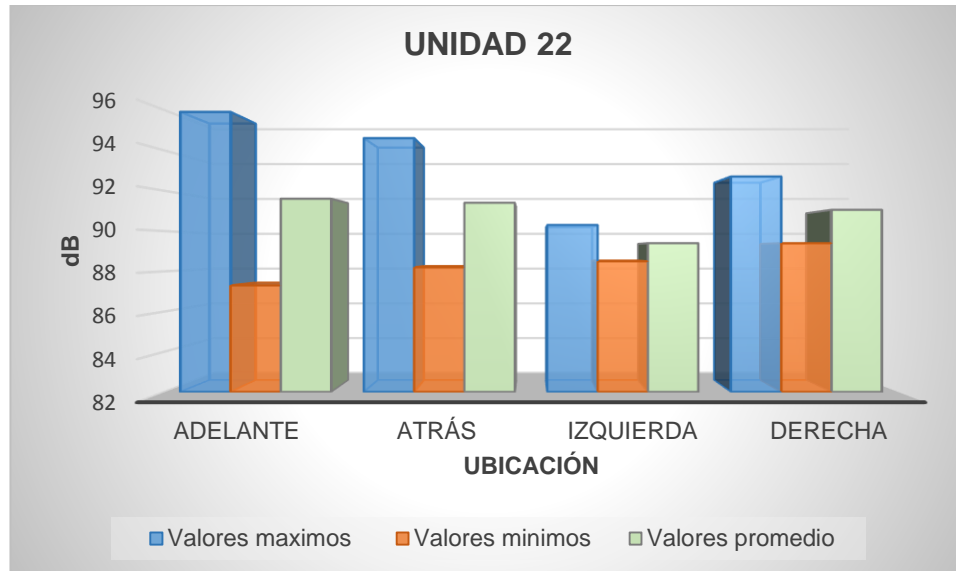
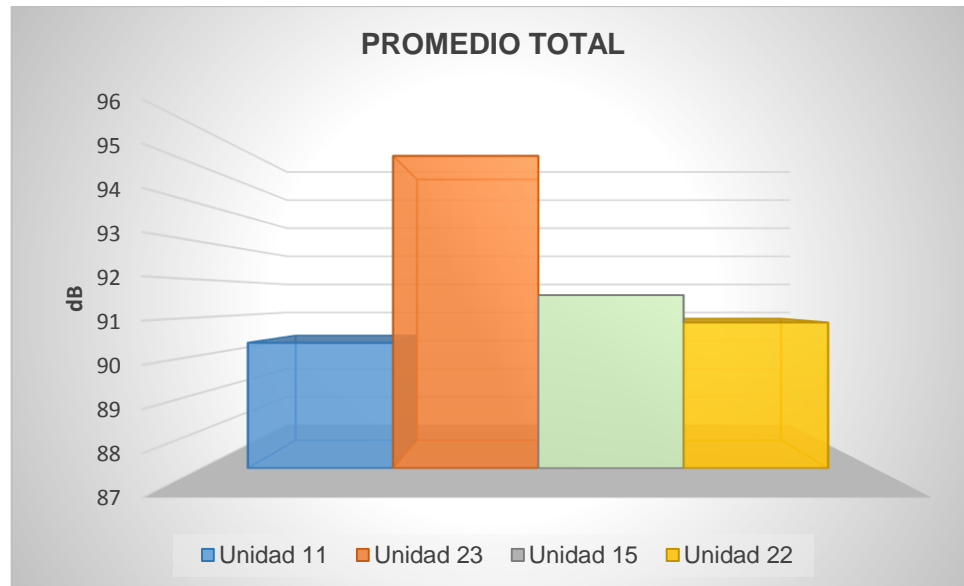


Gráfico 8. Medidas promedio para todas las unidades



MATRIZ DE RIESGOS																										
CAMPO CASABE																										
PROCESO	ZONA/LUGAR	ACTIVIDADES	TAREAS	RUTINARIAS (SI o NO)		PELIGRO		EFECTOS POSIBLES	CONTROLES EXISTENTES			EVALUACION DEL RIESGO				VALORACION DEL RIESGO	CRITERIOS PARA ESTABLECER CONTROLES		MEDIDAS DE INTERVENCION							
				DESCRIPCION	CALASIFICACION	FUENTE	MEDIO		PERSONA	NIVEL DEFICIENCIA ND	NIVEL EXPOSICION NE	NIVEL DE PROBABILIDAD	INTERPRETACION DEL NIVEL DE PROBABILIDAD	NIVEL CONSECUENCIA	NIVEL RIESGO E INTERVENCION	INTERPRETACION	ACEPTABILIDAD DEL RIESGO	NUMERO EXPUESTOS	PEOR CONSECUENCIA	Existencia requisito legal especifico o asociado	ELIMINACION	SUSTITUCION	CONTROLES DE INGENIERIA	CONTROLES ADMINISTRATIVOS	EPP o EQUIPO PP	
				REDUCCION DE LA CAPACIDAD AUDITIVA	REDUCCION DE LA CAPACIDAD AUDITIVA	NINGUNO	NINGUNO		PERSONA	6	3	18	Alto	25	450	II	No	3	Pérdida total de la audición	SI			Mantenimientos periódico de los equipos	Capacitaciones al personal		
Inyección de polímeros	Planta de inyección de polímeros	Bombeo de la solución con polímero	Verificación de la Bomba # 2	SI	Ruido	Físico	Reducción de la capacidad auditiva	Ninguno	Ninguno	Tapones auditivos tipo copa	6	3	18	Alto	25	450	II	No	3	Pérdida total de la audición	SI			Mantenimientos periódico de los equipos	Capacitaciones al personal	

Figura 21. Matriz de riesgos campo Cantagallo

MATRIZ DE RIESGOS																										
CAMPO CANTAGALLO																										
PROCESO	ZONA/LUGAR	ACTIVIDADES	TAREAS	RUTINARIAS (SI o NO)		PELIGRO		EFECTOS POSIBLES	CONTROLES EXISTENTES			EVALUACION DEL RIESGO				VALORACION DEL RIESGO	CRITERIOS PARA ESTABLECER CONTROLES		MEDIDAS DE INTERVENCION							
				DESCRIPCION	CALASIFICACION	FUENTE	MEDIO		PERSONA	NIVEL DEFICIENCIA ND	NIVEL EXPOSICION NE	NIVEL DE PROBABILIDAD	INTERPRETACION DEL NIVEL DE PROBABILIDAD	NIVEL CONSECUENCIA	NIVEL RIESGO E INTERVENCION	INTERPRETACION	ACEPTABILIDAD DEL RIESGO	NUMERO EXPUESTOS	PEOR CONSECUENCIA	Existencia requisito legal especifico o asociado	ELIMINACION	SUSTITUCION	CONTROLES DE INGENIERIA	CONTROLES ADMINISTRATIVOS	EPP o EQUIPO PP	
				REDUCCION DE LA CAPACIDAD AUDITIVA	REDUCCION DE LA CAPACIDAD AUDITIVA	NINGUNO	NINGUNO		PERSONA	6	3	18	Alto	25	450	II	NO	4	Pérdida total de la audición	SI			Se recomienda el uso de material de absorción sonora	Demarcación de la zona con alta exposición al ruido	Protector de oídos tipo copa	
Inyección de polímeros	Planta de inyección de polímeros	Bombeo de la solución con polímero (Unidad 22)	Verificación de la Bomba	SI	Ruido	Físico	Reducción de la capacidad auditiva	Ninguno	Ninguno	Tapones auditivos de espuma	6	3	18	Alto	25	450	II	NO	4	Pérdida total de la audición	SI			Se recomienda el uso de material de absorción sonora	Demarcación de la zona con alta exposición al ruido	Protector de oídos tipo copa
Inyección de polímeros	Planta de inyección de polímeros	Bombeo de la solución con polímero (Unidad 11)	Verificación de la Bomba	SI	Ruido	Físico	Reducción de la capacidad auditiva	Ninguno	Ninguno	Tapones auditivos de espuma	6	3	18	Alto	25	450	II	NO	4	Pérdida total de la audición	SI			Se recomienda el uso de material de absorción sonora	Demarcación de la zona con alta exposición al ruido	Protector de oídos tipo copa
Inyección de polímeros	Planta de inyección de polímeros	Bombeo de la solución con polímero (Unidad 22)	Verificación de la Bomba	SI	Ruido	Físico	Reducción de la capacidad auditiva	Ninguno	Ninguno	Tapones auditivos de espuma	6	3	18	Alto	25	450	II	NO	4	Pérdida total de la audición	SI			Se recomienda el uso de material de absorción sonora	Demarcación de la zona con alta exposición al ruido	Protector de oídos tipo copa
Inyección de polímeros	Planta de inyección de polímeros	Bombeo de la solución con polímero (Unidad 11)	Verificación de la Bomba	SI	Ruido	Físico	Reducción de la capacidad auditiva	Ninguno	Ninguno	Tapones auditivos de espuma	6	3	18	Alto	25	450	II	NO	4	Pérdida total de la audición	SI			Se recomienda el uso de material de absorción sonora	Demarcación de la zona con alta exposición al ruido	Protector de oídos tipo copa
Inyección de polímeros	Planta de inyección de polímeros	Bombeo de suministro de agua	Verificación de la bomba de suministro de agua	SI	Ruido	Físico	Reducción de la capacidad auditiva	Ninguno	Ninguno	Tapones auditivos de espuma	2	3	6	Medio	25	150	II	SI	4	Pérdida total de la audición	SI			Se recomienda el uso de material de absorción sonora	Demarcación de la zona con alta exposición al ruido	Protector de oídos tipo copa

