

REDUCCIÓN DE RIESGOS DE ENFERMEDADES LABORALES UTILIZANDO ERGONOMIA AMBIENTAL EN PROCESO DE MANUFACTURA: UTILIZANDO UN ENFOQUE DE SISTEMAS

Manuel Ernesto Zambrano Hernández ¹

Luz Elena Tarango Hernández ²

Diego Adiel Sandoval Chávez ³

Lizette Alvarado Tarango⁴

^{1,2,3,4} Tecnológico Nacional de México,
Campus Instituto Tecnológico de Cd. Juárez

Corresponding author: Diego Adiel Sandoval Chávez
E-mail: dsandoval@itcj.edu.mx

Abstract: The two performance indicators of the company in the area of security are the incident rate and compliance with corporate standards. Both are quantifiable and focused on employees, in turn it is important the legal compliance of the company in matters of health and safety that marks the Ministry of Labor and Social Prevention (STPS). Ganime et al (2010) mentions that one of the predominant environmental risks in the industrial sector is noise. Cheremisinoff (1996) says that noise can result in hearing damage, it can also alter cardiovascular, neurological, human performance functions; In addition, stress is generated, which results in physiological and psychological problems. In the company in question, noise is generated in the extrusion process, where they have 95 to 105.3 decibels, which is above what is allowed, and also does not comply with the Official Mexican Standards related to safety conditions for work centers. This affects the health of the workers and, viewed coldly, generates a cost to the company. Studies are required to reduce the risks associated with this condition, using the principles of environmental ergonomics and once the cost benefit is analyzed, the necessary changes are brought to implementation, it is measured again to comply with the regulations. In addition to the above, a comfort measurement will be carried out to find if there was an improvement in the perception of the workers. All this always observing the system as a whole.

Keywords: Noise, ergonomics, occupational diseases, occupational hazards.

Introducción

Los hechos que ponen en riesgo la vida o la salud de las personas han existido desde siempre, en consecuencia, el ser humano ha tenido la necesidad de protegerse. Pero, cuando estos hechos o condiciones de riesgo se relacionan con el trabajo, históricamente, el tema de la producción ha recibido mayor importancia que el de la seguridad, ya que es sólo recientemente que el ser humano, como persona natural y como persona jurídica, ha tomado conciencia de la importancia que reviste la salud

ocupacional y la seguridad en el trabajo. Esto no quiere decir que no haya habido dignos antecedentes que precedieron y que sirvieron de base para el actual campo de la seguridad. En ese sentido, Lizandro (2012) realiza una investigación para rescatar los eventos que constituyen hitos importantes para la institucionalización de la seguridad industrial como profesión y como disciplina científica dentro del marco de la historia. Ahora bien, la salud ocupacional y la seguridad industrial conforman un binomio inseparable que garantiza la minimización de los riesgos laborales y la prevención de accidentes en el trabajo.

La empresa en donde se realizó el proyecto inició operaciones en el año 1902 en Chicago, Illinois; en 2006 cierra operaciones en EUA y se traslada esto con el fin de lograr aprovechar ahorro en los costos de la manufactura. Para la organización, la forma de hacer negocios se mide considerando: seguridad, calidad, entregas, costo e inventario, por lo tanto, la seguridad de los asociados o trabajadores es la prioridad número uno y el primer métrico en orden de importancia. Los dos indicadores de desempeño de la compañía en el rubro de seguridad son la tasa de incidentes y el cumplimiento en estándares corporativos, también es importante el cumplimiento legal en materia de salud y seguridad que marca la Secretaría del Trabajo y Prevención Social (STPS). Los esfuerzos están enfocados en reducir los riesgos y enfermedades o accidentes de trabajo a los cuales pueden estar expuestos los asociados al realizar sus actividades diarias, es así que, cuidan los riesgos ambientales, tales como manejo y uso de químicos, ruido u otros agentes peligrosos. Las Normas Oficiales Mexicanas en materia de higiene son: ruido, iluminación, contaminantes químicos, radiaciones, vibraciones y condiciones térmicas. La organización tiene la obligación de emprender las acciones necesarias para cumplir con ellas y por lo tanto reducir el riesgo.

Para Ulloa-Enriquez (2012) quien propone una jerarquía, la cual está considerando primero en la eliminación del riesgo, segundo la sustitución de lo que está generando ese riesgo, después propone que se usen controles de ingeniería, y controles administrativos, y por último dotar de equipo de protección personal. Si es posible eliminar el riesgo, ya no es necesario hacer todas las demás, pero en la mayoría de los casos no es así, por lo tanto, se deben considerar todas.

Como uno de los procesos en la empresa es la extrusión de cables, este es el principal generador de ruido, debido a que usa el aire comprimido para limpieza y secado de los cables una vez que pasan por la máquina. Los niveles que se tienen son de 95 a 105.3 dB(A) utilizando un sonómetro calibrado, esto por encima de lo establecido por la norma que es 90 dB(A) para ocho horas de exposición (Tabla 1) cabe aclarar que dB(A) es una corrección que se aplica a los niveles de presión sonora medidos para asemejarlos a la percepción subjetiva que tenemos de ellos, obteniendo así un resultado de la medición en dB(A). Estos datos fueron proporcionados por el departamento de seguridad de la empresa y el estudio que fue realizado por la compañía de proyectos ambientales externa en el 2017. Además, Cheremisinoff (1996) menciona que el ruido puede resultar en daño auditivo y este puede ser temporal o permanente. También puede alterar las funciones cardiovasculares, neurológicas, el rendimiento humano; además genera estrés, el cual resulta en problemas fisiológicos y psicológicos. Por lo tanto, se tienen costos relacionados con servicios médicos y no se ha ponderado aun, pero existen otros costos ocultos por faltas, retrabajos, estrés entre otros.

