



*Evaluación ergonómica del personal técnico del área de fundición de un
Departamento Universitario de Metalúrgica*

*Ergonomic evaluation of the technical staff of the foundry area of a
University Department of Metallurgy*

*Avaliação ergonômica do corpo técnico da área de fundição de um
Departamento Universitário de Metalurgia*

Roberto Ronald Idrovo-Toala ^I
roberto.idrovot@ug.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-5669-1782>

María Allauca-Amaguaya ^{II}
maria.allaucaam@ug.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-7399-489X>

Lidia Baldramina Chang-Camacho ^{III}
lidia.changca@ug.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-6308-0832>

Correspondencia: roberto.idrovot@ug.edu.ec

Ciencias técnicas y aplicadas
Artículo de investigación

***Recibido:** 05 de julio de 2020 ***Aceptado:** 20 de agosto 2020 * **Publicado:** 07 de septiembre de 2020

- I. Magíster en Administración de Empresas con Mención en Calidad y Productividad, Diploma Superior en Gestión Logística, Ingeniero Industrial, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- II. Magíster en Psicología Laboral con Mención en Desarrollo Humano y de la Organización, Magister en Seguridad Higiene Industrial y Salud Ocupacional, Ingeniera en Marketing, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- III. Magíster en Psicología Laboral con Mención en Desarrollo Humano y de la Organización, Magíster en Seguridad Higiene Industrial y Salud Ocupacional, Ingeniera Industrial, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

Resumen

Esta investigación tiene como objetivo general evaluar los parámetros ergonómicos en el personal técnico del área de fundición de un Departamento Universitario de Metalúrgica. La metodología aplicada se basó en un diseño bibliográfico con un tipo de investigación documental. Como conclusión se determinó la evaluación ergonómica que se le realiza al personal técnico del taller de fundición la cual es significativa, debido a que hay riesgos por manipulación de objetos pesados, por lo que se puede conllevar a posturas forzadas y movimientos repetitivos, así como también estar expuestos a quemaduras por proyección de partículas y explosiones por contacto entre gases o metal líquido con objetos a temperatura ambiente; del mismo modo existe riesgo por el contacto entre equipos eléctricos de alta tensión, a su vez los técnicos están en presencia de ruidos generados por la fundición del metal, la preparación de los moldes de arena y los procesos de desbastado, y de la inhalación de gases provenientes del baño metálico y de la escoria afectando sus vías respiratorias; de la misma manera están expuesto a estrés térmico producto de las altas temperaturas ocasionando deshidratación y alta frecuencia cardiaca; todas estas situaciones pueden ser controladas a través de un proceso de prevención y control de riesgos, higiene y seguridad laboral.

Palabras Claves: fundición; riesgos; ergonomía; prevención.

Abstract

The general objective of this research is to evaluate the ergonomic parameters in the technical staff of the foundry area of a University Department of Metallurgy. The applied methodology was based on a bibliographic design with a type of documentary research. As a conclusion, the ergonomic evaluation that is carried out to the technical staff of the foundry workshop was determined, which is significant, because there are risks due to manipulation of heavy objects, so it can lead to forced postures and repetitive movements, as well as be exposed to burns by projection of particles and explosions by contact between gases or liquid metal with objects at room temperature; In the same way, there is a risk due to contact between high voltage electrical equipment, in turn the technicians are in the presence of noises generated by the melting of the metal, the preparation of the sand molds and the grinding processes, and the inhalation of gases from the metal bath and from the slag affecting their respiratory tract; in the same way, they are exposed to thermal stress due to high temperatures causing dehydration and high heart rate; All these situations can be controlled through a process of prevention and control of risks, hygiene and occupational safety.

Keywords: fundición; riesgos; ergonomía; prevención.

Resumo

O objetivo geral desta pesquisa é avaliar os parâmetros ergonômicos do corpo técnico da área de fundição de um Departamento Universitário de Metalurgia. A metodologia aplicada baseou-se em um desenho bibliográfico com modalidade de pesquisa documental. Como conclusão, determinou-se a avaliação ergonômica realizada ao corpo técnico da oficina de fundição, o que é significativo, pelo fato de existirem riscos devido à manipulação de objetos pesados, que podem levar a posturas forçadas e movimentos repetitivos, bem como ser exposto a queimaduras por projeção de partículas e explosões por contato de gases ou metal líquido com objetos em temperatura ambiente; Da mesma forma, existe o risco devido ao contato entre equipamentos elétricos de alta tensão, por sua vez os técnicos estão na presença de ruídos gerados pela fusão do metal, preparação dos moldes de areia e processos de retificação, e inalação de gases do banho de metal e da escória afetando seu trato respiratório; da mesma forma, ficam expostos ao estresse térmico devido às altas temperaturas que causam desidratação e alta frequência cardíaca; Todas essas situações podem ser controladas por meio de um processo de prevenção e controle de riscos, higiene e segurança ocupacional.

Palavras-chave: fundição; riscos; ergonomia; prevenção

Introducción

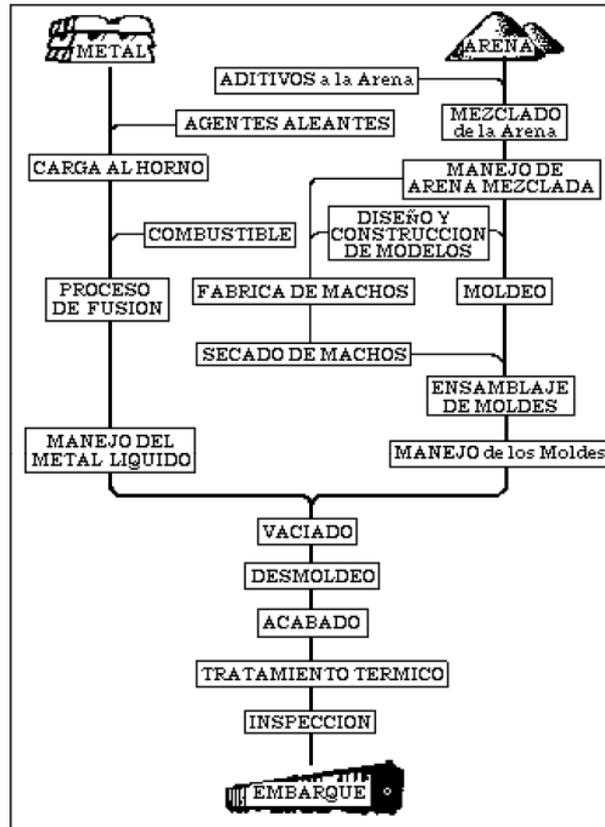
La fundición se remonta a los principios de la humanidad. Los primeros objetos metálicos fueron trabajados hace aproximadamente 5.000 años, después de haber sido fabricados mediante el proceso de vaciado (Quintero, 1998). Es aquí donde el hombre transformó el mineral en herramientas y piezas que ayudaron a mejorar su desarrollo y permitieron su evolución.

En tales circunstancias nace la fundición como un arte para luego transformarse en ciencia. El principio de la fundición es simple: se funde el metal, se vacía en un molde y se deja enfriar; hay todavía una serie de factores y variables que se deben tomar en consideración para lograr una operación exitosa (Groover, 1997). El proceso de fundición se puede observar en la Figura 1.