3.3 COMPARACIÓN ENTRE LAS DOS PLANTAS DE INYECCIÓN DE POLIMEROS

3.3.1 Análisis de las mediciones del Campo Casabe. En la planta de inyección de polímeros, las horas laborales se dividen en dos turnos de 12 horas cada uno, la primera jornada inicia a las 6:00 a.m., y termina a las 6:00 p.m., la segunda jornada comienza a las 6:00 p.m., y finaliza a las 6:00 a.m. En cada ciclo se encuentran trabajando 3 personas.

Tabla 11. Número de trabajadores por cada turno de la planta de inyección de polímeros del campo Casabe

Campo Casabe		
	Horario	# de trabajadores
1° Turno	6 am - 6 pm	3
2° Turno	6 pm - 6 am	3
Total		6

Cada trabajador de la planta labora 21 días y descansa 7 días, por esta razón, existen 3 trabajadores adicionales que relevan el trabajo de la persona que descansa.

Con los resultados obtenidos de las mediciones se interpreta lo siguiente:

- De acuerdo a las mediciones tomadas y a su posterior tabulación, se refleja que los valores promedio de las tres bombas de inyección exceden el nivel límite

permisible estipulado mediante la Resolución 1972 de 1990. Este nivel límite para una jornada laboral de 12 horas es de 82.5 dB.

- El gráfico 1 corresponde a los valores máximos arrojados por el instrumento de medición, se graficaron los datos obtenidos para cada bomba, la medición en cada punto se llevó a cabo en 3 oportunidades y como se evidencia las tres bombas de inyección exceden el nivel de permisibilidad, en cuanto a los valores mínimos medidos reflejados en el gráfico 2, la bomba número 4 es la que presenta una menor intensidad de ruido.
- Cuando se realizó la visita al campo, la bomba # 1 no se encontraba en funcionamiento debido a un problema en el pozo.
- Analizando, desde el punto de vista de la comunidad de Casabe, el impacto que genera la contaminación ambiental producida por el ruido en las plantas, se concluye que la planta se encuentra a una distancia tal, que no afecta de manera significativa a los habitantes de Casabe, además que el ruido está presente en la zona de manera localizada.

3.3.2 Análisis de las mediciones del campo Cantagallo. En la planta de inyección de polímeros, las horas laborales se dividen en dos turnos de 12 horas cada uno, la primera jornada inicia a las 7:00 a.m., y termina a las 7:00 a.m., la segunda jornada comienza a las 7:00 a.m., y finaliza a las 7:00 p.m. En cada ciclo se encuentran trabajando 4 personas.

Tabla 12. Número de trabajadores por cada turno de la planta de inyección de polímeros del campo Cantagallo.

Campo Cantagallo		
	Horario	# de trabajadores
1° Turno	7 am -7 pm	4
2° Turno	7 pm -7 am	4
Total		8

Cada trabajador de la planta labora 21 días y descansa 7 días, por esta razón, existen 5 trabajadores adicionales que relevan el trabajo de la persona que descansa.

Con los resultados obtenidos en este campo se interpreta lo siguiente:

- Como se evidencia en el grafico 8, todas las unidades pertenecientes a la planta piloto de inyección de polímeros exceden el límite permitido para un tiempo de exposición de 12 horas contemplado en la Resolución 1972 de 1990. Según lo tabulado, la unidad 23 es la mayor fuente generadora de ruido respecto a las demás unidades.
- Para cada unidad se establecieron cuatro puntos de medida, tomando como referencia la bomba de inyección, los puntos se distribuyeron de la siguiente manera: adelante, atrás, izquierda y derecha; por cada medición realizada se obtuvo un valor máximo y mínimo.
- Las unidades presentes en la planta de inyección de polímeros del campo Cantagallo, se encuentran en containers, lo cual no produce un riesgo de contaminación ambiental por efectos de ruido para la comunidad de Cantagallo.

3.3.3 Comparación de los resultados. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos para las dos plantas de inyección de polímeros, se observa que el diseño y distribución de los equipos es un factor determinante en el nivel de ruido, ya que la planta del campo Casabe (Figura 16) al estar a campo abierto presenta un nivel de ruido menor al emitido por la planta del campo Cantagallo (Figura 17) que se encuentra cubierta.

En las figuras 22 y 23, se evidencia que la posición de los equipos de la planta del campo Casabe, se encuentran a poca distancia uno respecto al otro (aproximadamente 50 centímetros), en comparación a la distribución de las figuras 24 y 25, las cuales reflejan la planta del campo Cantagallo, donde los equipos se ubican en containtes a una distancia considerable; a pesar de que las bombas de la planta de Casabe se encuentren más próximas, se evidenció un menor nivel de ruido que el emitido en las bombas de la planta de Cantagallo, debido a que al estar a campo abierto el ruido se disipa en el ambiente.

Figura 22. Distribución de las bombas en el campo Casabe



Figura 23. Distribución de las bombas en el campo Casabe



Figura 24. Distribución de las bombas del campo Cantagallo



Figura 25. Distribución de las bombas del campo Cantagallo



3.4 ANÁLISIS DE LA REPERCUSIÓN DEL RUIDO EN LOS TRABAJADORES

3.4.1 Efectos del ruido sobre la salud. Las vibraciones y el ruido pueden generar efectos crónicos sobre los vasos sanguíneos y capilares y dependerán del tipo de exposición medioambiental, aunque generalmente guardan más relación con ciertos ambientes laborales. Es necesaria su valoración para instaurar medidas preventivas que protejan la salud de las personas. La contaminación acústica producida por la actividad humana ha aumentado de forma considerable en los últimos años⁵¹.

⁵¹ Escuela colombiana de ingeniería. Laboratorio de condiciones de trabajo, ruido. [En línea]. Bogotá D.C. p. 9. (Recuperado en 22 Enero 2017) Disponible en: http://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/7863_ruido.pdf

El inadecuado diseño de las condiciones acústicas puede inhibir la comunicación hablada, rebajar la productividad, enmascarar las señales de advertencia, reducir el rendimiento mental, incrementar la tasa de errores, producir náuseas y dolor de cabeza, pitidos en los oídos, alterar temporalmente la audición, causar sordera temporal y disminuir la capacidad de trabajo físico⁵².

Algunos de los efectos causados se describen a continuación:

El efecto más conocido y preocupante de la exposición al ruido es la pérdida de la capacidad auditiva. Este efecto depende fundamentalmente del nivel de presión acústica y del tiempo de exposición. Sin embargo, se debe recordar que la hipoacusia producida por exposición al ruido puede ser de dos tipos: de conducción y de percepción o neurológica⁵³.

Efectos psicofisiológicos: Se pueden observar efectos fisiológicos tanto motores (contracciones musculares), vegetativos (variaciones de la frecuencia cardíaca, vasoconstricción periférica, aumento de la presión sanguínea, ralentización de los movimientos respiratorios, etc.) y electroencefalográficos. Las respuestas podrán ser⁵⁴:

⁵² MONDELO, Pedro; GREGORI, Enrique y BARRAU, Pedro. Ergonomía 1 Fundamentos. España: Editorial Mutua Universal, 1994. p. 112.

⁵³ ÁLVAREZ Teresa. Aspectos ergonómicos del ruido: evaluación. [En línea]. España. p. 11. (Recuperado en 24 noviembre 2017) Disponible en: <http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Ruido%20y%20Vibraciones/ficheros/DTE-AspectosErgonomicosRUIDOVIBRACIONES.pdf>

⁵⁴ *Ibíd.*, p. 12.

A corto plazo: respuestas psicofisiológicas inmediatas provocadas por cambios cualitativos o cuantitativos en el ruido. Como ejemplos está el “reflejo de orientación” y el “reflejo de sobresalto”. El primero está relacionado con los procesos de atención e implica redirección de los órganos sensitivos hacia la fuente de ruido y una serie de respuestas fisiológicas, como disminución de la frecuencia cardiaca, del flujo y la presión sanguínea, y aumento de la secreción de las glándulas sudoríparas. El reflejo de sobre salto implica parpadeo, sacudida muscular y aumento de las frecuencias cardíacas y respiratorias⁵⁵.