Se planteó una pregunta de investigación de que una vez detectado la fuente generadora de más niveles de ruido: ¿Cuál es el impacto en los niveles de ruido

posteriores a la aplicación de los cambios adecuados de ingeniería y los principios de la ergonomía ambiental basándose en la normatividad aplicable?

También es importante declarar que son muchos los riesgos ambientales, entre otros: temperaturas, vibraciones, agentes químicos o biológicos, posturales etc. para este estudio se reporta solo lo relacionado al ruido, aunque en la investigación completa se analizaron otros dos factores más.

Marco Teórico

Este apartado está compuesto por la revisión de literatura relacionada con la definición de ergonomía ambiental y también se abordan temas relacionados con los antecedentes históricos, tipos de riesgos, cumplimiento legal, controles y aplicaciones.

Ergonomía ambiental

Entre otras la Asociación Aragonesa de Ergonomía (2016) y IEA (2016), definen la Ergonomía como la disciplina científica que se ocupa de la comprensión de la interacción entre los seres humanos y los demás elementos de un sistema. Entre los objetivos de la ergonomía está contemplado el logro de la satisfacción en el trabajo, considerando las responsabilidades, actitudes, creencias y valores para el desarrollo personal, así como las diferencias individuales y culturales. Por otra parte, (Parsons, 2000) la define como el amplio conocimiento de las características del cuerpo humano y su adaptación al diseño de un sistema. La ergonomía ambiental se encarga de estudiar el medio ambiente y su relación con el ser humano desde una perspectiva ergonómica.

Por otra parte Piñeda (2014) citando a Silva (2011), expresan que la Ergonomía Ambiental analiza e investiga las condiciones externas al ser humano que influyen en su desempeño laboral. Dentro de estas condiciones se encuentran los factores ambientales físicos como son: nivel térmico (refrigeración y calefacción), nivel de ruido y vibración, nivel de ventilación (aire y humedad relativa) y nivel de iluminación; estudiarlos ayudará a diseñar y evaluar mejores condiciones laborales e incrementar el confort, la productividad y la seguridad.

Tipos de riesgos

La Universidad Estatal de Iowa afirma que los factores de riesgos ergonómicos ambientales pueden ser dañinos para la salud, entre los más importantes se encuentran la vibración, ruido, iluminación y contaminantes químicos y biológicos. La Norma Oficial Mexicana NOM-011-STPS-2001 “condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido”, establece las características, niveles y tiempo de exposición que son capaces de alterar la salud de los trabajadores; los niveles máximos y los tiempos máximos permisibles. También establece el Nivel de Exposición a Ruido (NER) en la tabla siguiente se presenta para las horas de exposición según esta NOM.

Tabla 1. Límites máximos permisibles de exposición al ruido

NER	TMPE
90 dB (A)	8 horas
93 dB(A)	4 horas
96 dB(A)	2 horas
99 dB(A)	1 horas
102 dB(A)	30 minutos
105dB(A)	15 minutos

Fuente: Apéndice A de la NOM-011-SPTS-2001

La exposición a ruido laboral puede resultar en bajo desempeño del trabajador, cambios de comportamientos, calidad de vida, enfermedades y accidentes laborales. (Ganime J.F., 2010). Por su parte Báez R. (2018) refiere que la pérdida auditiva puede resultar en afectación desde la vida social y de la salud del trabajo, conforme el tiempo transcurre y se desarrolla. En la Tabla 2 se presenta las enfermedades laborales reportadas en el IMSS (Instituto Mexicano de Seguro Social) y la principal enfermedad laboral es la hipoacusia, la cual conforme ha pasado los años, los números de casos han incrementado. La mayoría de estas enfermedades tienen sus orígenes en malas condiciones ergonómicas ambientales en los centros de trabajo, llama también la atención en el incremento en las lesiones músculo-esqueléticas.

Tabla 2 Estadística de Enfermedades Laborales en México

NATURALEZA DE LA LESIÓN	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
TOTAL	3466	4105	4853	6364	8301	12009	12622
Hipoacusias	1286	1341	1333	1489	1636	1790	1873
Neumoconiosis	641	792	768	914	859	1106	1017
Afecciones respiratorias por inhalación de gases, humos, vapores y sustancias orgánicas	320	239	195	201	378	362	378
Dermatitis por contacto de irritantes	102	88	132	165	323	568	580
Dermatitis por contacto alérgica	36	35	59	77	95	-	-
Enfermedades el ojo	23	35	66	174	507	993	1364
Intoxicaciones	36	33	59	77	95	-	-
Trastornos mentales y del comportamiento	37	31	34	91	95	140	168
Enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores	53	71	71	58	-	-	-
Enfermedad vascular periférica	10	22	14	51	50	51	76
Cáncer ocupacional	1	3	6	15	15	32	35
Enfermedades musculo esqueléticas	546	857	1186	2040	2845	3991	4257
Enfermedades infecciosas y parasitarias	45	42	67	283	124	217	229
Varios de frecuencia menor	326	516	646	663	1005	1664	1694

Fuente: Instituto Mexicano de Seguro Social reportado por (Vicenteño, 2017)