Estos parámetros modifican el comportamiento del material, por lo que se deben considerar ciertos aspectos que permitan un producto de buena calidad, gracias al control de dichas variables. Estos son: el flujo del metal fundido en la cavidad del molde; solidificación y

enfriamiento del metal en el molde; y la influencia que tiene el tipo de material del molde (Kalpakjian, 2002).

Figura 1. Flujograma de una empresa de fundición. Fuente: (Quintero, 1998)



Si estos parámetros no son controlados entonces se empiezas a producir piezas con ciertos defectos que implican a disminuir su vida útil. Estas producen limitaciones en las propiedades mecánicas debido a la generación de porosidad, baja precisión dimensional y acabo deficiente de la superficie, así como riesgo en la seguridad de los trabajadores durante el procedimiento y problemas ambientales (Groover, 1997).

Es por ello, que el conocimiento y control de las variables es fundamental en el proceso de fundición. Los factores predominantes son: la temperatura del baño metálico, el molde de fundición, el diseño del modelo, técnica de procesamiento y composición del metal. Cada uno de estos afecta el flujo de los metales fundidos en la cavidad del molde; la solidificación y enfriamiento de los metales en el molde; y generación de defectos en las piezas (Kalpakjian, 2002).

Por otra parte, es importante el conocimiento de los riesgos de un proceso de fundición con el fin de poder ofrecer una seguridad a los participantes de esta actividad. Para que suceda un

accidente laboral es necesario que se realice una serie de condiciones. Se dice en este caso que la “causa suficiente” es el resultado de la acción conjunta de varias causas componentes, entre las que se encuentra la “causa necesaria” (causa raíz), por lo que se puede accionar hasta eliminarlas o minimizarlas (Gongora, 2014).

Del mismo modo, existen talleres de fundición que se encuentra en instituciones de educación superior los cuales fungen como desarrollo de conocimiento en esta área y por ende su función es netamente académica. En este particular, los factores de riesgo están enfocados en la necesidad de analizar las condiciones que afectan a la salud y seguridad de los estudiantes y la visualización de la universidad como el lugar de trabajo del personal técnico (Alegre, 2016). De aquí, que los posibles riesgos que puedan suceder en el área de fundición se pueden detallar en la Tabla 1.

Tabla 1. Riesgos en el área de fundición.

ACTIVIDAD	RIESGOS
<i>Fusión y colada del metal</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Caída de objetos pesados. • Cortes por fragmentos procedentes de la chatarra. • Intoxicación por emanaciones o fugas de monóxido de carbono durante el vaciado o calada. • Explosión por contacto entre el agua y el metal o los restos de escoria. • Quemaduras por proyección de material fundido o por contacto con escoria.
<i>Fabricación de moldes</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Inhalación o ingestión de sustancias nocivas (resinas, silicatos sódicos, polvo, etc.) en los diferentes procesos de trabajo. • Incendio durante el proceso de revestimiento del molde. • Sobreesfuerzos en la manipulación de moldes o cajas de moldeo.
<i>Vaciado</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Ruido durante el proceso de extracción de la pieza. • Inhalación de polvo o sustancias nocivas, de moldes en la fase de vaciado • Caída, desprendimiento o choques contra objetos.
<i>Desbastado</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Posibles cortes en las operaciones de limpieza de la pieza al quitar los residuos de metal. • Inhalación de partículas de polvo durante las operaciones de limpieza. • Atrapamientos, quemaduras y caída de objetos producidos por la utilización de herramientas manuales y durante la manipulación de cargas.

Fuente: (MC MUTUAL, 2008; tomado de Pino Montalvo, 2018)

A consecuencia de estos riesgos en el taller de fundición se ve afecta la ergonomía en el sitio de trabajo y por ende en la calidad de vida de los que hacen vida allí. Por lo cual, esta disciplina

es el estudio científico del hombre en su trabajo; en particular la aplicación de conceptos de anatomía, fisiología y psicología humanas en el diseño del trabajo (Apud & Meyer, 2003). Por lo tanto, esta investigación tiene como objetivo general evaluar los parámetros ergonómicos en el personal técnico del área de fundición de un Departamento Universitario de Metalúrgica. La metodología aplicada se basó en un diseño bibliográfico con un tipo de investigación documental.

Metodología

La investigación se basó en un diseño bibliográfico de tipo documental. El diseño se fundamenta en la revisión sistemática, rigurosa y profunda de material documental de cualquier clase, donde se efectúa un proceso de abstracción científica, generalizando sobre la base de lo fundamental, partiendo de forma ordenada y con objetivos precisos (Palella Stracuzzi & Martins Pestana, 2010).

La investigación documental se concreta exclusivamente en la recopilación de información de diversas fuentes, con el objeto de organizarla describirla e interpretarla de acuerdo con ciertos procedimientos que garanticen confiabilidad y objetividad en la presentación de los resultados (Palella Stracuzzi & Martins Pestana, 2010). Para lograr este propósito se utilizó herramientas como textos, documentos y artículos científicos publicados disponibles en la web.

Los objetivos de esta investigación se basaron en describir la importancia de la fundición, identificar los parámetros de fundición que se manejan en el taller, destallar los riesgos en el taller de fundición de un Departamento Universitario de Metalúrgica, determinar la importancia de la ergonomía y evaluar los parámetros ergonómicos en el taller de fundición.

Resultados y discusión

Importancia de la ergonomía

Los factores de riesgo son las primeras causas que afectan a los trabajadores debido a que pueden ocasionar enfermedades profesionales, accidentes o lesiones. En España, la Ley de Prevención de Riesgos laborales se divide en cinco disciplinas preventivas que coordinan sus actividades para evitar posibles daños en la salud, las cuales son: Higiene Industrial, Seguridad en el trabajo, Psicosociología, Medicina en el Trabajo y Ergonomía (Batalla, Bautista, & Alfaro, 2015).

De estas cinco categorías, la ergonomía destaca en el desarrollo evaluativo físico y psicológico que pueda afectar al trabajador. Es definida como la disciplina científica que estudia el diseño

de los sistemas donde las personas realizan su trabajo (Cañas & Waerns, 2003). El término ergonomía deriva de dos palabras griegas: ergo (trabajo) y nomos (leyes, reglas), es por ello, en el estricto sentido de la palabra, significa leyes o reglas del trabajo (Apud & Meyer, 2003).

En este sentido, poder establecer las reglas del trabajo es necesario un conjunto de ciencias que permitan describir los factores de riesgo y, así plantear soluciones con el fin de mitigar los problemas de salud posteriores. La ergonomía estudia las habilidades y limitaciones del ser humano, relevantes para el diseño de herramientas, maquinas, sistemas y entornos, donde el objetivo es hacer más seguro y eficaz el desarrollo de la actividad humana, en su sentido más amplio (Leirós, 2009). En otras palabras, poder lograr condiciones óptimas de confort y eficiencia productiva sin obviar, la reducción de la fatiga física y mental logrando así, una mayor satisfacción del trabajador (Batalla, Bautista, & Alfaro, 2015).