A largo plazo: el ruido produce modificaciones fisiológicas que pueden afectar a la salud. Estos efectos dependen también del tipo de actividad, de las exigencias de la tarea, de las condiciones de ejecución, de la duración del trabajo con exposición al ruido y de las características de cada individuo. Los efectos se pueden clasificar en⁵⁶:

- **Efectos cardiovasculares:** Son los más estudiados, se ha comprobado que durante la exposición al ruido se produce vasoconstricción periférica y se eleva la presión diastólica. También se sabe que entre trabajadores expuestos al ruido son más frecuentes los trastornos cardiovasculares, sobre todo, la hipertensión⁵⁷.
- **Efectos hormonales:** el ruido afecta a las secreciones de las “hormonas del estrés”, pero este efecto varía en función de la actividad, de la tarea y de factores físicos y psicosociales. Se ha comprobado también un incremento significativo de la hormona del crecimiento, que es un importante marcador del estrés⁵⁸.

⁵⁵ ÁLVAREZ Teresa. Aspectos ergonómicos del ruido: evaluación. [En línea]. España. p. 12. (Recuperado en 24 noviembre 2017) Disponible en <http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Ruido%20y%20Vibraciones/ficheros/DTE-AspectosErgonomicosRUIDOVIBRACIONES.pdf>

⁵⁶ *Ibíd.*, p. 12.

⁵⁷ *Ibíd.*, p. 12.

⁵⁸ *Ibíd.*, p. 13.

- Efectos sobre el sueño: las personas expuestas a ruido durante el día pueden sufrir alteraciones del sueño tanto sobre la calidad como cantidad del mismo. Se reduce tanto el número como la duración de los ciclos del sueño. El ruido también puede provocar el efecto contrario, inducir sueño, especialmente en el caso de ruidos de baja frecuencia, monótonos y repetitivos⁵⁹.

Efectos sobre el comportamiento: En el ámbito laboral, los efectos más estudiados del ruido sobre el comportamiento han sido los que afectan al rendimiento y al comportamiento social, especialmente a la comunicación⁶⁰.

- Efectos sobre el rendimiento: Los efectos del ruido sobre el rendimiento son complejos y afectan de distinta manera a diferentes actividades, dependiendo de factores como las características del ruido (intensidad, frecuencia, tipo, etc.), la posibilidad de previsión y control del mismo, naturaleza y exigencias de la tarea, duración, variables psicofisiológicas del individuo y la presencia de otros factores ambientales molestos⁶¹.

Los efectos nocivos del ruido parecen estar asociados fundamentalmente con tareas en las que los trabajadores tienen que aplicar conocimientos, pensar detenidamente y llevar a conclusiones. Esto involucra a la memoria de corto y largo plazo. Se ha demostrado (Weinstein, 1977) que, en una prueba de lectura, un ruido entre 68 y 70 dB impide significativamente la detección de errores gramaticales

⁵⁹ ÁLVAREZ Teresa. Aspectos ergonómicos del ruido: evaluación. [En línea]. España. p. 13. (Recuperado en 24 noviembre 2017) Disponible en <http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Ruido%20y%20Vibraciones/ficheros/DTE-AspectosErgonomicosRUIDOVIBRACIONES.pdf>

⁶⁰ *Ibíd.*, p. 15.

⁶¹ *Ibíd.*, p. 15.

(tarea basada en el conocimiento). Por lo tanto, el ruido provoca disminución de la atención y deteriora especialmente la realización de trabajos que requieren concentración, rapidez o destreza⁶².

- Efectos psicosociales: la presencia de ruido por si sola y independientemente de sus características provoca un conjunto de sensaciones desagradables y molestias que pueden manifestarse en el comportamiento individual y social de los trabajadores expuestos. Si la exposición es crónica, los trabajadores se vuelven irritables, manifiestan tendencias agresivas, son menos atentos con los compañeros y poco dispuestos a ayudarles. Los efectos que a este nivel se pueden producir son: dificultades de comunicación, perturbaciones del reposo y descanso, perturbación de sueño nocturno, disminución de la capacidad de concentración y sensación de malestar⁶³.

El ruido puede provocar en el hombre desde ligeras molestias hasta enfermedades graves de diversa naturaleza. En niveles de presión acústica bajos, de entre 30 y 60 dB, se inician las molestias psíquicas de irritabilidad, pérdida de atención y de interés, etcétera. A partir de los 60 dB y hasta los 90 dB aparecen las reacciones neurovegetativas, como el incremento de la tensión arterial, la vasoconstricción periférica, la aceleración del ritmo cardíaco, el estrechamiento del campo visual, la aparición de la fatiga, entre otros y para largos períodos de exposición puede iniciarse la pérdida de la audición por lesiones en el oído interno, a los 120 dB se

⁶² ÁLVAREZ Teresa. Aspectos ergonómicos del ruido: evaluación. [En línea]. España. p. 15. (Recuperado en 24 noviembre 2017) Disponible en <http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Ruido%20y%20Vibraciones/ficheros/DTE-AspectosErgonomicosRUIDOVIBRACIONES.pdf>

⁶³ *Ibíd.*, p. 16.

llega al límite del dolor y a los 160 dB se puede producir la rotura del tímpano, calambres, parálisis y muerte⁶⁴.

Pero, aunque no se alcancen los niveles críticos que ponen en peligro al sujeto, el ruido también baja el rendimiento intelectual. Miller (1974) mostró los efectos negativos del ruido en función de la complejidad del trabajo. Así pues, debe prestarse atención a todas las facetas del ruido en relación a los requerimientos de la tarea que implica cualquier tipo de actividad⁶⁵.

3.4.2 Diagnostico de salud de los trabajadores. En la visita a los campos, se solicitó a la persona encarga de la planta la obtención de los certificados de aptitud del personal, sin embargo, no fue posible debido a que se tiene confidencialidad respecto a ellos por parte de la empresa. A pesar de ello se lograron observar dos certificados de aptitud, sus resultados se muestran a continuación.

Tabla 13. Resultados observados de los certificados de aptitud

Edad	Tiempo laborando	Diagnostico	Recomendación	Restricciones
36	8 meses	Sobre peso	Dieta y ejercicio	Ninguna
42	26 meses	Tensión alta	Chequeos continuos de presión arterial	Ninguna

Analizando los exámenes de aptitud mostrados, se refleja que no existe una afectación directa asociada al ruido por parte del personal, sin embargo, es pertinente tomar medidas preventivas para evitar complicaciones a largo plazo.

⁶⁴ MONDELO, Pedro; GREGORI, Enrique y BARRAU, Pedro. Ergonomía 1 Fundamentos. España: Editorial Mutua Universal, 1994. p. 112.

⁶⁵ *Ibíd.*,p. 113.

Para obtener mayor información del estado de los trabajadores se realizó una encuesta (véase en anexo B) al personal del primer turno, con el fin de determinar posibles afectaciones que se hayan producido por su exposición al ruido. A continuación, se muestran la tabulación de los resultados.

Campo Casabe: Se realizó una encuesta a los tres trabajadores de turno, la información de cada trabajador se evidencia en la tabla durante su jornada laboral ellos se encuentran en un puesto de control y salen a realizar una revisión del funcionamiento de la planta cada media hora.

Tabla 14. Información de los trabajadores que laboran en la planta del campo Casabe

Trabajador	Edad	Tiempo laborando en la planta
Trabajador 1	25	1 año
Trabajador 2	36	8 meses
Trabajador 3	40	14 meses

Tabla 15. Información de los trabajadores que laboran en la planta del campo Cantagallo

Trabajador	Edad	Tiempo laborando en la planta
Trabajador 1	23	4 meses
Trabajador 2	30	1 año
Trabajador 3	35	2 años
Trabajador 4	42	26 meses

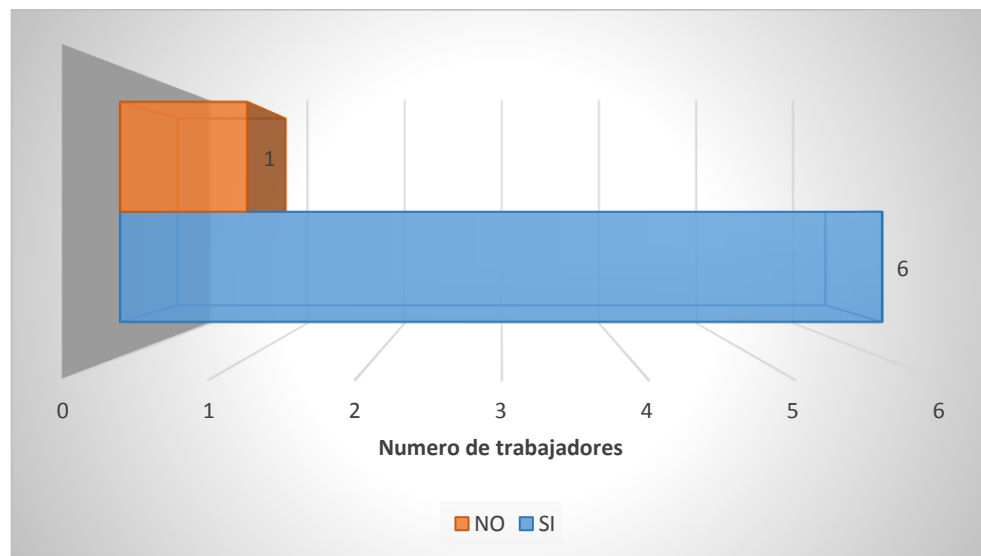
La tabulación de la información recolectada en las encuestas se evidencia a continuación.