Cumplimiento Legal

Según la STPS, las Normas Oficiales Mexicanas de seguridad y salud en el trabajo (Secretaría del Trabajo y prevision social, 2002), se encuentra reguladas por contenidos

en la Ley Federal del Trabajo, (LFT) con la finalidad de establecer las condiciones de seguridad en los centros de trabajo, prevenir riesgos, lesiones y enfermedades. En total son ocho Normas relacionadas Oficiales Mexicanas aplicables todas ellas; se encuentran en el Diario Oficial de la Federación, como obligatorias de cumplimiento en materia de salud. Van desde contaminantes por sustancias químicas, radiaciones, condiciones térmicas elevadas o abatidas, vibraciones e iluminación. En este sentido la Secretaría de Trabajo y Previsión Social (STPS) realizó una Guía para la evaluación del cumplimiento de la Normatividad en seguridad y salud en el trabajo objeto impulsar que las empresas a diseñen y operen Sistemas de Administración en Seguridad y Salud en el Trabajo, en corresponsabilidad de empleadores y trabajadores, a partir de estándares nacionales e internacionales, y con sustento en la normativa vigente, a fin de favorecer el funcionamiento de centros de trabajo seguros e higiénicos. Con esta guía, la STPS provee un instrumento efectivo para evaluar el cumplimiento de la normatividad en seguridad y salud en el trabajo, que al mismo tiempo permite determinar las medidas preventivas y correctivas por adoptar, con fechas compromiso de realización, para de esta manera contribuir al establecimiento de centros de trabajo seguros e higiénicos, mediante la autogestión y mejora continua de la seguridad y salud laborales (Secretaría de Trabajo y Previsión Social, 2015).

Controles

El control es el proceso mediante el cual se instrumentan las medidas de seguridad, según Reglamento Federal de Seguridad y Salud en el Trabajo de México, derivadas de la evaluación de contaminantes del ambiente laboral. Los controles de los riesgos son la base para definir aquellos que se deben de aplicar o bien mejorar para minimizar los riesgos. Como lo muestra la figura 3 Los controles cuentan con una jerarquía, los cuales son eliminación, sustitución, controles de ingeniería, controles administrativos y equipo de protección personal (Ulloa-Enriquez, 2012).

Figura 3 Jerarquía del control de los riesgos



Fuente: Ulloa (2012)

Empezando por el primer control según la norma ISO 45001:2018, la eliminación es muy fácil de entender, cuando exista un riesgo se tiene que tratar de eliminar en su totalidad. La sustitución está muy ligada con el anterior, si se tiene la posibilidad de sustituir el elemento por otro que menos dañino, hay que hacerlo. En el siguiente nivel se encuentran controles de ingeniería, es decir, implementar controles o tecnologías que

permitan reducir el riesgo y tenerlo bajo control apropiado. Los controles administrativos, encontramos por ejemplo turnos de trabajo, rotación de puestos y entrenamiento al personal. Por último, se encuentre el uso de equipo de protección personal, el cual tiene que ser suministrado al trabajador para prevenir el riesgo existente.

Con la finalidad reducir la exposición al ruido, la NOM-011-STPS sugiere medidas de control las cuales el propósito es de reglamentar y cuidar la salud de los trabajadores. Destacan la implementación de mantenimiento correctivo y preventivo a las fuentes generadoras de ruido, acondicionamiento acústico de superficies, instalaciones de cabinas envolventes, modificaciones al proceso, rotación de personal, programación de la producción, tiempos límites para ciertas tareas y el uso de equipo de protección personal.

Los principios de prevención y control de la Oficina Internacional del trabajo (2001) recomiendan que los empleados deberían realizar periódicamente en su lugar de trabajo, evaluaciones de las situaciones de peligro y riesgo para la seguridad y la salud derivados de factores ambientales peligrosos y deberían poner en práctica las medidas de control necesarias, con el fin de reducirlas o minimizarlas. Dicha evaluación se le debería encomendar a la persona o las personas competentes o los representantes de los trabajadores y que cuenten con instrucción, información y capacitación.

Estudios del confort

La definición que le otorga la Real Academia Española a la palabra "confort", está relacionada con la comodidad y el bienestar del cuerpo, por lo tanto, este se vincula en especial con las funciones del cuerpo que puedan verse afectadas, como la audición, la visión, el sistema nervioso o los problemas articulares generados por el exceso de vibraciones. Hablar entonces de "confort" significa eliminar las posibles molestias e incomodidades generadas por distintos agentes que intervienen en el equilibrio de la persona.

Existen personas que son más sensibles que otras, al igual que existen actividades que requieren de distintos niveles para estar dentro de los límites del confort. No obstante, es posible delimitar ciertos rangos o patrones de niveles de confort producto de estudios realizados por diversas instituciones internacionales a través de las estadísticas, que se aceptan en general como valores admisibles para las distintas actividades humanas. Han sido muchos los especialistas, además de organismos internacionales que se han dedicado al estudio de este tema. La Organización Mundial de la Salud (OMS), define el confort como "un estado de bienestar físico, mental y social". (Montañana, 2011).

Según Baquero (2018) desde hace décadas se viene estudiando los efectos de la exposición al ruido y se han establecido políticas y regulaciones en las ciudades sobre los niveles permitidos, mediante el enfoque físico se han elaborado mapas de nivel de ruido, sin embargo, investigaciones recientes demuestran que estas actuaciones no son tan representativas de la evaluación de confort acústico y percepción que causa el sonido en las personas, pues estos se relacionan también con otros factores como el tipo de fuente del sonido, las características personales del receptor, entre otros; y no solamente con las características físicas del sonido.