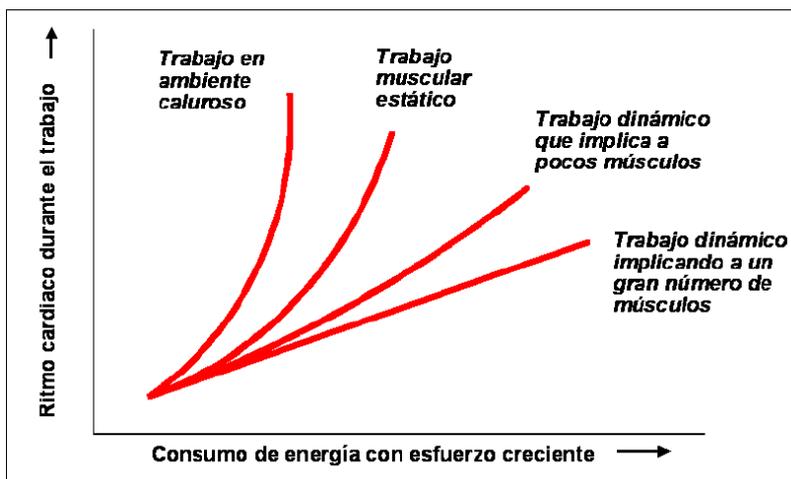
La aplicación de la ergonomía en el diseño de puestos de trabajo consigue minimizar la fatiga, lo que incrementa la productividad. También debe brindar mayor bienestar y ofrecer mas seguridad. Además de lo anterior, la ergonomía previene los llamados efectos traumáticos acumulativos, llamados también desórdenes de trauma acumulativos, que son lesiones que afectan músculos, tendones y nervios de manos, muñecas, codos, hombros, cuello, espalda y rodilla debido a movimientos repetitivos, fuerza excesiva o posición incómoda en el desempeño de las tareas cotidianas. (Solano Cuyubamba, 2011, pág. 50)

Parte de la fatiga corresponde a la carga física que realizan los trabajadores. Esta proviene el trabajo físico y depende de la capacidad física de cada persona, aunque las demandas sean idénticas, por lo que la evaluación, procedimientos y criterios deben ser tomados en cuenta (Villar Fernández, 2015).

El no control de las fatigas laborales produce enfermedades que se manifiestan a lo largo del tiempo. Estas son una de las primeras causas de deserción laboral. La Organización Mundial del Trabajo (OMT), comenta que hay cifras alarmantes con un número de 160 millones de eventualidades debido a enfermedades asociadas al trabajo con causas como trastornos mentales, neumoconiosis, y trastornos musculo–esqueléticos (Caillagua Cerón, 2019).

Así mismo, se considera que la fatiga del trabajo es por la mezcla de actividades estáticas o dinámicas. En este último aspecto se considera que es menos probable que las enfermedades causadas por el trabajo afecten al trabajador. Esto es debido a que la frecuencia cardiaca es mayor cuantos menos músculos participan en el trabajo, cuanto más estático sea éste y, especialmente, cuanto más caluroso sea el ambiente (Villar Fernández, 2015). En la Figura 2 se puede detallar el comportamiento de la frecuencia cardiaca en distintas situaciones.

Figura 2. Comportamiento de la frecuencia cardiaca en distintas situaciones. Fuente: (Villar Fernández, 2015)



De los anterior, se puede decir que las actividades estáticas son las más propensas a que se sufran de lesiones musculoesqueléticas. Muchas de estas lesiones son consecuencia de una compleja interacción entre condiciones físicas y de organización del trabajo, factores fisiológicos y psicológicos de los trabajadores y contexto social (García, Gadea, Sevilla, Genís, & Ronda, 2009).

Una parte importante para que sucedan estas lesiones es producto del estrés laboral que pueda tener el trabajador. La exposición a factores de riesgo físicos y psicosociales en el trabajo y sus potenciales efectos interactivos pueden provocar ciertas reacciones, donde el estrés limita las defensas y la capacidad de los sistemas orgánicos encargados de reparar el daño musculoesquelético (Devereux, 2001). Una afección psicopatológica (ansiedad, estrés, depresión, ira, agresividad) obstaculiza los beneficios terapéuticos que se aplican (fármacos, intervención y rehabilitación), en un primero momento, para luego solidificarse y actuar de forma independiente al trastorno musculoesquelético que la origina (Araña-Suárez & Patten, 2011).

Otro factor importante para el desarrollo de enfermedades es la condición del ambiente de trabajo, específicamente a la temperatura con que la actividad laboral se realiza. El estudio del ambiente térmico requiere el conocimiento de una serie de variables del ambiente, del tipo de trabajo y del individuo, las cuales pueden dar lugar a situaciones de inconfort, sin que exista riesgo para la salud (Mendoza, 1993).

Características de los riesgos ergonómicos

Antes de determinar los riesgos ergonómicos es necesario determinar el análisis del puesto de trabajo donde se sitúan los trabajadores. Éste consiste en:

1) El analista define y perfila la tarea que va a ser analizada. El análisis puede ser de una tarea o un lugar de trabajo. Frecuentemente la tarea tiene que ser dividida en subtareas, que sean analizadas por separado. Cuando las subtareas difieran mucho entre sí, será necesario realizar análisis separados. 2) Descripción de la tarea. Para este propósito el analista hace una lista de operaciones y dibuja un esquema del puesto de trabajo. 3) Con una Imagen mental clara de la tarea, el analista puede proceder a análisis ergonómico, ítem por ítem, utilizando las directrices generales del método. (Águila Soto, 2011, pág. 1)

Dentro de este análisis es importante poder determinar la fatiga en el lugar de trabajo, las cuales se manifiestan, dependiendo de la condición de trabajador. Las manifestaciones son: Disminución de la capacidad de respuesta de una persona; Afecta al organismo de manera física y mental; Tiende a ser crónica y persistente; y es un regulador del organismo, indica cuando se está sobrepasando el límite de esfuerzo (Saavedra Poveda & Rodríguez Lavado, 2017).

Luego, se debe tener claro los principales riesgos ergonómicos con el fin de poder medir correctamente cada uno de ellos. Estos están producidos generalmente por la adopción de posturas forzadas, la realización de movimientos repetitivos, por la manipulación manual de cargas y por la aplicación de fuerzas durante la jornada laboral (Prevalia, 2013). A estos riesgos se les puede sumar los riesgos térmicos y los riesgos psicosociales.

a) Movimientos repetitivos.

Los movimientos que se repiten con mucha frecuencia pueden ocasionar problemas musculoesqueléticos que repercuten en la salud del trabajador. Se desarrolla fatiga muscular y dolor, producidos por la acción conjunta de una sobrecarga en músculos, huesos, articulaciones y nervios, por la exposición a trabajos con movimientos bruscos o repetitivos donde las posturas son fijas o extremas durante un período prolongado de tiempo (Batalla, Bautista, & Alfaro, 2015). Para la evaluación el movimiento se repite en ciclos inferiores a 30 segundos o cuando más del 50% del ciclo se emplea para efectuar el mismo movimiento, así como también cuando una tarea repetitiva se realiza durante el menos 2 horas en la jornada (Prevalia, 2013).

b) Posturas forzadas.

