



# HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO:

## Análisis, Evaluación y Control

**Autores Coordinadores**  
Andrés Porto Solano  
Bertha Villalobos Toro  
Harold Pérez Olivera

HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO:  
ANÁLISIS, EVALUACIÓN Y CONTROL (TOMO 1)

**Autores Coordinadores**

Andrés Porto Solano  
Bertha Villalobos Toro  
Harold Pérez Olivera

**Autores**

Harold Pérez Olivera  
David Martínez Consuegra  
Engels Revuelta  
Roberto Porto Solano  
Bertha Inés Villalobos Toro  
José Rafael Palacio Angulo  
Jainer Alberto Sánchez Sanjuán,  
Jairo Martínez Consuegra  
Dayni Reyes Sanjuan  
Gustavo Andrés Araque González  
David Alberto García Arango  
Elkin Darío Aguirre Mesa  
Gabriel Jaime Rivera León  
Elkin Orlando Vélez Sánchez  
Liseth Paola Fontalvo  
Milena Rosa Martínez Vergara,  
Jesús Rafael Cohen Jiménez  
Pablo Andrés Palencia Domínguez  
Yunehiry Esther Zapata Saavedra  
Andrés Porto Solano

SELLO EDITORIAL CORUNIAMERICANA

Higiene y seguridad en el trabajo : análisis, evaluación y control / Bertha Inés Villalobos Toro ... [et. al.]. -- Barranquilla: Corporación Universitaria Americana, 2018.

223 p. ; 17x24 cm.

ISBN: 978-958-5512-53-5

1. Seguridad industrial – 2. Riesgo ocupacional. -- Corporación Universitaria Americana. I. Villalobos Toro, Bertha Inés. II. Pérez Olivera, Harold Alexis. III. Zapata Saavedra, Yunehiris. IV. Porto Solano, Andrés. V. Suárez López, Diana. VI. Cohen Jiménez, Jesús Rafael. VII. Pacheco Martínez, Gabriel Alfonso. VIII. De la Hoz, Dania. IX. Becerra Ossa, Jhennys Paola. X. Fontalvo Rueda, Liseth. XI.

363.11 H638 2018 cd 21 ed.

Corporación Universitaria Americana-Sistema de Bibliotecas

**Corporación Universitaria Americana©**

Sello Editorial Coruniamericana©

ISBN: 978-958-5512-53-5

#### **HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO: ANÁLISIS, EVALUACIÓN Y CONTROL (TOMO 1)**

Autores Coordinadores:

**Andrés Porto Solano, Bertha Villalobos Toro, Harold Pérez Olivera**

Autores:

© Harold Pérez Olivera, ©David Martínez Consuegra, ©Engels Revuelta, © Roberto Porto Solano,

© Bertha Inés Villalobos Toro, © José Rafael Palacio Angulo, © Jainer Alberto Sánchez Sanjuán,

© Jairo Martínez Consuegra, © Dayni Reyes Sanjuan, © Gustavo Andrés Araque González

© David Alberto García Arango, © Elkin Darío Aguirre Mesa, © Gabriel Jaime Rivera León

© Elkin Orlando Vélez Sánchez, © Liseth Paola Fontalvo , © Milena Rosa Martínez Vergara,

© Jesús Rafael Cohen Jiménez, © Pablo Andrés Palencia Domínguez, © Yunehiry Esther Zapata Saavedra, © Andres Porto Solano