Factores de confort

Son aquellas condiciones propias de los usuarios que determinan su respuesta al ambiente. Son independientes de las condiciones exteriores y se relacionan con las características biológicas, fisiológicas, sociológicas o psicológicas de los individuos. Los factores personales, tales como, ropa (grado de aislamiento), tiempo de permanencia (aclimatación), salud y color de la piel, historial lumínico, visual y acústico, sexo, edad, peso (constitución corporal), son los más utilizados para el análisis del confort, ya que es más fácil su medición. Existen fórmulas y formas de medición que han permitido obtener parámetros para estos factores; con el objetivo de evaluar las condiciones del lugar de trabajo en función de la persona y de la tarea que realiza.

Los factores socioculturales por ser factores más subjetivos presentan mayor complejidad para su análisis, además sólo permiten una evaluación cualitativa (Montañana, 2011).

Confort acústico

La primera molestia que ocasiona el ruido es ese malestar que se siente cuando interfiere con la actividad que se está realizando o cuando interrumpe el reposo. Entre las afecciones que pueden causar este contaminante están: a) La interferencia en la comunicación. Los ruidos muy fuertes impiden que la comunicación se dé normalmente ya que, para hacerlo, se ven obligados a alzar mucho la voz o a acercarse al oído de la otra persona. b) Pérdida de atención, de concentración y de rendimiento. Un ruido repentino producirá distracciones que reducirán el rendimiento en muchos tipos de trabajos, especialmente en aquellos que exijan un cierto nivel de concentración. Tareas como la lectura, razonamiento lógico y algunas que requieren de respuesta psicomotriz, pueden verse limitadas por los ruidos intensos. c) Trastornos del sueño: El ruido influye negativamente sobre el sueño, en mayor o menor grado según peculiaridades individuales, a partir de los 30 dB(A). d) Daños al oído: A veces se piensa que solo un ruido muy fuerte y repentino, como el de una explosión, puede dañarnos el oído o hacernos perder la audición, sin embargo, la exposición frecuente o continua a ruidos como motores e incluso música muy alta, pueden causar daños en el aparato auditivo. Hay varios tipos de "sordera" según la lesión que se produzca en el oído (Montañana, 2011; Baquero, 2018).

Aparte del nivel de ruido equivalente se debe considerar otra serie de parámetros físicos como la distribución de frecuencia y temporal del ruido, condiciones acústicas de la sala (reverberación producida por la reflexión paredes, suelos, techos y objetos, etc.).

Además, De Anta (2013) menciona que el confort acústico es aquella situación en la que el nivel de ruido provocado por las actividades humanas resulta adecuado para el descanso, la comunicación y la salud de las personas. Para conocer y evaluar el malestar de una persona o de un colectivo en un ambiente de ruido, es necesario crear una escala que relacione la respuesta subjetiva de las personas con los valores alcanzados por un indicador que dependa de las características físicas del ruido. Existen diferentes índices de valoración de ruido, como son: el Nivel de Presión Sonora (NPS), el Nivel Sonoro Continuo Equivalente, el Nivel Sonoro Diario Equivalente, el Nivel de Interferencia Conversacional (PSIL), las Curvas de valoración NR (Noise Rating), el Tiempo de reverberación (TR), el Índice de ruido en oficinas (IRO), etc.

Existe un instrumento llamado SAS-2000, que trabaja bajo la NTP-503, es un dispositivo creado para medir el confort acústico de las salas en las que se albergan personas que desarrollan cualquier tipo de actividad, como pueden ser oficinas, hospitales, bibliotecas, salas de espera, comedores, aulas, etc. Este dispositivo clasifica el ambiente en el que estamos en tres tipos mediante un semáforo el cual se irá adaptando a ellos dependiendo del valor del IRO (índice ruido en oficinas). El instrumento consta de las siguientes preguntas que van desde 1, muy malo, hasta el 10 muy bueno, aparte de la edad y el sexo y hace los siguientes ítems:

- a) Según su opinión personal, el nivel sonoro en este recinto es:
- b) Según su opinión personal, ¿en qué medida puede mantener una conversación adecuada en este recinto?
- c) Según su opinión personal, ¿se encuentra usted cómodo en este ambiente respecto al nivel de ruido?

Aplicaciones

En una investigación realizada por Centro Estatal de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades (2017) se detallan los efectos negativos a la salud por el ruido. El sueño se ve afectado al no poder conciliarlo, interrumpirlo y se altera la profundidad del sueño. Respecto a los efectos de las funciones fisiológicas, estudios en personas expuestas al ruido, dieron como resultado que se incrementa la tasa cardíaca y la resistencia periférica, incrementa la presión sanguínea, la viscosidad de la sangre y los niveles de lípidos en sangre. El ruido súbito e inesperado provoca también provoca reacciones involuntarias en las personas. Se ha demostrado que el ruido puede perjudicar el rendimiento de los procesos cognitivos, sobre todo en trabajadores y niños. Las funciones dañadas por el ruido se encuentran la lectura, la atención, la solución de problemas y la memorización. El ruido también puede distraer y puede producir un efecto desestabilizante como resultado de una respuesta ante una alarma. La correlación entre la exposición al ruido y la molestia general es mucho mayor en un grupo que en un individuo. El ruido por encima de 80 dB(A) puede reducir la actitud cooperativa y aumentar la actitud agresiva. Por otra parte, se cree que la exposición continua a ruidos de alto nivel puede incrementar la susceptibilidad de los escolares a sentimientos de desamparo.

En un estudio de una empresa localizada en el centro de México, dedicada a la manufactura de sistemas eléctricos, se inició con las bases para iniciar la gestión de seguridad y salud ocupacional para cumplir con las normas mexicanas, se usó la metodología HAZID (Hazard Identification) para la identificación de peligros en el lugar de trabajo, con el fin de establecer las medidas correctivas y de control, entre otros resultados muy interesantes se detectaron riesgos eléctricos, mecánicos, físicos, químicos, biológicos, ergonómicos y psicosociales. También se mencionan entre los riesgos físicos la existencia de ruido en las áreas de producción. (Rivera, 2020).