Otro factor a considerar es la de posturas del cuerpo cuando se realizan tareas físicas, produciendo malestar físico y psicológico en el trabajador. Estas son las posturas que sobrecargan los músculos y los tendones, las posturas que cargan las articulaciones de una

manera asimétrica, y las posturas que producen carga estática en la musculatura (COMISIÓN DE SALUD PÚBLICA, 2000). En otras palabras, es el resultado de la adquisición incorrecta por parte del trabajador de métodos de trabajo (movimientos de flexión, extensión y torsión; giros de tronco, flexión del cuerpo, etc.) o bien, las dimensiones del espacio de trabajo (Batalla, Bautista, & Alfaro, 2015).

De esto último el espacio juega un papel clave para que la postura se transforme en una acción forzada para realizar la tarea. Como, por ejemplo, el material situado en una superficie alta que provoca que el trabajador deba estirarse para alcanzarlo situando el brazo por encima del hombro, arrodillarse en un espacio reducido, adquisición de fuerza con los brazos superior a 10kg, etc. (Batalla, Bautista, & Alfaro, 2015).

c) Manipulación manual de cargas.

Existen situaciones que pueden considerarse un riesgo por manipulación manual de cargas, las cuales son el levantamiento, transporte y empuje y arrastre. Las consideraciones son: Levantamiento de cargas superiores a 3kg, sin desplazamiento. Transporte de cargas superiores a 3kg y con un desplazamiento mayor a 1m (caminando). Empuje y arrastre de cargas cuando se utiliza el movimiento de todo el cuerpo de pie y/o caminando (Prevalia, 2013). Esta actividad está relacionada con la aparición de fatiga física y lesiones musculoesqueléticas que aparecen de forma inmediata, por la acumulación de pequeños traumatismos a lo largo del tiempo, específicamente en la zona superior (hombros, brazo y manos) y la espalda (zona dorsolumbar) (Batalla, Bautista, & Alfaro, 2015).

Existen situaciones especiales para la manipulación de cargas, las cuales depende del trabajador o del equipo que manipula.

a) Manipulación de cargas en postura sentado: No se deberían manipular cargas de más de 5Kg en postura sentada, siempre que sea una zona próxima al tronco, evitando manipular cargas a nivel de los hombros y giros e inclinaciones del tronco.

b) Manipulación en equipo: cuando se maneja una carga entre dos o más personas, las capacidades individuales disminuyen. En general en un equipo de dos personas, la capacidad de levantamiento es dos tercios de la suma de las capacidades individuales. Cuando el equipo es de tres personas, la capacidad de levantamiento del equipo se reduciría a la mitad de la suma de las capacidades individuales teóricas. (Águila Soto, 2011, pág. 65).

d) Aplicación de fuerzas.

Dependiendo de las actividades que deben realizar se requiere aplicar fuerzas variables. Es por ello, que el control de la misma es fundamental para evitar cargas de fuerzas innecesarias y así producir una lesión. Estas actividades son:

El uso de mandos en los que hay que empujar o tirar de ellos, manipularlos hacia arriba, abajo, hacia dentro o fuera, y/o, el uso de pedales o mandos que se deben accionar con la extremidad inferior y/o en postura sentado; y/o, empujar o arrastrar algún objeto sin ruedas, ni guías o rodillos en postura de pie. (Prevalia, 2013, pág. 7)

e) Riesgo psicosocial.

Uno de los factores más significativos para que se puedan producir enfermedades o accidentes laborales es la carga mental del trabajador, inducida por lo factores externos (economía, seguridad, posición geográfica, entre otros) y los factores internos (condiciones laborales, problemas de salud, etc.). Es decir, la carga mental como la cantidad de esfuerzo deliberado que debemos realizar para conseguir un resultado concreto (Águila Soto, 2011).

Los factores de riesgo psicosocial en el trabajo hacen referencia a las condiciones que se encuentran presentes en una situación laboral y que están directamente relacionadas con las condiciones ambientales (agentes físicos, químicos y biológicos), con la organización, con los procedimientos y métodos de trabajo, con las relaciones entre los trabajadores, con el contenido del trabajo y con la realización de las tareas, y que pueden afectar a través de mecanismos psicológicos y fisiológicos, tanto a la salud del trabajador como al desempeño de su labor. (Bonilla Rueda & Gafaro Rojas, 2017, pág. 48)

Todas estas situaciones pueden generar estrés laboral, la cual depende de las demandas y ofertas laborales recibidas o percibidas por los trabajadores. Es un proceso en donde intervienen factores de diversa índole, y también recursos tanto de la persona como del trabajo que su ausencia puede convertirse en un estresor más, y su presencia puede amortiguar los efectos dañinos de los estresores (Schaufeli & Salanova, 2002).

f) Estrés térmico.

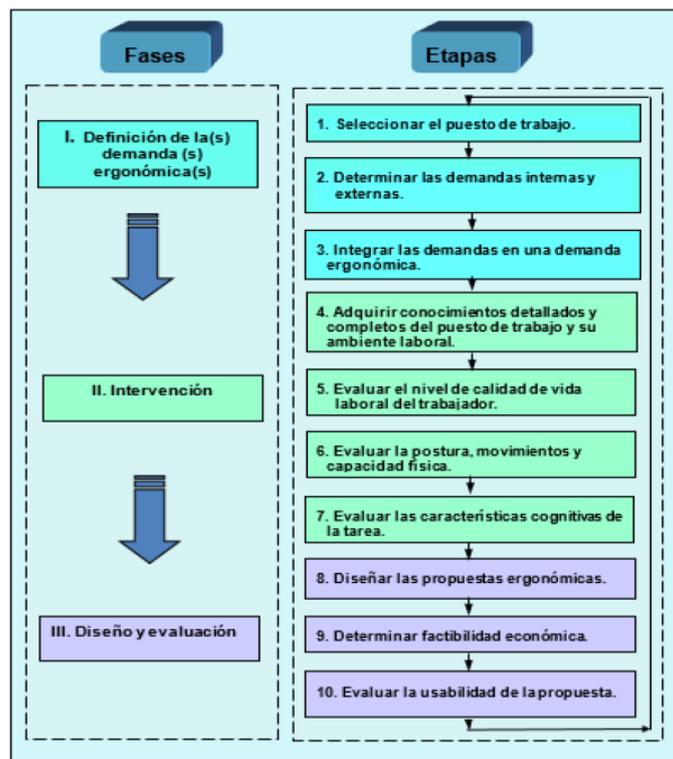
Este factor depende de las condiciones físicas del trabajador y del ambiente que lo rodea. Es la carga neta de calor que está expuesto un trabajador, debido a condiciones ambientales presentes como altas temperaturas, índices alto de humedad, calor radiante presente en una ambiente y ropa o equipo de protección de carácter aislante que dificulta la transpiración (Caro Galoc & Lopez Apaza, 2020). Esto puede producir fatiga térmica en el trabajador. Por lo que, cuando el calor generado por el organismo no puede ser emitido al ambiente, se acumula en el interior del

cuerpo y la temperatura de éste tiende a aumentar, pudiendo producirse daños irreversibles (Mendoza, 1993).