**Presidente**

JAIME ENRIQUE MUÑOZ

**Rectora Nacional**

ALBA LUCÍA CORREDOR GÓMEZ

**Vicerrector Académico Nacional**

MARIBEL YOLANDA MOLINA CORREA

**Vicerrector de Investigación Nacional**

ASTELIO DE JESÚS SILVERA SARMIENTO

**Director Sello Editorial**

JUAN CARLOS ROBLEDO FERNÁNDEZ

Sello Editorial Coruniamericana

selloeditorialcoruniamericana@coruniamericana.edu.co

**Diagramación y portada:** Kelly J. Isaacs González

**Corrección de estilo:** Eva Luna Contreras Mariño

**1a edición:** 14 de diciembre de 2018

**Pares Evaluadores**

Kelly Johana Soto Prada  
Maestría en Salud Ocupacional

Omar Enrique Paternina Millán  
Magister en Salud Ocupacional

**Comité Científico**

Andrés Gabriel Sánchez Comas  
Maestría en Ingeniería

Nelson Michael Méndez Salamanca  
Ph.D. Ciencias de la Educación

## Contenido

<b>ESTRÉS TÉRMICO EN AMBIENTES DE TRABAJO .....</b>	<b>6</b>
<i>Harold Pérez Olivera, David Martínez Consuegra, Engels Revuelta Licea</i>	
<b>ILUMINACIÓN: EVALUACIÓN Y CONTROL DEL RIESGO .....</b>	<b>42</b>
<i>Harold Alexis Pérez Olivera, David Martínez Consuegra, Roberto Stevens Porto Solano, Bertha Inés Villalobos Toro</i>	
<b>FACTORES DE RIESGOS PSICOSOCIAL LABORAL EN EL ÁREA DE MANTENIMIENTO Y ENSAMBLE DE MOTORES NÁUTICOS DE BARRANQUILLA .....</b>	<b>109</b>
<i>José Rafael Palacio Angulo, Jainer Alberto Sánchez Sanjuán, David Martínez Consuegra, Jairo Martínez Consuegra, Dayni Reyes Sanjuan</i>	
<b>LEAN MANAGEMENT Y SU IMPLEMENTACIÓN EN EL SECTOR INDUSTRIAL: FORTALEZAS, DEBILIDADES Y RETOS POR ABORDAR EN EL CONTEXTO DE PRODUCCIÓN COLOMBIANO: UNA REVISIÓN .....</b>	<b>123</b>
<i>Gustavo Andrés Araque González David Alberto García Arango Elkin Darío Aguirre Mesa Gabriel Jaime Rivera León Elkin Orlando Vélez Sánchez</i>	
<b>EVALUACION OCUPACIONAL DE MATERIALES PARTICULADOS: GASES Y VAPORES .....</b>	<b>154</b>
<i>Harold Alexis Pérez Olivera David Martínez Consuegra Liseth Paola Fontalvo Rueda Berta Villalobos Toro</i>	
<b>FUEGO Y EXPLOSIONES EN ESPACIOS CONFINADOS .....</b>	<b>190</b>
<i>Harold Alexis Pérez Olivera, David Martínez Consuegra, Yunehiry Esther Zapata Saavedra, Andres Porto Solano</i>	
<b>CASO: SINDROME DEL TUNEL CARPIANO EN LOS TRABAJADORES DEL ÁREA DE MOTORES EN BARRANQUILLA .....</b>	<b>213</b>
<i>Milena Rosa Martínez Vergara, José Rafael Palacio Angulo, Jesús Rafael Cohen Jiménez, Jairo Martínez Consuegra, Pablo Andrés Palencia Domínguez</i>	

# **ESTRÉS TÉRMICO EN AMBIENTES DE TRABAJO**

Harold Pérez Olivera<sup>1</sup>

David Martínez Consuegra<sup>2</sup>

Engels Revuelta Licea<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> hperez@coruniamericana.edu.co

<sup>2</sup> dmartinez@coruniamericana.edu.co

<sup>3</sup> engels.rl@misena.edu.co

# INTRODUCCIÓN

En buena parte de los procesos de la industria por naturaleza misma, se generan ambientes de trabajo donde la temperatura es extrema, lo que afecta a los trabajadores que permanecen en ellos al sufrir de un agotamiento físico importante. Este agotamiento generalmente se produce durante la exposición a un grado de temperatura extremo combinado con una pesada carga de trabajo.