Los humanos perciben los ambientes a través de la interacción e integración entre varios estímulos sensoriales. Mientras la investigación sobre la interacción multisensorial ha aumentado en las últimas décadas en los campos de la cognición, neurociencia y neurofisiología, el efecto de la interacción multisensorial en la percepción ambiental interior, incluyendo el confort térmico, el confort acústico, el confort visual y el confort ambiental interior, no ha sido comprensible en este estudio investigó la influencia de la interacción multisensorial en la confort acústico, confort térmico, confort

visual y confort ambiental interior con tres ambientes físicos interiores factores, es decir, condiciones acústicas, térmicas y de iluminación en un laboratorio controlado ambientalmente. Se eligieron tres temperaturas ambiente homogéneas (20, 25 y 30 ° C) y niveles de iluminancia (150, 500 y 1000 lx). Para cada una de las nueve configuraciones, cuatro tipos diferentes de sonido (balbuceo, ventilador, música y agua) con cuatro niveles de sonido (45, 55, 65 y 75 dB(A)) se presentaron durante 25 segundos a cada uno. 60 estudiantes universitarios participaron en todas las configuraciones de prueba y proporcionaron respuestas sobre su comodidad subjetiva de sentidos discretos y el ambiente interior general. Los resultados indican que el confort acústico aumenta con la termo neutralidad, el confort térmico aumenta con una disminución en el nivel de ruido a 500 lx, y la comodidad visual aumenta con una disminución en el nivel de ruido en la termo-neutralidad. El confort ambiental interior aumenta con una disminución del nivel de ruido en el termo neutralidad en condiciones más brillantes. Aunque un factor ambiental físico específico en el interior tiene el mayor efecto en el correspondiente confort sensorial, otros factores físicos también afectan la percepción del confort subjetivo. En estado estable de condiciones térmicas y de iluminación con estímulos de sonido variables en el tiempo, el efecto de los factores acústicos fue el máximo en confort ambiental interior, seguido de temperatura ambiente e iluminación. Por lo tanto, puede ser llegar a la conclusión de que el impacto de la acústica en el confort ambiental interior fue el mayor entre los tres Factores ambientales probados en este estudio. (Wonyoung Yanga, 2019).

Materiales y etapas de desarrollo

Los materiales y equipos utilizados fueron: Una PC, equipo de medición sonómetro, equipo para el secado del cable, válvulas reguladoras de salida de aire comprimido, paneles y cajas acústicas para el ruido y software.

En la etapa 1 de la investigación, se realizó una búsqueda exhaustiva de los datos con el fin de recompilar toda aquella información histórica disponible, para partir de ahí dar soporte al problema. La Oficina Internacional del trabajo (2001) también propone que la primera fase de evaluación debe incluir la inspección del lugar de trabajo con el fin de identificar:

- a. Los factores ambientales peligrosos presentes o que podrían presentarse, incluyendo las sustancias peligrosas; las radiaciones ionizantes y no ionizantes; las radiaciones ópticas peligrosas; los campos eléctricos o magnéticos; el ruido y la vibración; los valores extremos de temperatura y humedad y la organización del trabajo
- b. las actividades que podrían causar la exposición de los trabajadores u otras personas
- c. a los factores ambientales peligrosos identificados, incluidos los procedimientos relativos al mantenimiento, la limpieza y las emergencias.

En la etapa 2 se busca los datos e información verídica para plantear de forma clara el problema actual que existe y conocer las deficiencias que se tienen y afectar el nivel de ruido. También recomienda lo mismo, debería procederse a la recopilación de información relativa a los factores ambientales peligrosos presentes o que podrían presentarse, con el fin de determinar tanto la magnitud e importancia de cualquier situación de peligro o riesgo para la seguridad y la salud que podría presentarse, incluyendo la relevancia de la organización del trabajo, así como la practicabilidad de

diversos métodos de control. La información debería incluir la que facilitan los proveedores, así como la que es de dominio público. La determinación de la magnitud de la situación de peligro o del riesgo debería incluir la determinación de la exposición de los trabajadores a los factores, salvo que exista otra información adecuada para cuantificar el riesgo. Los niveles de exposición deberían compararse con los límites de exposición u otras normas prescritos por la autoridad competente. Cuando tales límites o normas no existan, deberían compararse con otras normas nacionales o internacionales reconocidas. (Oficina Internacional del trabajo, 2001).

La etapa número 3 permitirá definir claramente el alcance y las limitaciones en la investigación, es indispensable delimitar que se puede hacer con los recursos disponibles en la empresa y que esos cambios representen beneficios. Siendo una investigación dedicada a la implementación para mejorar el nivel de riesgo ocasionado por el ruido, durante la etapa siguiente se hizo una intervención directa en las variables para modificarlas, de tal qué manera que las variables experimenten una mejora. Al igual que lo propone Oficina Internacional del trabajo (2001) que menciona deberían determinarse si pueden eliminar situaciones de peligro o riesgos para la seguridad y la salud. En caso de que no puedan eliminarse, el empleador debería estudiar la manera de reducirlos al nivel mínimo practicable o, cuando menos, a un nivel que, de acuerdo con los conocimientos e informaciones nacionales e internacionales disponibles en ese momento, no cause lesiones si la exposición se mantiene a lo largo de la vida laboral.