Ergonomía en un taller de fundición

Para la evaluación ergonómica del personal técnico del taller de fundición se requiere definir las demandas. Para ellos se divide este análisis en varias etapas: Seleccionar el puesto de trabajo; determinar las demandas internas y externas; integrar las demandas en una demanda ergonómica; adquirir conocimientos detallados y completos del puesto de trabajo y su ambiente laboral; evaluar el nivel de calidad de vida laboral del trabajador; evaluar la postura, movimientos, capacidad física, ambiente laboral y estrés térmico; y evaluar las características cognitivas de la tarea. La Evaluación ergonómica de muestra en la Figura 3.

Figura 3. Procedimiento para la evaluación ergonómica de puestos de trabajo. Fuente: (Mejías Herrera (2003), tomado de Barreras Castellón, 2017)



Para poder determinar las condiciones ergonómicas del personal técnico que labora en el taller de fundición es necesario saber cuales son las funciones que desempeñan. Estas se describen en la Tabla 2.

Tabla 2. Funciones del personal técnico.

FUNCIONES	CARACTERÍSTICAS
<i>Fusión y colada del metal</i>	Maniobrar el crisol; cargar el material en el horno; operar el horno; controlar el proceso de fundición; realizar la colada del baño líquido; y designar las labores que requiere por parte del moldeador y del ayudante técnico.
<i>Fabricación de moldes</i>	Preparar la mezcla de arena utilizada para el moldeo; construir los moldes y machos; y organizar la caja de moldeo.
<i>Vaciado</i>	Verificar la eficacia del molde en la colada del material hasta la obtención de la pieza; desmontar la pieza fundida; evaluar la pieza fundida; separar y recoger la escoria; y reagrupar la arena de fundición.
<i>Desbastado</i>	Limpiar la pieza y aplicar desbastado.

Fuente: (Macías-Caza, 2017)

Estas actividades tienen un alto riesgo de padecer algún accidente que pueda dañar la salud del personal técnico y de los estudiantes que hacen vida en el taller, por efecto de las prácticas académicas que se realizan en él. En la Tabla 3 se pueden detallar los riesgos, dentro de los aspectos de seguridad e higiene, más importantes dentro de un taller de fundición. Aunque existen datos de accidentes dentro de esta área la mayoría se inclina por golpes, sobreesfuerzos y proyecciones de partículas. La primera con un 22,2% y la segunda con 20,5%, dando lugar a lumbalgias en un 8,8% de los casos; aunado a las proyecciones de fragmentos o partículas, llegan a representar prácticamente el 60% del total de los accidentes del sector (Galisteo Manzanares & Hernández Soto, 2015).

Tabla 3. Principales riesgos en materia de seguridad e higiene industrial en un taller de fundición.

Riesgos más comunes de Seguridad	Riesgos más comunes de Higiene
- Salpicaduras y derrames durante la fundición	- Exposición a una gran variedad de polvos, humos y gases
- Explosiones de gas y por contacto de metal fundido con agua	- Exposición y contacto con sustancias químicas peligrosas procedentes de los propios metales, y de los productos utilizados para la limpieza y desengrase de superficies o piezas metálicas.
- Colisiones de locomotoras y vagones en movimiento	- Ruido
- Puentes grúa y grúas móviles.	
- Caídas de objetos pesados.	
- Caídas a al mismo y a distinto nivel	

Fuente: (Lizarraga Diez de Ulzurrun, 2015)

Para la evaluación de los riesgos se puede basar en tres aspectos los riesgos físicos, que incluyen postura, movimientos y capacidad física, riesgos del ambiente laboral, donde se manifiesta los ruidos generados, radiaciones ionizantes y la inhalación de humos provenientes del horno, y

riesgos por estrés térmicos. Los riesgos físicos se comprenden en la Tabla 4 y Tabla 5, respectivamente.

Tabla 4. Principales riesgos en material de seguridad e higiene industrial en un taller de fundición.

MÉTODO WILLIAM FINE					
RIESGO	PROBABILIDAD	CONSECUENCIA	EXPOSICIÓN	GRADO DE PELIGROSIDAD	CLASIFICACIÓN
Caidas de objetos por desplome o derrumbamiento	10	25	6	1500	EXTREMO
Caida de personas al mismo nivel	6	5	10	300	MUY ALTO
Golpes/cortes por manejo de herramientas	6	5	6	180	ALTO
Quemaduras	10	15	3	450	EXTREMO

La empresa se encuentra expuesta a varios riesgos mecánicos los cuales según el Grado de Peligrosidad determinado requieren:

ALTO: Correcciones necesarias urgentes
MUY ALTO: Corrección inmediata
EXTREMO: Parar las actividades hasta reducir

Fuente: (Pino Montalvo, 2018)

Tabla 5. Evaluación de los riesgos físicos en un taller de fundición.

RIESGOS	CARACTERÍSTICAS
<i>Cáida en manipulación de objetos</i>	El riesgo en base a la norma NTP 330 de caída manipulación de objetos es el riesgo de mayor ocurrencia que existe en el taller de fundición de la universidad debido al manipular cada tipo de herramienta o equipo existente.
<i>Contactos eléctricos directos</i>	El riesgo en base a la norma NTP 330 contactos eléctricos directos tiene un porcentaje moderado ya que el estudiante está en contacto directo con elementos eléctricos que en todo momento que se realiza la práctica están energizados y en muchas ocasiones no se usa el equipo de protección personal ni se mantiene un sistema de seguridad para evitar cortar las fuentes de energía. El horno de fundición utiliza corriente trifásica, por lo que su manipulación debe ser supervisada y siguiendo las pautas de control y manejo de equipos.
<i>Explosiones</i>	El riesgo en base a la norma NTP 330 el riesgo de explosiones tiene una influencia baja. Esto se presenta en el taller que trabajan con gases. Este riesgo es sumamente peligroso debido a las lesiones que puede ocasionar, el encargado del taller deberá conocer sobre normas de seguridad y primeros auxilios en caso de emergencia.
<i>Proyección de partículas</i>	El riesgo en base a la norma NTP 330 proyección de partículas tiene un porcentaje de bajo. El uso de protección en esta dependencia no es exigido lo que hace más probable que ocurra un leve accidente de trabajo.

Fuente: (Guaraca Padilla & Vilema Chunata, 2016)

Para la evaluación del riesgo por el ambiente laboral se hace un análisis de los espacios y las condiciones generadas en el proceso de función del taller universitario. El ruido, radiaciones ionizantes y la inhalación de gases producto de la fusión del metal son los aspectos más importantes a considerar. Esto se describen en la Tabla 6.

Tabla 6. Evaluación de los riesgos del ambiente laboral en un taller de fundición.