1. ¿Cree usted que en su jornada laboral tiene una exposición significativa al ruido?

Tabla 16. Información recolectada de la pregunta 1

RESPUESTA	# DE PERSONAS
Si	6
No	1

Gráfico 9. Diagrama de la pregunta número 1.

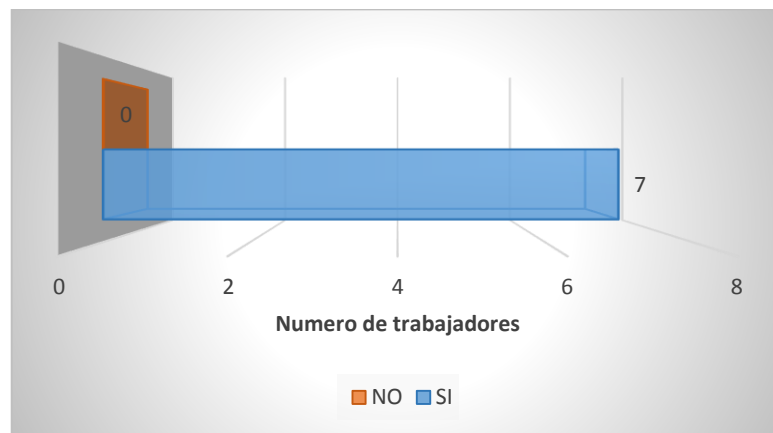


2. ¿Su labor desempeñada en la planta requiere altos niveles de atención?

Tabla 17. Información recolectada en la pregunta 2

RESPUESTA	# DE PERSONAS
Si	7
No	0

Gráfico 10. Diagrama de la pregunta 2

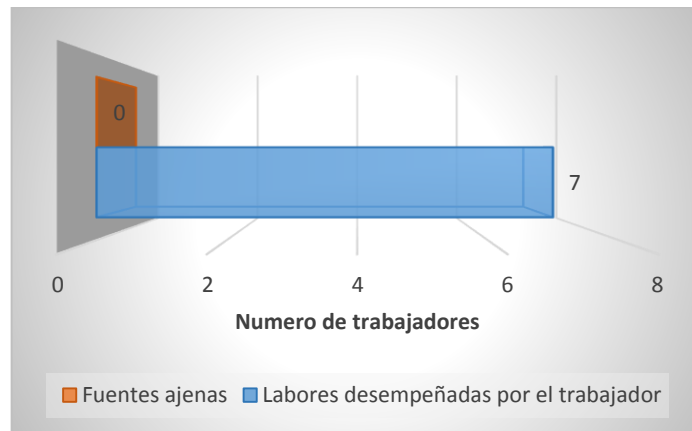


3. La emisión de ruido es generada por:

Tabla 18. Información recolectada de la pregunta 3

RESPUESTA	# DE PERSONAS
Labores desempeñadas por el trabajador	7
Fuentes ajenas	0

Gráfico 11. Diagrama de la pregunta 3

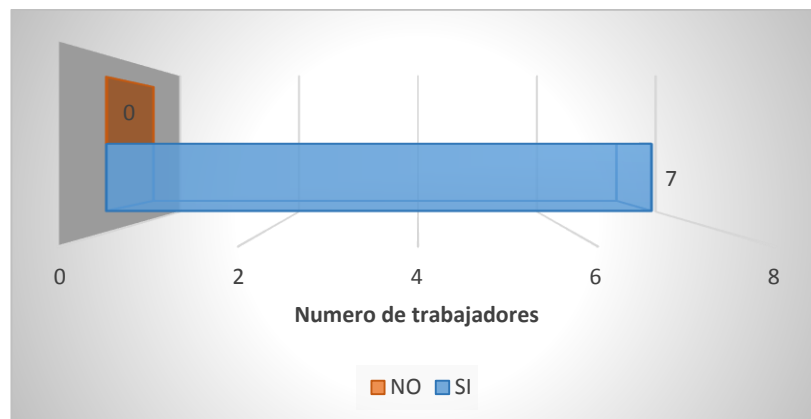


4. ¿Su lugar de trabajo se encuentra a poca distancia de un equipo que genere una emisión de ruido importante?

Tabla 19. Información recolectada de la pregunta 4

RESPUESTA	# DE PERSONAS
Si	7
No	0

Gráfico 12. Diagrama de la pregunta 4

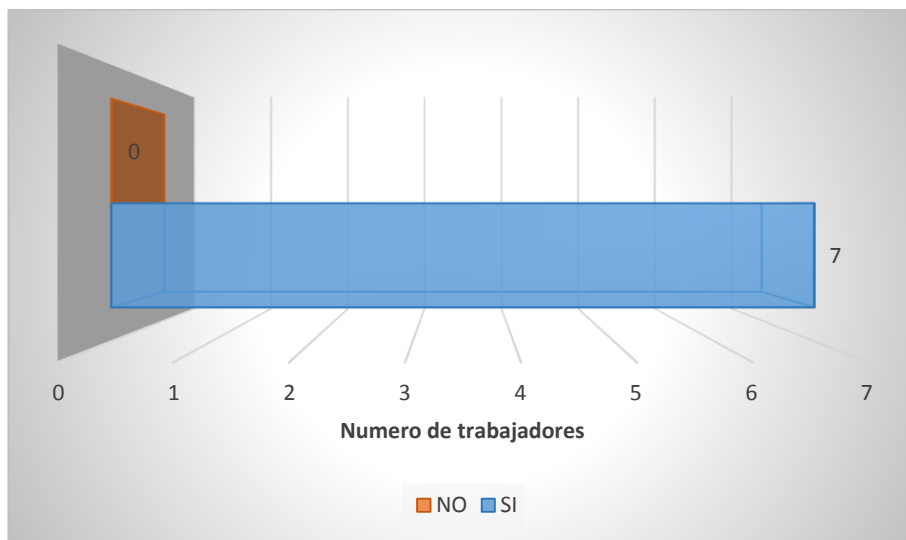


5. ¿Considera que la emisión de ruido es constante y continua a lo largo de su turno?

Tabla 20. Información recolectada de la pregunta 5

RESPUESTA	# DE PERSONAS
Si	7
No	0

Gráfico 13. Diagrama de la pregunta 5.

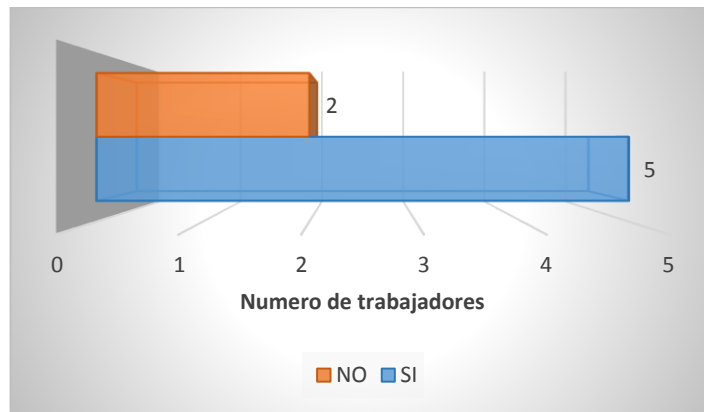


6. ¿Le incomoda el ruido emitido por los equipos en su lugar de trabajo?