En entornos de trabajo en el que operan máquinas y equipos que generan fuentes de energía elevadas el trabajador expuesto puede sufrir estrés térmico, pudiendo llegar a provocarse síntomas como espasmos, malestar general, e incluso la muerte.

Nuestro cuerpo es capaz de mantener y estabilizar el calor corporal en condiciones estables, la cual oscila en los 37°C, y en ese sentido siempre buscará mantener la temperatura interna del cuerpo en condiciones estables mediante herramientas fisiológicas que pueden conducir a situaciones que pueden poner en riesgo la salud, integridad y seguridad de un trabajador.

La evaluación de las condiciones de temperatura en un lugar de trabajo busca comparar los valores de confort térmico en el desarrollo de las actividades rutinarias de un trabajador, y en el entorno natural del mismo. El estrés térmico, como factor de riesgo está presente en la gran mayoría de actividades industriales asociadas a sistemas hombre-máquina que se ven incrementados con la introducción cada vez más creciente de nuevas tecnologías a la producción.

Suele relacionarse con tareas en las cuales el trabajador se ve expuesto a condiciones térmicas inusuales, es decir, por encima o por debajo de los niveles tolerables del organismo y que pueden poner en riesgo su salud. Puede darse en cualquier entorno, no necesariamente laboral, pero su análisis en este texto se enfoca a condiciones de trabajo. De hecho, los equipos de protección personal suponen en ciertos ambientes, y potenciar condiciones de temperatura que hacen aún más riesgoso el desarrollo de sus funciones y generar situaciones peligrosas impredecibles.



**Ilustración 1. Trabajos típicos en condiciones extremas de temperatura**

El estrés térmico está relacionado con la acumulación de calor excesivo en el cuerpo humano, o por el efecto de condiciones muy bajas de temperatura; en ambos casos, excesiva. Se requiere entonces generar ambientes controlados de temperatura para disminuir el riesgo de que el trabajador sea objeto de afectaciones en su salud o se generen condiciones que pongan en peligro su integridad. Por encima de 48°C se ingresa en una zona de riesgo, pues el exceso de calor puede conllevar a generar problemas cardiovasculares, renales, respiratorios, cutáneos, entre otros, así como se aumenta el riesgo de sufrir las llamadas “enfermedades relacionadas con el calor”.

## **1.1. MARCO CONCEPTUAL DEL ESTRÉS TÉRMICO COMO FACTOR DE RIESGO LABORAL**

Para entender el efecto del estrés térmico en el trabajador, es necesario tener claridad sobre los siguientes conceptos:

**Calor:** el calor representa la cantidad de energía térmica transferida entre un cuerpo y otro debido al diferencial de temperatura entre ambos.

- **Conducción térmica:** implica la transferencia de calor entre dos cuerpos dado el contacto directo entre éstos, los cuales se encuentran a diferentes temperaturas, de manera que sus partículas individuales busquen un equilibrio energético.
- **Convección térmica:** se produce únicamente entre materiales en estado líquido o gaseoso, pues implica la transferencia de temperatura de

volúmenes de fluido de unas zonas con mayor temperatura a otras con una menor, como es el caso de los calefactores de aire en una vivienda.

- **Radiación térmica:** en este caso, la temperatura se transmite por radiación electromagnética, como es el caso de la energía solar.



**Ilustración 2. Transmisión del calor**

- **Evaporación:** se genera por el intercambio de calor entre la piel y el aire circundante producto de la evaporación del sudor, la cual se ve afectada por la humedad del entorno y la velocidad del aire

Si la temperatura de un entorno es mayor que la del cuerpo, en lugar de perder calor, el cuerpo aumenta su temperatura corporal por efecto de la radiación o conducción del medio circundante, por lo que el único medio que encuentra para nivelar su temperatura es la evaporación por sudor. De tal forma que cualquier elemento externo que lo impida generará que su temperatura corporal aumenta considerablemente y ponga en riesgo sus labores, su productividad y seguridad.