RIESGOS	CARACTERÍSTICAS
Ruido	Entre los principales focos de ruido en el área de vaciado fundición se encuentran los sistemas de extracción de humos, los sistemas de aspiración con eyectores de vapor, los transformadores eléctricos y el proceso de arco en los hornos eléctricos y los grandes ventiladores. Existen en el taller niveles de ruido superiores a los establecidos por las autoridades competentes, debido a que se producen ruidos de más de 120 decibeles, lo que puede causar estrés, insomnio, irritabilidad y tensión nerviosa, dificultad en la comunicación hablada, alteración en la actividad gástrica con manifestaciones de anorexia, úlceras, gastritis, entre otras, aceleración del ritmo cardíaco y la tensión arterial, aumento de la frecuencia respiratoria.
Radiaciones ionizantes	Para el control de nivel baño metálico de acero líquido, se emplean conjuntamente elementos fundentes, por lo que existe exposición a radiaciones ionizantes bajo. Es de destacar que la exposiciones a altos niveles puede ocasionar: muerte celular, daños en tejidos vitales y no vitales, además de desórdenes hereditarios y otras afectaciones perjudiciales al hombre, detectándose en ocasiones dosis individuales por encima de los niveles permitidos debido a errores de operación y violaciones de las prácticas y procedimientos seguros establecidos para el trabajo con radiaciones ionizantes establecidos en conformidad con las NBSR, cometidos por los trabajadores ocupacionalmente expuestos, falta de cuidado de los dosímetros de extremidades por parte de los operarios, falta de sistemas de apantallamiento entre la fuente y los operarios y que los operarios no conocen con claridad los principios fundamentales de la protección y seguridad radiológica que es preciso observar en el entorno en que trabajan.
Inhalación de gases	Las distintas fases de proceso generan polvo y materia particulada con distintos niveles de óxidos minerales, metales (principalmente manganeso y plomo) y óxidos metálicos. La producción de hierro y acero conlleva la absorción y la generación de diversos agentes respirables que comprenden, aunque la lista no sea exhaustiva, gases, vapores, polvo, emanaciones, humos y aerosoles. Estos agentes presentan diversos riesgos toxicológicos, como irritantes, asfixiantes químicos, fibrógenos, alérgenos, carcinógenos y tóxicos sistémicos. El sistema pulmonar puede verse afectado por una exposición a agentes tóxicos, provocando lesiones agudas (a corto plazo) del tejido pulmonar, neumoconiosis, disfunción pulmonar y cáncer del pulmón. Algunos agentes tóxicos inhalados por el pulmón pueden producir daños orgánicos específicos y efectos tóxicos sistémicos. Entre los agentes específicos presentes durante las operaciones de vaciado del acero líquido se detectaron los metales pesados (por ejemplo, plomo, cromo, zinc, níquel y magnesio) en forma de humo, de partículas y de absorción a partículas inertes.

Fuente: (Gongora, 2014)

Los gases que salen de un proceso de fundición, por ejemplo, hierro gris se visualiza en la Tabla 7, donde se expresa a razón de la procedencia (fundición o escoria).

Tabla 7. Gases que salen del proceso de fundición gris, procedentes del baño metálico y escoria.

Fundido			Escoria			Gases		
Salida	m(Kg)	n(Kmol)	Salida	n(Kmol)	m(Kg)	Salida	n(Kmol)	m(Kg)
C	35.7	2.972	CaO	1.139	63.897	CO ₂	0.539	6.480
Si	23.9	0.850	SiO ₃ Ca	0.009	1.160	CO	17.338	208.2341
Mn	8.93	0.162	P	0.274	8.496	SO ₂	0.125	8.008
P	6.68	0.063	Si	0.016	0.475	NO	2.340	70.225
S	0.122	0.0038	Fe	5.242	292.81	N ₂	40.827	1143.161
Fe	924.7	16.556	FeOSiO ₂	0.867	62.325	H ₂	0.666	1.333
Total	1000.032	20.609	Coque	4.876	58.565	H₂O	1.166	21
			Mn	0.134	0.002	Total	63.004	1458.443

Fuente: (Calero Crespo, 2016)

De la misma manera se analiza los riesgos correspondientes al estrés térmico que puedan sufrir el personal técnico del taller de fundición del Departamento Universitario de Metalúrgica. La sobrecarga térmica es muy severa, provocando así un alto índice de sudoración, donde la pérdida de sudor puede ser superior a los 1000 ml/h, lo que conlleva a una deshidratación leve y en peor de los casos aguda (Caro Galoc & Lopez Apaza, 2020).

Los niveles de temperatura y de humedad o de ambas son más elevados que lo permisible para el ambiente seguro de trabajo al estar los trabajadores expuestos a un intenso calor radiante y se trabaja con ropa de protección o a un ritmo intenso, por lo que los están expuestos durante la realización de todas sus tareas y no es posible eliminar la situación de peligro por la vía del cambio tecnológico. Además de que no se dispone de ayudas mecánicas apropiadas para reducir las cargas de trabajo y de que las tareas que se efectúan en ambientes calientes se han organizado de conformidad con los criterios ergonómicos para minimizar el estrés físico. (Gongora, 2014, págs. 30-31)

De lo anterior, se plantea un desarrollo preventivo de estas actividades con el fin de minimizar los accidentes y problemas de salud a futuro. Este procedimiento se describe en varias etapas: lineamientos para un correcto uso del taller de fundición y medidas de control para disminuir los riesgos físicos y de estrés térmico. Cada una desarrolladas en las Tablas 8, Table 9 y Tabla 10, respectivamente.

Tabla 8. Lineamientos para el correcto funcionamiento del taller de fundición del Departamento Universitario de Metalúrgica.

<i>Para el personal técnico</i>	<i>Para los docentes</i>	<i>Para los estudiantes</i>
Deberá informar a la dirección de escuela sobre cualquier problema que presente el equipo o material resguardado, así como de la infraestructura. Esta información podrá realizarse de manera verbal, escrita o por email.	Los docentes deberán sujetarse al manual de prácticas vigente de la asignatura respectiva que se imparta en el taller o laboratorio de la facultad, los docentes deberán comunicar al encargado del laboratorio en caso de cambio de horario para la práctica, así como en caso de cancelación de la misma. (en prácticas impartidas por los docentes de las asignaturas y que previamente hayan sido solicitadas al encargado del laboratorio y la dirección de escuela)	Deberá conocer y acatar las normas de seguridad del taller o laboratorio
Deberá conocer el horario designado para realizar las prácticas, esto debe coincidir con la jornada previamente elaborada y entregada a la dirección de escuela.	Preguntar al encargado del laboratorio en caso de alguna duda sobre el manejo del material de laboratorio.	En todo momento el alumno deberá de hacer el uso correcto de las instalaciones, equipo y material del taller o laboratorio.
Deberá auxiliar y explicar el funcionamiento y uso adecuado de cualquier equipo y material cuando sea solicitado por los estudiantes,	Supervisar en todo momento el trabajo de los alumnos.	Para la realización de cualquier práctica que implique el uso de equipo y herramientas; será necesario solicitar al encargado del laboratorio los debidos equipos de protección.
Realizará el préstamo interno (dentro del taller o laboratorio) del material y equipo a los y las estudiantes.	El docente deberá informar al encargado del laboratorio sobre cualquier anomalía que presente el material, equipo o instalaciones.	Antes de realizar su práctica se recomienda que realice una inspección de las condiciones actuales en la que se encuentra el equipo, cualquier anomalía reportar inmediatamente al encargado o docente del taller o laboratorio
Verificar el estado en que se encuentra del material y equipo antes de realizar el préstamo del mismo.	En caso de algún caso fortuito o fuerza mayor incendio, sismo u otro desastre natural debe permanecer calmado y aplicar las normas de seguridad según sea el caso.	Al final de cada práctica se deberá entregar al encargado de laboratorio el equipo y material solicitado en las condiciones que inicialmente tenía cuando se le entregó. Los desperfectos de materiales y equipos serán analizados por el encargado del taller o laboratorio.
Al final de la práctica recibirá el material que se prestó para la práctica asegurándose que se devuelva en las mismas condiciones que tenía antes del préstamo.		Está prohibido fumar y/o comer en el taller o laboratorio o realizar otras acciones que dificulten el desarrollo adecuado de la práctica (por ejemplo, perturbaciones por celulares, o grupos que no prepararon el material solicitado con anterioridad en la guía).