En la etapa 4, se volvió a medir los niveles de ruido una vez implementadas los cambios en los quipos o las mejoras. Para llevar acabo de nuevo las nuevas lecturas, se utilizaron los instrumentos de medición apropiados y calibrados. También hay que hacer un estudio t de variables paridas para determinar si hay cambio significativo estadístico. También propone que se debería revisar la evaluación siempre que se produzca un cambio importante en el trabajo objeto de la misma, o cuando existan motivos para dudar de su validez. Se debería incorporar la revisión en un mecanismo de responsabilidad de la gestión que garantice la puesta en práctica de las medidas que se hayan considerado necesarias a efectos del control en la primera evaluación. Los motivos que indican una pérdida en evaluación son: Quejas de los trabajadores, accidentes, incidentes o enfermedades laborales, mediciones dudosas posteriores, disponibilidad de información actualizada sobre las situaciones de peligro, modificaciones en la instalación, incluyendo las medidas de control técnico, los cambios en el proceso o en los métodos de trabajo o en los volúmenes de producción que den lugar a una alteración de los factores ambientales peligrosos.

Por último, durante la etapa 5, se medirá el confort en los trabajadores antes y después para detectar la percepción de los cambios en ellos. Cabe mencionar que no está completo este punto ya que en primer lugar no se han modificado todas las máquinas y, en segundo lugar, por la situación ambiental del Covid no se ha estado laborando normalmente. También en esta etapa se generarán las conclusiones generales y recomendaciones.

Desarrollo

Como se cita en el apartado anterior, se dará una explicación del proceso de extrusión de plástico. En la Figura 4 se presenta un diagrama a bloques del proceso de extrusión de cable, el cual consiste en forrar con plástico protector el cable desnudo de cobre, mediante una máquina llamada extrusora, la cual derrite el plástico a una

temperatura aproximada de 150 grados Celsius y forra el cable desnudo de cobre, después para a una canaleta con agua que enfría el cable, estos es tiene un pequeño dispositivo que se llama “air wipe”, que seca el cable con aire comprimido y esta es la fuente principal de ruido esta parte es crítica, ya que, si no se seca debidamente el cable, puede presentar desperfectos en la aislación o falla de prueba eléctrica. Después el cable se lleva al área de empaque.

Figura 4 Proceso de Extrusión de Cable



Fuente: Elaboración propia

Etapa 2; se tienen dos evidencias de que la fuente mayor de ruido proviene del área de secado de las máquinas extrusión, una es la información de por la compañía proyectos ambientales externa a la compañía en el 2018, en la Tabla 5 se presentan dichos resultados, (la fuente original es de la compañía que hizo el estudio y no se puede cambiar el formato). Como se podrá observar se tienen señalados las áreas que sobrepasan la norma mexicana.

Tabla 5 Resultado del Año 2018 de Niveles de Ruido en el Área de Extrusión

ZONA	UBICACIÓN	P.O.E	NSCE	NER (POR ZONA)	% DOSIS			TMPE (HORAS)
					1	2	PROM	
ZONA 01 DATA	EXTRUSORA 17	1	83.22	82.22	149.3	33.6	91.5	NO APLICA
	TAKE UP 17		80.90		35.6	29.1	32.4	
	PUT UP 37 Y 38	2	81.62	84.35	31.1	45.2	38.2	NO APLICA
	TWINNER 66-71		86.02		94.4	100.5	97.5	
	EXTRUDER 20	1	89.47	94.29	325.0	141.8	233.4	2 horas 58 min
	CAPSTAN 20	Área	95.52		1076.4	1252.4	1164.4	
	PUT UP 39 Y 40	2	83.97	85.99	69.6	52.8	61.2	NO APLICA
	CABLER Y TWINNER	2	87.37		88.4	195.9	142.2	
	EXTRUDER 22	1	84.07	86.30	49.5	77.9	63.7	NO APLICA
	CAPSTAN 22	Área	87.77		159.8	167.3	163.6	
	EXTRUDER 21	1	91.22	96.12	348.8	319.3	334.1	1 hora 56 min
	TAKE UP 21		98.37		999.0	2838.3	1918.7	
	EXTRUDER 19	1	87.92	89.91	165.5	139.5	152.5	NO APLICA
	CAPSTAN 19	Área	91.27		269.6	385.8	327.7	
	EXTRUDER 23 Y 24	2	81.92	88.51	49.4	33.0	41.2	NO APLICA
CAPSTAN & TAKE UP 23 Y 24.	Área	91.02	293.8		330.2	312.0		

Fuente: Compañía proyectos ambientales

Significado de las iniciales de la Tabla 5: NSCE: Nivel sonoro continuo equivalente. NER: Nivel de exposición a ruido. % Dosis: Número que proporciona el

medidor personal de exposición ruido y que resulta de la integración de los niveles sonora "A", durante el periodo de medición T. TMPE: Tiempo máximo permisible de exposición

La otra fuente de información en la Figura 6 niveles de ruido en proceso de extrusión utilizando sonómetro calibrado, se muestran los decibeles en las fuentes de ruido, donde se observan decibeles de 95 a 105,3, las mediciones fueron tomadas el día 4 de abril del 2019 durante el turno nocturno en el área de extrusión.