Tabla 21. Información recolectada de la pregunta 6

RESPUESTA	# DE PERSONAS
Si	5
No	2

Gráfico 14. Diagrama de la pregunta 6

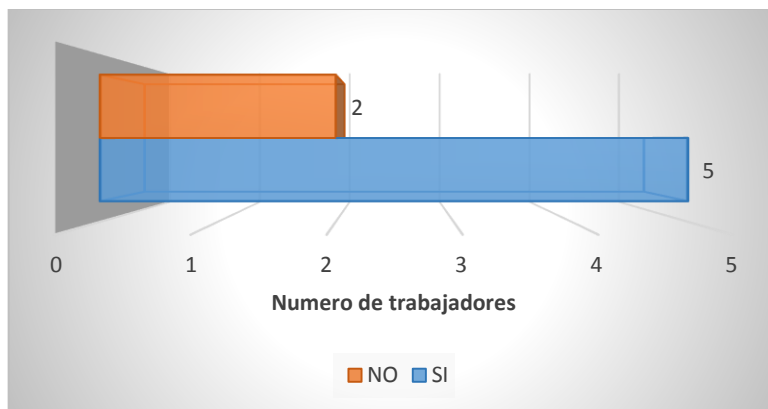


7. ¿El ruido generado en la planta le causa incomodidad para el cumplimiento de sus labores?

Tabla 22. Información recolectada de la pregunta 7

RESPUESTA	# DE PERSONAS
Si	5
No	2

Gráfico 15. Diagrama de la pregunta 7

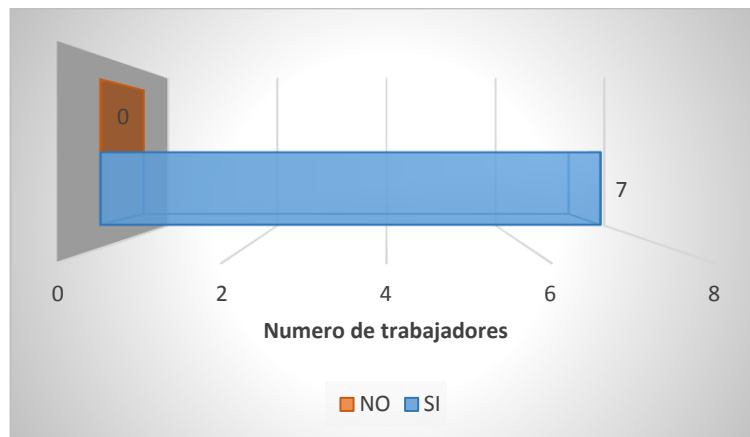


8. ¿Habitualmente debe subir su tono de voz para comunicarse, en la zona donde se presenta un alto nivel de ruido?

Tabla 23. Información recolectada de la pregunta 8

RESPUESTA	# DE PERSONAS
Si	7
No	0

Gráfico 16. Diagrama de la pregunta 8

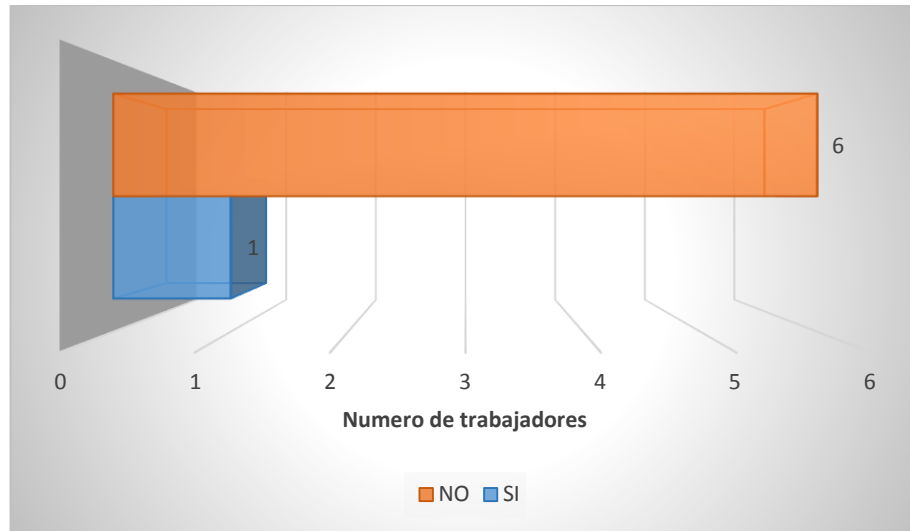


9. ¿Recientemente ha percibido que está presentando problemas auditivos?

Tabla 24. Información recolectada de la pregunta 9

RESPUESTA	# DE PERSONAS
Si	1
No	6

Gráfico 17. Diagrama de la pregunta 9

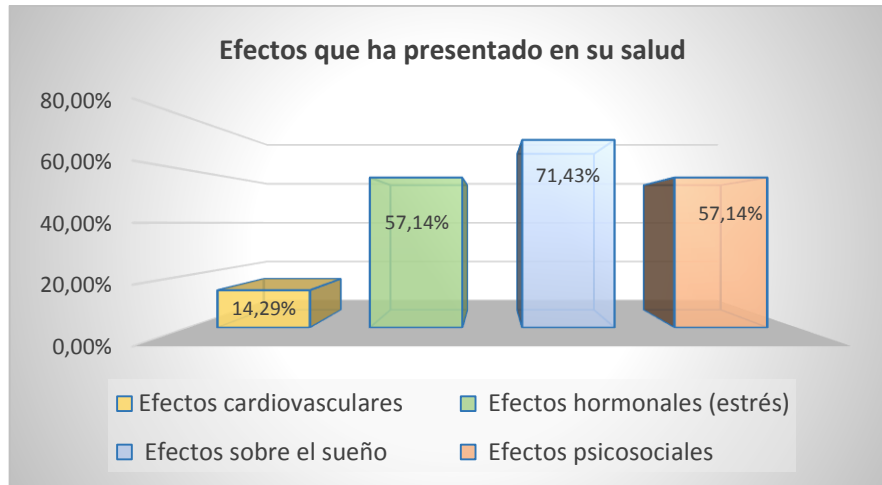


10. A continuación, se presenta una lista de efectos que pueden ser causados por el ruido. Marque con una x lo o los que ha presentado

Tabla 25. Información recolectada de la pregunta 10

RESPUESTA	# DE PERSONAS
Efectos cardiovasculares (hipertensión)	1
Efectos hormonales (estrés)	4
Efectos sobre el sueño	5
Efectos sobre el rendimiento	0
Efectos psicosociales (irritabilidad)	4

Gráfico 18. Diagrama de la pregunta 10

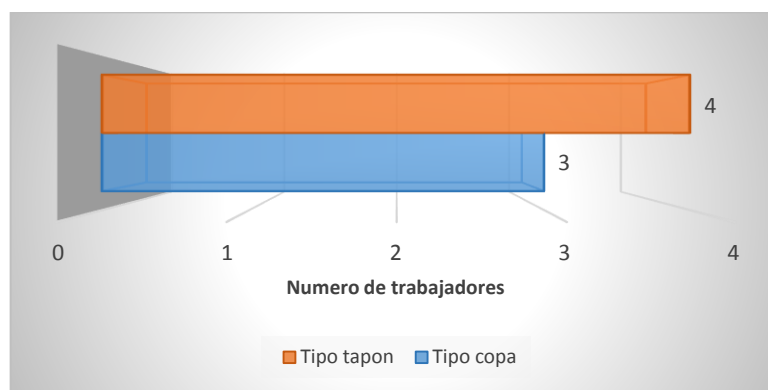


11. ¿Qué elemento de protección personal para la emisión de ruido utiliza?

Tabla 26. Información recolectada de la pregunta 11

RESPUESTA	# DE PERSONAS
Tipo copa	3
Tipo tapón	4

Gráfico 19. Diagrama de la pregunta 11



Basado en la encuesta realizada se evidencia lo siguiente:

- El 100% de los trabajadores manifiesta encontrarse en constante exposición al ruido al realizar el monitoreo de los equipos que integran la planta, la fuente principal de emisión de ruido son las bombas de inyección.
- Las plantas de inyección de polímeros requieren de supervisión constante para evitar accidentes por lo cual es fundamental el nivel de atención de sus trabajadores, según la encuesta el 100% de ellos consideran que el ruido puede llegar a hacer una distracción en su desempeño.
- Los equipos emiten ruido de manera constante y continua a lo largo de la operación, se ubican a poca distancia del puesto de control del personal y en consecuencia el 71.4% de los encuestados les resulta incómodo este factor.
- La totalidad de los trabajadores indicaron que en repetidas ocasiones deben subir su tono de voz para comunicarse con sus compañeros en el momento de realizar los monitoreos.
- Uno de los trabajadores ha percibido una leve disminución de su capacidad auditiva, además todos los trabajadores manifestaron presentar algún tipo de efecto como, por ejemplo: Hipertensión (14.3%), estrés (57.1%), alteración de sueño (71.4%) e irritabilidad (57.1%), lo cual puede ser consecuencia de un nivel de ruido que excede el permitido según la Resolución 1792 de 1990.
- En la planta de inyección del campo Casabe se utilizan los protectores auditivos tipo copa, mientras que en la planta del campo Cantagallo se utilizan protectores auditivos tipo tapón.