Fuente: (Guaraca Padilla & Vilema Chunata, 2016)

Tabla 9. Medidas de control de amenazas por riesgos físicos.

ANTES	DURANTE	DESPUÉS
<ul style="list-style-type: none"> • Identificar zonas de mayor riesgo de derrames o fugas de materiales peligrosos. • Mantener limpias y organizadas las áreas en donde se utilice, maneje o existan materiales peligrosos. • Establecer los materiales absorbentes y equipos para el control de derrames. • Capacitar a trabajadores en el proceso operativo de fundición de productos en base a hierro fundido. • Tener los equipos de protección personal de seguridad y protección de trabajadores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Actuar con rapidez ya que los vapores pueden causar daño a las personas. • Utilizar los equipos de protección personal correspondiente. • Utilizar los agentes extintores adecuados para minimizar y evitar la expansión de materiales o sustancias peligrosas. • Si la emergencia se sale de control, se evacua y se deja en manos de los grupos especializados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Evacuar la zona afectada por el derrame de sustancias o materiales peligrosos. • Una vez superada la emergencia, recoger los residuos de manera adecuada y segura en contenedores adecuados. • Evaluar la situación de control del sitio y las causas que originaron el incidente.
<ul style="list-style-type: none"> • Identificar áreas críticas en caso de explosiones y efectuar inspecciones periódicas para corregir oportunamente factores de riesgo. • Establecer un área segura de líquidos, polvos y gases inflamables generadores de explosiones. • Establecer un plan de evacuación y mapas de rutas de salida. • Definir un punto de encuentro. • Realizar inspecciones permanentes a las instalaciones con el fin de verificar que el taller cuente con medidas de preventivas y estructuras seguras. • Efectuar simulacros de acción en caso de explosión. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alejarse del peligro si no se puede o no se sabe qué hacer. • Si hay heridos tratar de prestarles ayuda y retirarlos del sitio. • Abandonar el lugar y notificar por medio de los sistemas de comunicación a instituciones de socorro exteriores. • Esperar y seguir las indicaciones de los grupos operativos de emergencia o autoridades competentes. • Si se ordena evacuar las instalaciones, hacerlo por la salida más próxima. 	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluar la situación de control del sitio afectado por la explosión. • Mantener la calma y el orden en el punto de encuentro. • Si existe falla en la estructura de la edificación, se debe proceder al reconocimiento primario y evaluar una ruta segura de salida.
<ul style="list-style-type: none"> • Establecer un plan de mantenimiento preventivo de equipos y herramientas. • Realizar mantenimiento al sistema eléctrico y fuentes de energía. • Mantener limpio y organizado las áreas de trabajo. • Mantener los extintores en lugares adecuados y de fácil acceso para su utilización. • Realizar una reubicación de puestos de trabajo que están cerca a instalaciones eléctricas. • Efectuar simulacros de acción en caso de presentarse fallas en sistemas y equipos del taller. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desconectar la electricidad y cerrar registros de agua y gas. • Alejarse de cables eléctricos y de alta tensión que hayan colapsado. • Si la situación no puede ser controlada evacuar a los sitios seguros. • No realizar acciones o maniobras las cuales puedan poner en peligro la integridad física de las personas cercanas al área afectada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Retirar a las personas afectadas de áreas peligrosas. • Mantener aisladas las áreas de trabajo hasta que se haya descartado el peligro. • Identificar peligros asociados a las áreas críticas. • No accionar instalaciones eléctricas. • Verificar el número y tipo de personas afectadas por la amenaza. • Tener siempre los equipos de emergencia disponibles.

Fuente: (Pino Montalvo, 2018)

Las recomendaciones para disminuir los riesgos por estrés térmico se basan fundamentalmente en atacar la deshidratación producto de trabajar con altas temperaturas inducidas por el horno.

1. Informar a sus superiores si están aclimatados o no al calor; si han presentado alguna vez problemas con el calor; enfermedades crónicas que puedan padecer; de si están tomando alguna medicación.
2. Cumplir con las Normas de Higiene y Seguridad Industrial.
3. Descansar en lugares frescos cuando tengan mucho calor. De sentirse mal, cesar la actividad y descansar hasta que se recuperen. Evitar conducir si no están completamente recuperados.
4. Beber agua con frecuencia durante la jornada laboral, aunque no tengan sed. También es preciso seguir bebiendo agua cuando se está fuera del trabajo.
5. Evitar consumir grasas, frituras, bebidas

alcohólicas, drogas, y bebidas con cafeína. 6. Uso adecuado de los Equipos de Protección Personal. (Camacho Fagúndez, 2013, pág. 33)

Por lo tanto, la evaluación ergonómica que se le realiza al personal técnico del taller de fundición es significativa debido a que hay riesgos por manipulación de objetos pesados y a altas temperaturas, por lo que se puede conllevar a posturas forzadas y movimientos repetitivos, así como también estar expuestos a quemaduras por proyección de partículas y explosiones por contacto entre gases o metal líquido con objetos a temperatura ambiente. Del mismo modo existe riesgo por el contacto entre equipos eléctricos de alta tensión, a su vez los técnicos están en presencia de ruidos generados por la fundición del metal, la preparación de los moldes de arena y los procesos de desbastado, y de la inhalación de gases provenientes del baño metálico y de la escoria afectando sus vías respiratorias. De la misma manera están expuesto a estrés térmico producto de las altas temperaturas ocasionando deshidratación y alta frecuencia cardiaca. Todas estas situaciones pueden ser controladas a través de un proceso de prevención y control de riesgos, higiene y seguridad laboral.

Referencias

1. Águila Soto, A. (2011). Procedimiento de evaluación de riesgos ergonómicos y psicosociales. Informe - Universidad Almería, 50, 62.
2. Alegre, M. A. (2016). Análisis y evaluación de riesgo en los talleres de la Escuela de Educación Técnica N° 3.141-Salta-Capital. Salta: Proyecto Final de la Licenciatura en Higiene y Seguridad en el trabajo de la Universidad de la Fraternidad de Agrupaciones Santo Tomás de Aquino. Obtenido de http://redi.ufasta.edu.ar:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1504/2016_SH_088.pdf?sequence=1
3. Apud, E., & Meyer, F. (2003). La importancia de la ergonomía para los profesionales de la salud. *Ciencia y enfermería*, 9(1), 15-20.
4. Araña-Suárez, M., & Patten, S. B. (2011). Trastornos musculo-esqueléticos, psicopatología y dolor. En M. Araña-Suárez, *Trastornos Musculo-esqueléticos, Psicopatología y Dolor* (págs. 1-13). España: Secretaría del Estado De Seguridad Social.
5. Barreras Castellón, H. (2017). Evaluación ergonómica del puesto de biselado en la Empresa de Bujías "Neftali Martínez". Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Industrial de la Universidad Central Martha Abreu de Las Villas. Obtenido de <http://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/8226>
6. Batalla, C., Bautista, J., & Alfaro, R. (2015). Ergonomía y evaluación del riesgo ergonómico. España: Documento Científico - Universidad Politécnica de Catalunya.