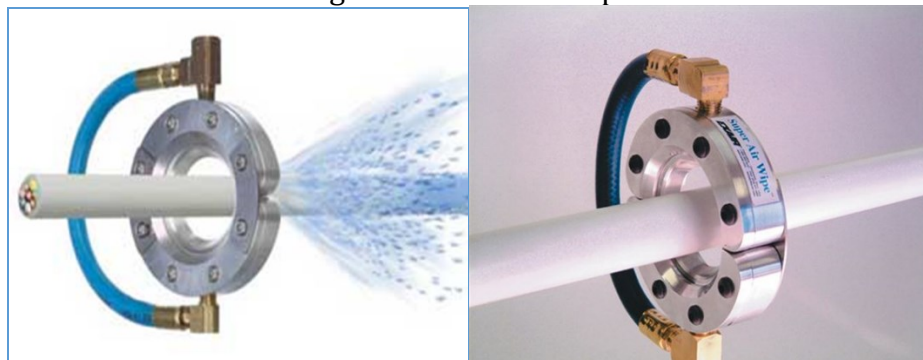
Figura 6 Niveles de Ruido en Proceso de Extrusión Utilizando Sonómetro Calibrado



Fuente: Elaboración propia

Etapa 3, se realizó una búsqueda exhaustiva de los medios físicos, artefactos, equipo que pudiera reducir los niveles de ruido en las máquinas, y se decidió por el dispositivo air wipe, un secador diferente al que ya se tiene donde una de la especificación es que cumple con la normativa de OSHA (por sus siglas en ingles de Occupational Safety and Health Administration), respecto a los niveles de ruido (abajo de los 90 y 85 d(A)). En la figura 7 se muestran ejemplos, las aplicaciones son que seca después de lavado, pintado, enchapeado, soplado de polvos y contaminantes, sirve para extrucción de piezas frías o calientes, limpia uniformemente las superficies, entre otras muchas más. Y las ventajas son: silencioso, bajo consumo de aire, flujo de aire uniforme en todo el diámetro, no se necesita electricidad y no tiene partes móviles, diseño delgado, ligero, fuerte y fácil de instalar, y cumple con los requisitos máximos de OSHA de presión y ruido.

Figura 7 Nuevo Air wipe



Fuente: Proveedor del dispositivo

En la Figura 8 se muestran los antiguos air wipe que estaban en las máquinas y los niveles de ruido que generaban, de los cuales ya se inició con el proceso de reemplazo cada uno cuesta alrededor de 400-600 dólares, se llevan ya instalados 18 de ellos.

Figura 8 Air wipe anteriores y los niveles de ruido que generaban



Fuente: Elaboración propia

Etapa 4 Una vez que se instalaron la mayoría de los nuevos dispositivos, se dio a la tarea de volver a medir los niveles de ruido en la Tabla 8 se presenta información del antes y después, las fechas que se midieron y la diferencias entre ellos. Cabe mencionar que no se han completado en todas las máquinas, pero con estas es un poco más del 80% del total. También es importante destacar que la inversión económica es muy alta y empezar con los cambios iniciales en algunas máquinas, ayudo a la administración a tomar la decisión de cambiarlas todas por el impacto tan positivo en los niveles de ruido, también implico que personal del área de mantenimiento dedicara tiempo para su cambio, y que las áreas de producción estuvieran conscientes de que habría tiempo muerto por máquinas parada para el cambio.

En la tabla 8 se puede ver individualmente que cada una de las mediciones después de los cambios que están por debajo de los que pide la norma, es que es de 90 dB, para 8 horas de exposición también cumple con lo que el proveedor de los air wipe prometió. Por otra parte, se hizo una prueba t para medias de dos muestras emparejadas para comprar la responder la pregunta de investigación de que, los niveles de ruido antes y después de los cambios son iguales y se tiene evidencia para rechazar la hipótesis, esto quiere decir que, si hubo cambios, significativos en el nivel de ruido en la tabla 9 se muestra dicho análisis.

Tabla 8 Niveles de ruido en las áreas de extrusión en el 2020

NIVELES DE RUIDO EN ÁREAS DE EXTRUSIÓN 2020					
ANTES			DESPUÉS		
# MÁQUINA ESTRUDER	DIA	RESULTADO	DIA	RESULTADO	DIFERENCIA
8	02/03/2020	99.3	02/12/2020	86.7	-12.6
9	02/03/2020	101.4	02/12/2020	84.3	-17.1
12	02/03/2020	95.4	14/2/2020	83.1	-12.3
14	02/03/2020	102.1	16/2/2020	85.3	-16.8
15	02/03/2020	90.0	02/12/2020	83.7	-7.2
16	02/03/2020	94	18/2/2020	82.3	-11.7
17	02/03/2020	95.8	18/2/2020	81	-14.8
18	02/03/2020	89.2	20/2/2020	80	-9.2
19	02/03/2020	97.3	21/2/2020	88.2	-9.1
20	02/03/2020	94.4	21/2/2020	81.4	-13.1
21	02/03/2020	91.9	23/2/2020	85.6	-6.3
22	02/03/2020	88	23/2/2020	79	-9
23	03/03/2020	91.9	28/2/2020	85.5	-6.4
26	02/03/2020	98.3	28/2/2020	82.9	-15.4
27	02/03/2020	91.2	28/2/2020	83.9	-7.3
28	02/04/2020	96.7	25/2/2020	88.2	-8.5
29	02/04/2020	94.5	25/2/2020	87	-7.5
30	02/05/2020	90.1	25/2/2020	84.2	-5.9

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9 Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

	Variable 1	Variable 2
Media	94.583333	84.0166666
Varianza	16.77794118	7.056764706
Observaciones	18	18
Coefficiente de correlación de Pearson	0.454188107	
Diferencia hipotética de medias	0	
Grados de libertad	17	
Estadístico t	12.00267371	
P(T<=t) una cola	5.01404E-10	
Valor de crítico de t (una cola)	1.739606726	
P(T<=t) dos colas	1.00281E-09	
Valor de crítico de t (dos colas)	2.109815578	