### **1.1.1. CONFORT TÉRMICO.**

Se entiende por confort térmico como la satisfacción de un individuo respecto al ambiente térmico en que se encuentra realizando sus actividades. Depende de aspectos como:

- El calor metabólico
- La temperatura del aire

- El porcentaje de humedad del aire
- Velocidad de movimiento del aire
- Temperatura radiante de los sólidos y/o fuentes de calor cercanas

El ser humano es capaz de adaptarse a su entorno ambiental para sentirse cómodo, por lo que el control del ambiente térmico es sumamente importante. Se buscará siempre evitar cambios extremos y repentinos de temperatura en las áreas de trabajo para prevenir cantidad de riesgos al trabajador que se desempeña en ella.

En ese orden de ideas, surge el concepto de aclimatación, que corresponde a la capacidad del ser humano para adaptarse de manera gradual a las condiciones ambientales que le permiten a una persona tolerar sobrecarga térmica, manteniendo una temperatura corporal estable.

El choque térmico de hecho supone un gran riesgo para el trabajador si no se diseñan condiciones de aclimatación, pues en muchas ocasiones la temperatura del área de trabajo no coincide con la que el trabajador encuentra en el entorno externo al finalizar una jornada laboral, por ejemplo.

### **1.1.2. ESTRÉS TÉRMICO POR CALOR**

Desarrollar una actividad laboral en un entorno caluroso genera gran incomodidad, más aún si no hay circulación de aire y la humedad ambiental es alta. Cuando las condiciones ambientales son extremas (fundiciones, hornos, cocinas, etc.) se requiere diseñar condiciones de trabajo especiales para evitar los efectos adversos que las altas temperaturas contraen al trabajador, que pueden llevar a grandes riesgos y afectaciones de salud y seguridad, pudiendo incluso provocar la muerte.



**Ilustración 3. Ambientes laborales a altas temperaturas**

Hace unos años se hablaba del efecto del calor con un tinte especial para regiones caribeñas. Sin embargo, hoy día, con los efectos del cambio climático se espera que las condiciones cada vez sean más extremas, especialmente en trabajos al aire libre y en los cuales existe trabajo físico.

Para funcionar de manera normal, el cuerpo requiere mantener una estabilidad en su temperatura corporal en relación a los  $37^{\circ}\text{C}$ , la cual al verse superada detona una serie de efectos nocivos para la salud, y a partir de los  $40^{\circ}\text{C}$  conlleva a la potencial muerte.

Los efectos adversos en la salud se dan en gran medida por la acumulación excesiva de calor en el cuerpo, de ahí que se requiera implementar mecanismos que permitan controlar las condiciones ambientales en que el trabajador desempeña sus funciones, con lo cual se puede decir que los efectos patológicos que se producen en el ser humano son producto de la acumulación excesiva de calor en el cuerpo.

En gran medida esto se debe a la sobrecarga fisiológica de la que es producto el cuerpo humano, pero no se puede dejar de lado que los efectos por menores que sean, generan fatiga, incomodidad, estrés, entre otros, que pueden potenciar la capacidad de errar en la ejecución de tareas por parte de un operario, potencializando así accidentes y lesiones.

#### **1.1.2.1. Efectos y riesgos asociados al estrés térmico por calor.**

Los efectos generados por el estrés térmico por calor son muy diversos. Pueden presentarse de manera paulatina o instantánea y tener consecuencias graves e irreversibles. En la mayoría de los casos es fácilmente identificable y se puede predecir con mayor precisión sus consecuencias. Pero en cambio, en circunstancias no extremas el estrés térmico puede pasar inadvertido, pero igual afectar las condiciones de seguridad del trabajador y su entorno (Pérez, Martínez, Cohen, Palencia & Maldonado, 2018).