7. Bonilla Rueda, L. R., & Gafaro Rojas, A. I. (2017). Condiciones Laborales y riesgos psicosociales en conductores de transporte público. *Revista cubana de salud y trabajo*, 18(2), 48-56.
8. Caillagua Cerón, A. E. (2019). Relación entre postura en puesto de trabajo y los Trastornos Músculo Esqueléticos en conductores del transporte público interprovincial. Quito, Ecuador: Proyecto de Titulación asociado al Programa de Investigación sobre Seguridad y Salud en el Trabajo. UNISEK.
9. Calero Crespo, A. (2016). Evaluación de la calidad del aire en el proceso de moldeo y fundición de hierro gris. Santa Clara: Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Químico de la Universidad Central Martha Abreú de Las Villas. Obtenido de <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/7331/alejandro%20calero%20crespo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
10. Camacho Fagúndez, D. I. (2013). Estrés Térmico en Trabajadores Expuestos al Área de Fundición en una Empresa Metalmeccánica, Mariara: 2004-2005. *Ciencia & trabajo*, 15(46), 31-34. Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/cyt/v15n46/art07.pdf>
11. Cañas, J., & Waerns, Y. (2003). Ergonomía cognitiva. *Alta dirección*, 227, 66-70.
12. Caro Galoc, J. F., & Lopez Apaza, G. A. (2020). Efectos del estrés térmico en trabajadores en áreas de fundición. Lima, Perú: Informe de investigación para optar al título de Bachiller en Ingeniería Industrial de la Universidad Peruana Unión. Obtenido de https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/3199/Jeny_Trabajo_Bachiller_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y
13. COMISIÓN DE SALUD PÚBLICA. (2000). Posturas Forzadas. Madrid, España: PROTOCOLOS DE VIGILANCIA SANITARIA ESPECÍFICA, Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud.
14. Devereux, D. J. (2001). Estrés de origen laboral y trastornos musculoesqueléticos: ¿ existe algún vínculo? *Magazin*, 19.
15. Galisteo Manzanares, M., & Hernández Soto, A. (2015). Evaluación de la Manipulación Manual de Cargas en Hornos de Fundición. España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Aquiles_Hernandez/publication/275655969_Evaluacion_de_la_Manipulacion_Manual_de_Cargas_en_Hornos_de_Fundicion/links/5543830b0cf24107d3962ec0/Evaluacion-de-la-Manipulacion-Manual-de-Cargas-en-Hornos-de-Fundicion.pdf
16. García, A. M., Gadea, R., Sevilla, M. J., Genís, S., & Ronda, E. (2009). Ergonomía participativa: empoderamiento de los trabajadores para la prevención de trastornos musculoesqueléticos. *Revista española de salud pública*, 83(4), 509-518.
17. Gongora, G. (. (2014). Gestión de los factores de riesgo que generan un impacto negativo en la salud en los Operadores Metalúrgicos que laboran en la Máquina de Vaciado Continuo de la Empresa ACINOX Tunas. Las Tunas: Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Industrial de la Universidad de Las Tunas. Obtenido de <http://roa.ult.edu.cu/bitstream/123456789/3051/1/Tesis%20George%20oK%20final%20Cap.1%20y%202-PAGINADO%20OK.pdf>

18. Groover, M. P. (1997). *Fundamentos de Manufactura Moderna. Materiales, procesos y sistemas*. México, D. F.: Prentice -Hall Hispanoamericana S. A.
19. Guaraca Padilla, H. P., & Vilema Chunata, J. H. (2016). *Aplicación de la normativa de seguridad industrial en los talleres y laboratorios de la Facultad de Mecánica*. Chimborazo: Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Industrial de la Escuela Superior Politécnica de Chimborzo. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5628/1/85T00400.pdf>
20. Kalpakjian, S. (2002). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. México, D.F.: Editorial Pearson.
21. Leirós, L. I. (2009). Historia de la Ergonomía, o de cómo la Ciencia del Trabajo de basa en verdades tomadas de la Psicología. *Revista de historia de la psicología*, 30(4), 33-53.
22. Lizarraga Diez de Ulzurrun, P. (2015). *Evaluación de factores de riesgo ergonómico y psicosocial y medidas de prevención en una empresa del metal navarra. Estudio de caso*. Pamplona: Trabajo fin de grado de la Universidad Pública de Navarra. Obtenido de <https://academica-e-unavarra.es/bitstream/handle/2454/17803/68586TFMLizarraga.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
23. Macías-Caza, C. B. (2017). *Evaluación de riesgos y planificación de la actividad preventiva de una empresa de fundición y fabricación de estructuras metálicas*. Trabajo de grado para optar al título de Master Oficial Universitario en Prevención de Riesgos Laborales de la Universidad Internacional de La Rioja. Obtenido de <https://reunir.unir.net/bitstream/handle/123456789/6593/MACIAS%20CAZA%2c%20BRIGITTE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
24. Mendaza, P. L. (1993). NTP 322: Valoración del riesgo de estrés térmico: índice WBGT. España: Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo, 1, 1-6. Obtenido de https://www.ccoo.cat/pdf_documents/2019/copsdecalor2_NTP_322.pdf
25. Palella Stracuzzi, S., & Martins Pestana, F. (2010). *Metodología de la investigación cuantitativa*. Caracas, Venezuela: FEDUPEL, Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador.
26. Pino Montalvo, D. A. (2018). *Propuesta de un plan de emergencia para prevenir y mitigar los riesgos de origen natural y antrópico en las instalaciones de fundiciones Bonilla, ubicada en la ciudad de Ibarra*. Ibarra, Ecuador: Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Industrial de la Universidad Técnica del Norte. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7795/1/04%20IND%20101%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
27. Prevalia, S. (2013). *Riesgos ergonómicos y medidas preventivas en las Empresas Lideradas por Jóvenes Empresarios*. Madrid, España.
28. Quintero, O. (1998). *PRINCIPIOS DE LA TECNOLOGIA DE FUNDICION*. Caracas, Venezuela: Manuscrito realizado en el Departamento de Ciencia de los Materiales de la Universidad Simón Bolívar.
29. Saavedra Poveda, J. A., & Rodríguez Lavado, K. A. (2017). *Estudio de Variables Ergonómicas y de Condiciones de Trabajo que Afectan la Fatiga de los Conductores de*

Transporte Público Individual. BOGOTÁ D.C: Monografía - UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS, Facultad de Ingeniería.

30. Schaufeli, W. B., & Salanova, M. L. (2002). ¿Cómo evaluar los riesgos psicosociales en el trabajo. *Prevención, trabajo y Salud*, 20(1), 4-9.
31. Solano Cuyubamba, J. (2011). Ergonomía y productividad. *Industrial Data*, 48-50.
32. Villar Fernández, M. F. (2015). Posturas de trabajo: evaluación del riesgo. España: INSHT.

©2020 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).