3.5 Medidas preventivas

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos anteriormente y el análisis ya descrito, se determinó que gran parte de los trabajadores de las plantas de inyección presentan alguna alteración en su salud a consecuencia de su exposición al ruido, por lo cual se siguieren las siguientes medidas preventivas para prevenir y mitigar las afectaciones sufridas por el personal.

- Las plantas de inyección de polímeros al ser pilotos tienen un tiempo de funcionamiento inferior a tres años, se tiene establecido que los mantenimientos de los equipos se realizan cada año, por ello es aconsejable realizar inspecciones con mayor frecuencia si se presenta un nivel del ruido mayor al habitual que puede ser ocasionado por alguna pieza que no esté funcionando de manera correcta, además de realizar periódicamente lubricaciones a los equipos.
- Se diseña material interactivo en donde se presentan distintos factores a tener en cuenta en referencia al ruido, comenzando con conceptos básicos, además se presentan los niveles permitidos según la Resolución 1972 de 1990, seguido de las afectaciones que puede producir una exposición prolongada y finalizando con los controles y medidas preventivas para mitigar los riesgos ocasionado por el ruido. Este material se realiza con el fin de capacitar al personal de manera didáctica e ilustrativa.
- Se propone la implementación de silenciadores acústicos los cuales son diseñados para mitigar el ruido producido por los motores de los equipos, en este caso las bombas de inyección. Otra medida a implementar es disminuir el choque entre las piezas del equipo y en lo posible realizar un cambio de piezas de metal por partes plásticas, ya que estas son más silenciosas al chocar.

- Los equipos vibradores que se encuentran en contacto con el piso producen un nivel de ruido considerable, por ello se sugiere colocar las maquinas en colchones de caucho o materiales amortiguadores con el propósito de disminuir la vibración generada con el choque entre el equipo y el suelo.
- Actualmente los trabajadores del campo Cantagallo utilizan tapones de espuma, los cuales no son adecuados para los niveles de ruido registrados, ya que no proporcionan una protección apropiada, además este tipo de tapones usualmente se colocan de manera incorrecta al no introducir completamente el tapón en el oído; por lo cual, se recomienda el uso de protectores auditivos tipo copa, los cuales brindan mayor protección mitigando en mayor medida el factor ruido generado por los equipos, proporcionando una mayor seguridad a los trabajadores.
- Para el campo Cantagallo, se sugiere el uso de material de absorción sonora en los containers, ya que este material tiene la capacidad de absorber la energía del sonido disminuyendo los niveles de ruido presentes dentro del espacio cerrado, existen diferentes tipos de estos materiales que pueden ser adaptados con facilidad en el recinto, además de ser factibles económicamente, estos materiales pueden ser: Espumas, Telas acústicas, Alfombras, fibras minerales y vegetales.
- Realizar exámenes médicos periódicos con el fin de detectar algún tipo de afectación que pueda ser generada por la exposición al ruido, si es el caso, se recomienda limitar los tiempos de exposición del trabajador con el fin de evitar complicaciones más graves a futuro.
- Es necesario que se realice una señalización y demarcación de las zonas con mayores índices de ruido para que sean identificadas tanto por los trabajadores como por las personas que visitan el campo, con el fin de que se utilice los elementos de protección auditiva.

Las anteriores medidas preventivas se recopilaron en un informe el cual fue entregado al supervisor de las plantas pilotos de inyección de polímeros, con el fin de implementarlas para que actúen como elementos preventivos y correctivos ante posibles deterioros en la salud del personal que labora en estos sectores. El informe se presenta en el anexo E.

4. CONCLUSIONES

Según la Organización Mundial de la Salud se ha comprobado que el ruido representa un factor de peligro que puede provocar en los seres humanos distintas afectaciones, no solo generando la pérdida en la audición, si no también ocasionando distintos problemas que afectan el bienestar de la persona.

De acuerdo a las mediciones realizadas en las plantas de inyección de polímeros de los campos Casabe y Cantagallo, se concluye que el nivel de ruido emitido por los equipos excede el nivel de permisibilidad para una jornada laboral de 12 horas estipulado en la Resolución 1792 de 1990.

Con la información obtenida de los niveles de ruido presentados en las plantas se identifica que existe un nivel de ruido alto en la planta del campo Cantagallo en comparación con el nivel medido en la planta del campo Casabe, ya que los equipos pertenecientes al campo Cantagallo se encuentran ubicados en containers, lo cual genera una percepción mayor de ruido en el trabajador y en el campo Casabe la planta de inyección de polímeros se encuentra a campo abierto lo que permite que se disipe el ruido en el ambiente.

Las encuestas realizadas a los trabajadores de las dos plantas de inyección de polímeros permiten inferir que gran parte del personal manifiesta tener algún tipo de afectación como por ejemplo: reducción en la audición, estrés, hipertensión, irritabilidad y alteraciones de sueño, problemas que están asociados a una alta exposición al ruido.

RECOMENDACIONES

El ruido no solo afecta la audición, sino que además produce otras patologías importantes, por lo que es recomendable realizar una correlación entre estos factores.

Las dos plantas de inyección de polímeros exceden el nivel de permisibilidad para una jornada laboral de 12 horas, por lo cual es recomendable que se reduzca el tiempo de exposición a los equipos con mayores niveles de emisión de ruido.

Para preservar el bienestar de las personas encargadas del manejo de las plantas de inyección de polímeros, es necesario implementar las medidas preventivas descritas, con el fin de evitar lesiones importantes en el personal.

BIBLIOGRAFIA

ÁLVAREZ Teresa. Aspectos ergonómicos del ruido: evaluación. [En línea]. España. (Recuperado en 24 noviembre 2017) Disponible en <http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Ruido%20y%20Vibraciones/ficheros/DTE-AspectosErgonomicosRUIDOVIBRACIONES.pdf>

BEHAR, Alberto. El ruido y su control. México: Editorial Trillas, 1994.

BELTRÁN, Eliana. Estudio sedimentológico comparativo entre la formación mugrosa y colorado; y modelamiento de los niveles de las arenas A2 de la formación colorado en el campo Casabe en la cuenca del valle medio del magdalena, Colombia. Bucaramanga, 2012. Trabajo de grado (Geóloga). Universidad industrial de Santander. Facultad de fisicoquímicas. Escuela de geología.

BERNAL, J. Formación general de seguridad e higiene del trabajo. Aspectos teóricos, prácticos y legales de la salud laboral. España: Editorial Tecnos, 1996.

CASTRO, Henry; GAMES, Chistian. Evaluación de la depositación de incrustaciones en sistema de bombeo electro sumergible del campo Cantagallo. Bucaramanga. 2009. Trabajo de grado (Ingeniero de petróleos). Universidad industrial de Santander. Facultad de fisicoquímicas. Escuela de ingeniería de petróleos.

CHINER DASI, Mercedes; DIEGO MAS, J. Antonio y MARZAL ALCAIDE, Jorge. Laboratorio de Ergonomía. México: Editorial Alfaomega, 2004.

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Resolución 0627 (7, abril, 2006). Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental. Diario Oficial. Bogotá, D.C., 2006

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Resolución 1792 (3, mayo, 1990). Por la cual se adoptan valores límites permisibles para la exposición ocupacional al ruido. Diario Oficial. Bogotá, D.C., 1990.

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Resolución 8321 (4, agosto, 1983). Por la cual se dictan normas sobre Protección y Conservación de la Audición de la Salud y el bienestar de las personas, por causa de la producción y emisión de ruidos, Diario Oficial. Bogotá, D.C., 1983.

COLOMBIA. NORMA TECNICA COLOMBIANA. NTC 6166. Referencias bibliográficas, contenido, forma y estructura. Bogotá, D.C., 2006.

CORTÉS DIAZ, José María. Seguridad e Higiene del trabajo. Técnicas de Prevención de Riesgos de Trabajo. México: Editorial Alfaomega, 2002.

ECO, Umberto. CÓMO SE HACE UNA TESIS: técnicas y procedimientos de estudio, investigación y escritura. España: Editorial Gedisa, 1989.

ECOPETROL. Nuestra Historia. [En línea] Bogotá D.C. 2014. (Recuperado en 9 noviembre 2016.) Disponible en <http://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/ecopetrol-web/nuestra-empresa/quienes-somos/acerca-de-ecopetrol/nuestra-historia>

Escuela colombiana de ingeniería. Laboratorio de condiciones de trabajo, ruido. [En línea]. Bogotá D.C. (Recuperado en 22 enero 2017) Disponible en http://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/7863_ruido.pdf

Escuela colombiana de ingeniería. Niveles de ruido protocolo, laboratorio de condiciones de trabajo. [En línea]. Bogotá D.C. Edición 2007-1. (Recuperado en 10 noviembre 2016.) Disponible en <http://copernico.escuelaing.edu.co/lpinilla/www/protocols/HYSI/PROTOCOLO%20DE%20RUIDO1.pdf>

FALZON, Pierre. Manuel de ergonomía. España: Editorial Modus Laborandi, 2009.