*Es importante tener en cuenta que el exceso de calor corporal puede hacer que aumente la probabilidad de que se produzcan accidentes de trabajo o se agraven problemas de salud previos del trabajador.*

En términos generales, el efecto más simple parte de la incomodidad del trabajador de realizar sus labores con una sensación molesta de calor. La sudoración y el tipo de ropa que se lleva pueden aumentar mucho más esta sensación.

Esta se potencializa y aumenta aún más en la medida en que el trabajo se realice de manera continua, con pocos o nulos espacios de pausa o descanso. Igualmente sucede en los casos en que el trabajador tiene algún tipo de enfermedad crónica, la cual puede verse agravada o potencializada como producto de los efectos del calor en el organismo del trabajador expuesto. La más peligrosa relacionada directamente con las altas temperaturas es la que se conoce como el golpe de calor, que puede llevar a la muerte.

A continuación se presentan las enfermedades relacionadas con el calor, qué causas las originan, síntomas, atención de primeros auxilios y medidas preventivas.

**Tabla 1. Enfermedades relacionadas con el calor**

ENFERMEDADES	CAUSAS	SÍNTOMAS	ESTRATEGIAS DE
--------------	--------	----------	----------------

RELACIONADAS CON EL CALOR			PREVENCIÓN
<b>ERUPCIÓN CUTÁNEA</b>	Piel mojada debido a excesiva sudoración o a excesiva humedad ambiental	Erupción roja desigual en la piel. Puede infectarse. Molestias que impiden o dificultan trabajar y descansar bien	Ducharse regularmente, usar jabón sólido y secar bien la piel. Evitar la ropa ajustada
<b>DESHIDRATACIÓN</b>	Pérdida excesiva de agua, debido a que se suda en exceso y no se repone al agua perdida.	Sed, boca y mucosas secas, fatiga, aturdimiento, taquicardia, piel seca, micciones menos frecuentes y de menor volumen, orina concentrada y oscura	Beber abundante agua fresca con frecuencia, aunque no se tenga sed. Consumo adecuado de sal con las comidas
<b>AGOTAMIENTO POR CALOR</b>	En condiciones de estrés térmico por calor: trabajo continuado sin descansar o perder calor y sin reponer el agua y las sales perdidas al sudar.	Debilidad y fatiga extrema, náuseas, malestar, mareos, taquicardia, dolor de cabeza, pérdida de conciencia pero sin obnubilación.  Piel pálida, fría y mojada por el sudor.  La temperatura rectal puede superar los 39°C	Aclimatación. Consumo adecuado de sal con las comidas y mayor durante la aclimatación. Beber agua abundante aunque no se tenga sed
<b>SÍNCOPE POR CALOR</b>	Al estar de pie e inmóvil durante mucho tiempo en sitios calurosos, no llega suficiente sangre al cerebro	Desvanecimiento, visión borrosa, mareo, debilidad, pulso débil.	Aclimatación. Evitar estar inmóvil durante mucho tiempo, moverse o realizar alguna actividad para facilitar el retorno venoso al corazón.
<b>CALÁMBRES</b>	Pérdida excesiva de sales, debido a que se suda en exceso.  Bebida de grandes cantidades de agua sin que se ingieran sales para reponer las pérdidas con el sudor.	Espasmos (movimientos musculares involuntarios) y dolores musculares en los brazos, piernas, abdomen, etc.  Pueden aparecer durante el trabajo o después de éste	Consumo adecuado de sal con las comidas.
<b>GOLPE DE CALOR</b>	En condiciones de estrés térmico por	Taquicardia, respiración rápida y	Vigilancia médica previa en trabajos en condiciones de