Fuente: los autores

En la etapa de medición del confort no se ha concluido aún, solo se tiene respuesta verbales generales de los trabajadores que operan y están a cargo de las máquinas en piso, en forma de platica se les cuestiono que si habían notado alguna diferencia con respecto al confort con menos ruido y el 100% de los trabajadores comento que sí, se les pregunto que si habían tenido alguna situación de estrés o malestares en sus oídos, y si habían acudido con el médico, y de 18 personas solo uno dijo que no, todos los demás manifestaron alguna molestia y hay reportes en el servicio médico de la empresa. Y por último se les pregunto a grosso modo, que si batallaban para conciliar el sueño o para concentrarse o para leer y 16 de los 18 comentaron que si habían pasado por algo de esas cuestiones.

Resultados y discusión

Es importante no perder de vista que la empresa donde se realizó este estudio es un sistema y sus funciones, atributos y características así lo afirman, si una parte de la organización tiene problemas estos se ven reflejados o afecta a otra o varias partes más. Los resultados aunque no están concluidos son muy alentadores, aquí se refuerza los principios de la empresa de que sus prioridades son los trabajadores y el cumplimiento con las normas mexicanas y extranjeras, están haciendo un esfuerzo económico para

mejorar las condiciones laborales de sus trabajadores, porque muchas veces es difícil de convencer a la alta gerencia de que invierta en proyectos que no es tan cuantificable y no va directamente a mejorar sus niveles de producción o calidad del producto. Falta evaluar de manera adecuada y formal los aspectos de confort, pero como se había mencionado anteriormente, se están abarcando más factores ergonómicos ambientales en esta investigación y se tienen que cumplir todos para llevar a cabo dicha evaluación. También se han visto interrumpidas las actividades por el Covid y la empresa no ha estado trabajando cotidianamente, además de que se han reforzado esfuerzos para que en el retorno del 100 % de los empleados estén lo más seguros posible para reducir el riesgo de contagio, cuidando las medidas sanitarias propuestas por el gobierno y otras más retomadas al analizar los puntos de contacto de los trabajadores.

Consideraciones finales

Para empezar, es importante considerar la inversión en equipo, en mano de obra calificada para hacer los estudios, hora/hombre para hacer las instalaciones de los nuevos equipos, paro de las máquinas entre otros, no siempre es posible cuantificar los beneficios, porque la salud de las personas no tiene precio. Por lo tanto, estos estudios son muy importantes y sobre todo la publicación de ellos.

Referencias

- Asociación Aragonesa de Ergonomía. (2016). *Clasificación de la ergonomía*. Ergoaragon.
- Báez R., M. V. (2018). Pérdida auditiva inducida por ruido en trabajadores expuestos en su ambiente laboral. *Anales de la facultad de ciencias médicas*, 47-56.
- Baquero, L. M. (2018). Percepción del confort térmico y acústico de adultos mayores en el espacio público. *CONAMA, congreso mundial del medio ambiente*, 1-30.
- Centro Estatal de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades. (2017). *Efectos negativos a la salud por el ruido*. México: CEVECE.
- Cheremisinoff, P. (1996). *Noise Control Materials*. Estados Unidos: William Andrew.
- De Anta, P. A. (2013). *Evaluación del confort acústico en distintos ambientes*. Valladolid: Universidad de Valladolid, escuelas de ingenierías industriales.
- Ganime J.F., L. A. (2010). El ruido como riesgo laboral: revisión de la literatura. *Enfermería global*, 1-15.
- Lizandro, A. P. (2012). Revisión histórica de la salud Ocupacional y la seguridad industrial. *Revista cubana de Salud y Trabajo*, 45-52.
- Montañana, A. A. (2011). *La percepción del confort. Análisis de los parámetros de diseño y ambientales mediante ingeniería de Kansei*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Oficina Internacional del trabajo. (2001). *Factores ambientales en el lugar de trabajo*. Ginebra: Organización Internacional del Trabajo.
- Parsons, K. (2000). Environmental ergonomics: a review of principles, methods and models. *Applied Ergonomics*. *ELSEVIER*, 581-594.
- Piñeda, G. A. (2014). Ergonomía Ambiental: Iluminación y confort térmico en trabajadores de oficinas con pantalla de visualización de datos. *Ingeniería, matemáticas y ciencias de la información*, 55-78.

- Rivera, D. C. (2020). Hazard identification and analysis in work areas within the Manufacturing Sector through the HAZID methodology. *Process Safety and Environmental Protection*, *ELSERVIER* 23-38.
- Secretaria de Trabajo y Prevision Social. (01 de 01 de 2015). PROGRAMA DE AUTOGESTIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO. *GUia para la evaluacio del cumplimiento del normatividad en seguridad y salud*. Mexico, Mexico, Mexico.
- Secretaria del Trabajo y prevision social. (2002, enero 1). Norma Mexicana NOM-011-STPS-2001. *Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo*. Ciudad de Mexico, Mexico, Mexico: DOF.
- Ulloa-Enriquez, M. A. (2012). Risgos del Trabajo en el Sistema de Gestion de Calidad. *Revista Ingenieria industrial*, 100-111.
- Vicenteño, D. (2017, agosto 1). Crecen 147% las enfermedades laborales. *Excelsior*, pp. 1-10.
- Wonyoung Yanga, H. J. (2019). Combined effects of acoustic, thermal, and illumination conditions on the comfort of discrete senses and overall indoor environment. *Building and Environment*. *ELSERVIER*, 623-632.