GOMEZ, Cano. Cuestionarios: Ruido: Evaluación y acondicionamiento ergonómico. España: Editorial Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo, 1994.

HARRY, Cyril. Manual de medidas acústicas y control de ruido. España: Editorial McGraw-Hill, 1995.

MC.CORMICK, E. Ergonomía. España: Editorial Gustavo Gili, S.A, 1980.

MONDELO, Pedro; GREGORI, Enrique y BARRAU, Pedro. Ergonomía 1 Fundamentos. España: Editorial Mutua Universal, 1994. p. 112.

OCHOA, Juan y BOLAÑOS, Fernando. Medida y control de ruido. España: Editorial Marcombo, S.A. 1990.

PCE Ibérica S.L. Sonómetro PCE-322 A Instrucciones de uso. [En línea]. España. (Recuperado en 15 marzo 2017) Disponible en <http://www.pce-iberica.es/manuales/manual-pce-322a-nuevo.pdf>

PÉREZ, Constantino. Sonido y audición. [En línea]. España: Universidad de Cantabria. 2011. (Recuperado en 20 noviembre 2016.) Disponible en <http://personales.unican.es/perezvr/pdf/Sonido%20y%20Audicion.pdf>

REJANO, Manuel. Ruido industrial y urbano. España: Editorial Paraninfo S.A. 2000.

SERWAY, Raymond; JEWETT, John. Física para ciencias e ingeniera. México: Editorial Cengage Learning, 2008. Volumen 1 (Séptima edición).

VERA, Cesar. Fundamentos de seguridad y salud en el trabajo (SST). Colombia: Cesar Vera, 2015.

ANEXOS

ANEXO A. Certificado de calibración del Sonómetro



Alquiler y Venta de Equipos de Medición
para Seguridad Industrial,
Protección Personal, Salud Ocupacional y Medio Ambiente

CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN

FECHA DE RECEPCIÓN:	2016-10-10	FECHA DE SERVICIO:	2016-10-11
CLIENTE:	ROKA INDUSTRIAL SAS		
DIRECCIÓN:	CALLE 25 SUR N° 69 C - 61 BRR CARVAJAL BOGOTA		
INSTRUMENTO :	SONOMETRO	MARCA:	PCE
MODELO:	322A	SERIE:	2016022859
ORDEN DE SERVICIO:	11921		
UNIDAD UTILIZADA:	dB		

1- PRELIMINAR

ESTADO INICIAL		
PATRON EN dB	INDICACIÓN PRUEBA EN dB	ERROR dB
94	93.9	-0.1
114	113.9	-0.1

AJUSTE		
PATRON EN dB	INDICACIÓN PRUEBA EN dB	ERROR dB
94	94.1	0.1
114	114.0	0

1.2- DIAGNOSTICO

el equipo ingresa a verificación, se realiza prueba de funcionamiento encontrandolo sin ninguna falla.

2- PATRÓN UTILIZADO

EQUIPO	FABRICANTE	SERIE / LOTE	FRECUENCIA	No. CERTIFICADO
CALIBRADOR DE SONOMETROS	SVANTEK	17615	94-114dB	124 14002777

3-PROCEDIMIENTO REALIZADO

El Sonometro es sometido a pruebas en frecuencias de 94dB y 114 dB, con un mínimo de 10 pruebas por cada frecuencia, limpieza, del maletín y equipo, cambio de baterías, El equipo esta en optimas condiciones de servicio.

4- RESULTADOS

La siguiente tabla muestra los resultados de exactitud después del ajuste del instrumento.

PRUEBA DE EXACTITUD		
Patrón en dB	Promedio de Indicaciones en dB	Error en dB
94	94.1	0.1

PRUEBA DE EXACTITUD		
Patrón en dB	Promedio de Indicaciones en dB	Error en dB
114	114.0	0.0

5- OBSERVACIONES

- 1- El usuario, con base en el historial del equipo, es el que debe definir el programa de mantenimiento y/o verificación. El presente informe solo ampara las mediciones reportadas en el momento.
2. El informe sin las firmas autorizadas no tiene validez.

REALIZADO POR: **ROKA**
IONASERIO ALFARAS INDUSTRIAL S.A.S. 900617826-1 www.roka.com.co
 F-ST04-01 Técnico Mantenimiento
 Version 2

Calle 25 Sur No 69 c 61 Oficina 303 - Pbx. (+57-1) 472 28 07 - 749 87 96 - 320 945 06 46
www.roka.com.co - info@roka.com.co

ANEXO B. Encuestas realizadas a los trabajadores

Encuesta 1

Empresa: casabe
Área de trabajo: Planta de Inyección
Edad: 25 años
Tiempo en su puesto: 1 año
Hora: 9 AM - Nov 24

Marque con una x lo que usted crea conveniente

1. ¿Cree usted que en su jornada laboral tiene una exposición significativa al ruido?



NO

2. ¿Su labor desempeñada en la planta requiere altos niveles de atención?



NO

3. La emisión de ruido es generada por:



Labores desempeñadas por el propio trabajador



Fuentes ajenas al trabajador

4. ¿Su lugar de trabajo se encuentra a poca distancia de un equipo que genere una emisión de ruido importante?



NO

5. ¿Considera que la emisión de ruido es constante y continua a lo largo de su turno?



NO

6. ¿Le incomoda el ruido emitido por los equipos en su lugar de trabajo?



SI



NO

7. ¿El ruido generado en la planta le causa incomodidad para el cumplimiento de sus labores?

SI

NO

8. ¿Habitualmente debe subir su tono de voz para comunicarse, en la zona donde se presenta un alto nivel de ruido?

SI

NO

9. ¿Recientemente ha percibido que está presentando problemas auditivos?

SI

NO

10. A continuación se presenta una lista de efectos que pueden ser causados por el ruido. Marque con una x lo o los que ha presentado.

Efectos cardiovasculares (hipertensión)

Efectos hormonales (estrés)

Efectos sobre el sueño

Efectos sobre el rendimiento

Efectos psicosociales (irritabilidad)

11. ¿Utiliza algún elemento de protección personal para la emisión de ruido

Cuál? Diadema (Tipo copa)

Encuesta 2

Empresa: Canta Gallo
Área de trabajo: Planta de inyección
Edad: 42 años
Tiempo en su puesto: 26 meses
Hora de realización : 10 AM - NOV 25

Marque con una x lo que usted crea conveniente

1. ¿Cree usted que en su jornada laboral tiene una exposición significativa al ruido?

 NO

2. ¿Su labor desempeñada en la planta requiere altos niveles de atención?

 NO

3. La emisión de ruido es generada por :

Labores desempeñadas por el propio trabajador

Fuentes ajenas al trabajador

4. ¿Su lugar de trabajo se encuentra a poca distancia de un equipo que genere una emisión de ruido importante?

 NO

5. ¿Considera que la emisión de ruido es constante y continua a lo largo de su turno?

 NO

6. ¿Le incomoda el ruido emitido por los equipos en su lugar de trabajo?

 NO

7. ¿El ruido generado en la planta le causa incomodidad para el cumplimiento de sus labores?

NO

8. ¿Habitualmente debe subir su tono de voz para comunicarse, en la zona donde se presenta un alto nivel de ruido?

NO

9. ¿Recientemente ha percibido que está presentando problemas auditivos?

NO

10. A continuación se presenta una lista de efectos que pueden ser causados por el ruido. Marque con una x lo o los que ha presentado.

Efectos cardiovasculares (hipertensión)

Efectos hormonales (estrés)

Efectos sobre el sueño

Efectos sobre el rendimiento

Efectos psicosociales (irritabilidad)

11. ¿Utiliza algún elemento de protección personal para la emisión de ruido

Cuál? TAPON de ESPUMA

Encuesta 3

Empresa: Canta Gallo
Área de trabajo: Planta de Inyección
Edad: 35 años
Tiempo en su puesto: 2 años
Hora de realización: 10 AM - NOV 25

Marque con una x lo que usted crea conveniente

1. ¿Cree usted que en su jornada laboral tiene una exposición significativa al ruido?

NO

2. ¿Su labor desempeñada en la planta requiere altos niveles de atención?

NO

3. La emisión de ruido es generada por :

Labores desempeñadas por el propio trabajador

Fuentes ajenas al trabajador

4. ¿Su lugar de trabajo se encuentra a poca distancia de un equipo que genere una emisión de ruido importante?

NO

5. ¿Considera que la emisión de ruido es constante y continua a lo largo de su turno?

NO

6. ¿Le incomoda el ruido emitido por los equipos en su lugar de trabajo?