	<p>calor: trabajo continuado de operarios no aclimatados, mala forma física, susceptibilidad individual, enfermedad cardiovascular crónica, toma de ciertos medicamentos, obesidad, ingesta de alcohol, deshidratación, agotamiento por calor, etc.</p> <p>Puede aparecer de manera brusca y sin síntomas previos.</p> <p>Fallo del sistema de termorregulación fisiológica. Elevada temperatura central y daños en el sistema nervioso central, hígado, riñones, etc., con alto riesgo de muerte.</p>	<p>débil, tensión arterial elevada o baja, disminución de la sudoración, irritabilidad, confusión y desmayo.</p> <p>Alteraciones del sistema nervioso central.</p> <p>Piel caliente y seca, con cese de sudoración</p> <p>Temperatura rectal puede superar los 40.5°C.</p> <p>Peligro de muerte</p>	<p>estrés térmico por calor. Aclimatación. Atención especial en olas de calor y épocas calurosas. Reajustar los horarios de trabajo, en caso necesario. Consumo frecuente de agua. Consumo adecuado de sal con las comidas.</p>
--	--	---	---

Además del estrés térmico por calor, se debe tener en cuenta aspectos como:

- **El tiempo de exposición a las condiciones de alta temperatura:** aún si se tratase de temperaturas no tan altas, si el tiempo de exposición es muy extenso se corre el riesgo acumulación calórica en el cuerpo.
- **Factores personales:** aspectos relacionados a obesidad, consumo de bebidas alcohólicas, drogas, cafeínas, mal estado físico, entre otros pueden generar condiciones adversas en el organismo del trabajador expuesto y potencializar los efectos.

- **La falta de aclimatación al calor.** Un trabajador no aclimatado puede sufrir graves lesiones y daños orgánicos al verse expuesto a condiciones de alta temperatura. En general, ningún trabajador deberá trabajar una jornada completa en condiciones de estrés térmico por calor sin antes estar aclimatado.

La aclimatación al calor hace que el cuerpo pueda tolerar los efectos del calor y regular mejor su temperatura corporal, aumentando la producción de sudor para lograr que la temperatura del cuerpo no se eleve de forma extrema. Éste proceso de aclimatación puede tomar entre 7 y 14 días dependiendo de la capacidad de adaptación de cada organismo.

### **1.1.3. ESTRÉS TÉRMICO POR FRÍO**

Al igual que el trabajo en condiciones de elevada temperatura, trabajar en entornos con muy bajas temperaturas puede llevar a lesiones, enfermedades y efectos nocivos contra la salud, las cuales se denominan conjuntamente estrés debido al frío. Entre los puestos de trabajo asociados a esta problemática se encuentran:

- Trabajos al aire libre durante días fríos
- Labores en salas refrigeradas o cuartos fríos (frigoríficos, laboratorios, industria química, entre otros)
- Trabajos en agua fría, lluvia o nieve
- Labores que requieren la manipulación de objetos o materiales fríos.

Ciertamente, cada individuo es más propenso a tolerar que otros el frío. La mala condición física, los hábitos alimenticios, el consumo de bebidas alcohólicas y drogas puede tener un impacto en la capacidad de tolerancia de un organismo, pero más aún en el deterioro de sus condiciones de salud.

#### **1.1.3.1. Riesgos generales derivados del estrés por frío.**

La exposición al frío puede generar en los trabajadores efectos como la deshidratación, entumecimiento, pérdida de movilidad, escalofríos, congelación

e hipotermia. Pueden ser localizados o sistémicos dependiendo del área afectada del organismo.

Mientras el entumecimiento y la congelación son efectos localizados, la hipotermia constituye un efecto de carácter sistémico grave, pues en el momento en que el organismo es incapaz de mantener su temperatura corporal, al verse expuesto a condiciones de frío, su temperatura corporal desciende peligrosamente generando diversos efectos como la dificultad para moverse y hablar, confusión, escalofríos violentos, debilidad, pulso irregular, hasta llevarlo a la pérdida de conocimiento.

Cualquier disminución en la concentración o movilidad del trabajador pone en riesgo su integridad personal y la de sus compañeros, y en este sentido, el frío es un agente que potencializa estos efectos derivados de la lentitud de reacción y torpeza de movimientos.

La temperatura y velocidad del aire son determinantes en ambientes como cuartos fríos, frigoríficos, trabajos en ambientes externos a bajas temperaturas, entre otros. El enfriamiento de las partes del cuerpo expuestas puede conllevar a congelamiento o hipotermia.

### **Efectos de las temperaturas bajas sobre el organismo**

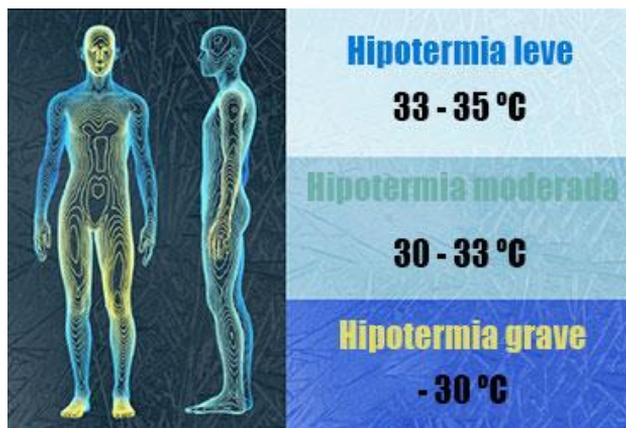
Los efectos que producen las temperaturas bajas sobre el organismo son las siguientes:

- Enfriamiento (hipotermia)
- Vaso constricción sanguínea
- Cierre de las glándulas sudoríparas
- Disminución circulación periférica
- Autofagia de grasas
- Encogimiento
- Muerte a temperatura interior inferior a 28° C por paro cardiaco

### **Consecuencias de la hipotermia**

La hipotermia produce:

- Malestar general
- Disminución de la destreza manual
- Comportamiento extravagante (falta de riego al cerebro)
- Congelación de los miembros.



**Ilustración 4. Cuadros de hipotermia**

La hipotermia puede definirse como la disminución no intencionada de la temperatura corporal central por debajo de 35° C, clasificándose como leve, moderada o grave, de acuerdo a la temperatura corporal:<sup>4</sup>

- Leve ( $> 32.2^{\circ}$  C): respuesta defensiva, escalofríos.
- Moderada ( $26.7-32-2^{\circ}$  C): paciente semiconsciente, se interrumpen los escalofríos.
- Grave ( $< 26.7^{\circ}$  C): paciente comatoso, con disnea y fibrilación ventricular.

### **Lesiones por frío**

Al persistir la acción local del frío, la caída de la temperatura alcanza el punto de congelación, que para la piel es de  $-0,530^{\circ}$  C, para el tejido blando  $-2^{\circ}$  C, y para el hueso  $-4^{\circ}$  C; en este punto se mantiene y se considera ya instaurada la congelación.<sup>5</sup>

<sup>4</sup> [www.saludalia.com](http://www.saludalia.com)

<sup>5</sup> Guyton. A. C. *Manual de fisiología médica*. Edit. Interamericana. México. 1971. Pág. 51.

Nuestro organismo se encuentra mejor adaptado para sobrevivir en zonas con temperaturas cercanas a los 27°C. Los fisiólogos consideran el cuerpo humano como un centro homoiotérmico constituido por un núcleo (músculos y órganos internos) y una cubierta formada por la piel, el tejido subcutáneo y los músculos. La cubierta protectora cubre el núcleo central y conserva la temperatura del cuerpo<sup>6</sup>

EL flujo sanguíneo hacia la piel es uno de los reguladores por excelencia en la exposición al frío, especialmente en las extremidades que son las primeras en sufrir los síntomas de las bajas temperaturas, pues ésa condición se interrumpe por la vasoconstricción.

La exposición a frío extremo está relacionada a factores como la velocidad del viento, la temperatura ambiente, la altitud, los tiempos de exposición, la humedad y las condiciones físicas del organismo expuesto.