NO

7. ¿El ruido generado en la planta le causa incomodidad para el cumplimiento de sus labores?

 NO

8. ¿Habitualmente debe subir su tono de voz para comunicarse, en la zona donde se presenta un alto nivel de ruido?

 NO

9. ¿Recientemente ha percibido que está presentando problemas auditivos?

 SI

10. A continuación se presenta una lista de efectos que pueden ser causados por el ruido. Marque con una x lo o los que ha presentado.

Efectos cardiovasculares (hipertensión)

Efectos hormonales (estrés)

Efectos sobre el sueño

Efectos sobre el rendimiento

Efectos psicosociales (irritabilidad)

11. ¿Utiliza algún elemento de protección personal para la emisión de ruido

Cuál? Tapón de espuma.

ANEXO C. Fotografías de la visita a los campos

Esta imagen presenta el polimero utilizado en las plantas pilotos de inyección de polimeros de los campos Casabe y Cantagallo.



En esta imagen se observa el papel filtro utilizado en el patin de filtración.



En esta imagen se ilustra las líneas de flujo que comunican las bombas de inyección con los pozos.



En esta imagen se observa cómo se realizó una medida a la bomba de inyección del campo Casabe.



En esta imagen se observa cómo se encuentra distribuida la planta de inyección de polímeros del campo Casabe



En esta imagen se observa una bomba de inyección del campo Casabe



En esta imagen se evidencia a uno de los trabajadores de la planta explicando el procedimiento de la inyección de polímeros



En esta imagen se presenta la distribución de los containers del campo Cantagallo



En esta imagen se observa las líneas de flujo de unos de los pozos a los cuales se inyecta la solución de polimero



ANEXO D. Registro de las medidas realizadas en los campos Casabe y Cantagallo

TOMA DE MEDIDAS

Campo: Casabe
 Equipo de medida: Sonómetro
 Fecha: Noviembre 24 de 2016
 Personal en turno: Tres

Equipo	Posición	Nivel de ruido (dB)			Duración del turno
		Máximo	Mínimo	Promedio	
Bomba 2	Frente	88,9	83,2	86,05	12 Horas
Bomba 2	Frente	87,3	83,5	85,4	12 Horas
Bomba 2	Frente	89,5	83,7	86,6	12 Horas
Bomba 3	Frente	88,4	82,4	85,4	12 Horas
Bomba 3	Frente	88,3	82,5	85,4	12 Horas
Bomba 3	Frente	91,7	83,3	87,5	12 Horas
Bomba 4	Frente	88,6	81,2	84,9	12 Horas
Bomba 4	Frente	88,1	81,5	84,8	12 Horas
Bomba 4	Frente	89,2	80,3	84,75	12 Horas

TOMA DE MEDIDAS

Campo: Canta Gallo
 Equipo de medida: Sonómetro
 Fecha: Noviembre 25 de 2016
 Personal en turno: Cuatro

Equipo	Posición	Nivel de ruido (dB)			Duración del turno
		Máximo	Minimo	Promedio	
Unidad 11	Adelante	94,5	85,3	89,9	12 Horas
	Atrás	96,4	86,2	91,3	12 Horas
	Izquierda	95,3	83,9	89,6	12 Horas
	Derecha	96,2	84,8	90,5	12 Horas
Unidad 23	Adelante	99,5	90,2	94,85	12 Horas
	Atrás	100,1	91,9	96	12 Horas
	Izquierda	98,1	92,6	95,35	12 Horas
	Derecha	98,9	90,9	94,9	12 Horas
Unidad 15	Adelante	97,6	89,3	93,45	12 Horas
	Atrás	92,5	87,2	89,85	12 Horas
	Izquierda	95,7	85,3	90,5	12 Horas
	Derecha	96,4	88,7	92,55	12 Horas
Unidad 22	Adelante	95,9	87,3	91,6	12 Horas
	Atrás	94,6	88,2	91,4	12 Horas
	Izquierda	90,3	88,5	89,4	12 Horas
	Derecha	92,7	89,4	91,05	12 Horas

ANEXO E. Informe presentado al supervisor de las plantas piloto de los campos Casabe y Cantagallo

INFORME

MEDIDAS PREVENTIVAS PARA EL FACTOR DE PELIGRO RUIDO

Existen muchos peligros asociados a las labores desarrolladas en el sector petrolero, entre los cuales se encuentra el factor ruido debido a la presencia de equipos y maquinas que están en constante trabajo y que generan un alto nivel de ruido, la afectación más grave de este factor de peligro es la pérdida de la capacidad auditiva, sin embargo existen más problemas asociados que afectan la salud de los trabajadores expuestos como por ejemplo: la hipertensión, el estrés, la falta de sueño, la irritabilidad, la falta de concentración, alteraciones en el rendimiento laboral, entre otros; por esta razón se decidió realizar un medición sobre el nivel de ruido presente en las plantas de inyección de polímeros de los campos Casabe y Cantagallo.

De acuerdo al análisis de las mediciones realizadas los días 24 y 25 de noviembre de 2016 en las plantas de inyección de polímeros de los campos Casabe y Cantagallo, se sugieren las siguientes medidas preventivas para prevenir posibles afectaciones que pueda sufrir el personal.

- Es aconsejable realizar mantenimientos con mayor frecuencia a los equipos que conforman las plantas en caso de presentar un nivel del ruido mayor al habitual, además de realizar periódicamente lubricaciones a los equipos.

- Se diseña material interactivo en donde se presentan distintos factores a tener en cuenta en referencia al ruido, comenzando con conceptos básicos, además se presentan los niveles permitidos según la Resolución 1972 de 1990 seguido de las afectaciones que puede producir una exposición prolongada y finalizando con los controles y medidas preventivas para mitigar los riesgos ocasionado por el ruido. Este material se realiza con el fin de capacitar al personal de manera didáctica e ilustrativa.
- Se propone la implementación de silenciadores acústicos los cuales son diseñados para mitigar el ruido producido por los motores de los equipos, en este caso las bombas de inyección. Otra medida a implementar es disminuir el choque entre las piezas del equipo y en lo posible realizar un cambio de piezas de metal por partes plásticas, ya que estas son más silenciosas al chocar.
- Los equipos vibradores que se encuentran en contacto con el piso producen un nivel de ruido considerable, por ello se sugiere colocar las maquinas en colchones de caucho o materiales amortiguadores con el propósito de disminuir la vibración generada con el choque entre el equipo y el suelo.
- Es importante que siempre que los trabajadores estén expuestos al ruido utilicen protectores auditivos tipo copa los cuales brindan mayor protección mitigando en mayor medida el factor ruido generado por los equipos, proporcionando una mayor seguridad a los trabajadores; ya que los tapones de espuma no son adecuados para los niveles de ruido registrados, por no proporcionar una protección apropiada, además este tipo de tapones usualmente se colocan de manera incorrecta al no introducir completamente el tapón en el oído.
- Para el campo Cantagallo, se sugiere el uso de material de absorción sonora en los containers, ya que este material tiene la capacidad de absorber la energía del sonido disminuyendo los niveles de ruido presentes dentro del espacio cerrado,

existen diferentes tipos de estos materiales que pueden ser adaptados con facilidad en el recinto, además de ser factibles económicamente, estos materiales pueden ser: espumas, telas acústicas, alfombras, fibras minerales y vegetales.

- Realizar exámenes médicos periódicos con el fin de detectar algún tipo de afectación que pueda ser generada por la exposición al ruido, si es el caso, se recomienda limitar los tiempos de exposición del trabajador con el fin de evitar complicaciones más graves a futuro.

Estas medidas preventivas se realizan con el fin de ser analizada su viabilidad para una posible implementación en las plantas pilotos de inyección de polímeros, con el fin de evitar problemas futuros que pueden comprometer al personal de las plantas.

Ingrid Carolina Gómez Moncada

María Andrea Pico Villamizar

Estudiantes de ingeniera de petróleos

Universidad Industrial de Santander

ANEXO F. Carta de recibido del informe por parte de la empresa Ecopetrol

Bucaramanga, 24 de abril de 2017

Señoritas:

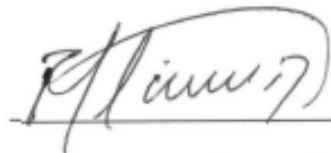
Ingrid Carolina Gómez Moncada

María Andrea Pico Villamizar

Universidad Industrial de Santander

Por medio de la presente certifico que he recibido el informe sobre las medidas para la prevención del factor de peligro ruido, generado por las plantas de inyección de polímeros de los campos Casabe y Cantagallo, el cual será revisado para su evaluar su posible implementación.

Cordialmente,



ROBINSON JIMÉNEZ DÍAZ

Gerencia de Innovación y Tecnología de Exploración & Producción

Instituto Colombiano del Petróleo