## **Prevención**

Se basa en el control de los cuatro factores más importantes que favorecen el congelamiento:<sup>7</sup>

- a. Control de la humedad (multiplica por 14 la acción del frío);
- b. Protección frente al viento (multiplica por 10 la acción del frío);
- c. Adaptación correcta a la altitud (por la hipoxia que conlleva), y
- d. No llevar excesivamente apretado el calzado (condiciona una peor vascularización).

En este sentido son múltiples las acciones que se pueden tomar para disminuir el efecto del frío y mantener un ambiente controlado de riesgo. La siguiente tabla presenta un listado importante de medidas preventivas.

---

<sup>6</sup> *Ibidem*. Pág. 51.

<sup>7</sup> Lehman, G. *Fisiología práctica del trabajo*. Edit. Aguilar. Madrid. 1960. Pág. 71.

**Tabla 2. Medidas preventivas frente al riesgo de estrés por frío<sup>8</sup>**

<b>Actuación preventiva</b>	<b>Efecto Buscado</b>
Protección de extremidades	Evitar enfriamiento localizado
Seleccionar la vestimenta apropiada	Facilitar evaporación del sudor
Establecer jornadas laborales que permitan la recuperación del trabajador	Recuperar pérdidas de energía calorífica
Ingestión de bebidas calientes	Recuperar pérdidas de energía calorífica
Limitar el consumo de café como diurético y modificador de la circulación sanguínea	Minimizar pérdidas de agua
Sustituir la ropa humedecida	Evitar la congelación del agua y por consiguiente la pérdida de energía calorífica
Disminuir el tiempo de permanencia en ambientes fríos	La pérdida de energía calorífica depende del tiempo de exposición al frío.
Controlar el ritmo de trabajo	Generar mayor potencia calorífica evitando excederse, ya que podría aumentar la sudoración y el humedecimiento de la ropa

De igual manera, es importante controlar la exposición a corrientes de aire que intensifiquen el efecto del frío en las áreas de trabajo.

Se recomienda establecer un programa de vigilancia a la salud con el objetivo de detectar posibles casos que aumenten el riesgo del trabajador relativo a tratamientos o medicamentos que puedan potenciar los efectos del estrés por frío.

#### **1.1.4. CONDICIONES ÓPTIMAS**

Se requiere mantener en condiciones estables variables como la temperatura ambiente, la velocidad del aire y humedad para garantizar que el trabajador no tenga pérdidas en su balance térmico y esto se constituya en un factor de riesgo

---

<sup>8</sup> Fuente: Pablo Luna Mendaza. NTP 462. Estrés por frío: evaluación de las exposiciones laborales

laboral. A continuación se presentan los valores de referencia acorde a las indicaciones de la ACGIH (America Conference of Governmental Industrial Higienists).

**Tabla 3. Valores óptimos de temperatura, humedad y velocidad del aire.**

<b>Tipo de trabajo</b>	<b>Temperatura óptima (°C)</b>	<b>Grado de humedad del aire</b>	<b>Velocidad del aire (m/seg)</b>
Trabajo intelectual o físico ligero en posición sentado	18 - 24	40% - 70%	0.1
Trabajo moderado en posición de pie	17 - 22	40% - 70%	0.1 – 0.2
Trabajo pesado	15 - 21	30% - 65%	0.4 – 0.5
Trabajo muy pesado	12 - 18	20% - 60%	1.0 – 1.5

## **1.2. EVALUACIÓN DEL CALOR**

Para la evaluación de las condiciones climáticas en los puestos de trabajo, se toma como referencia los índices para la evaluación del calor, que buscan establecer la relación entre los parámetros de temperatura ambiental con relación a los límites permisibles o valores de referencia de exposición a temperatura por parte del trabajador.

Los índices más utilizados en Higiene Industrial son:

- Índice de Temperatura Efectiva (TE)
- Índice de la Temperatura Efectiva Corregida (TEc)
- Índices PMV, PPD-NORMA ISO 7730
- Índice WBGT (Wet Bulb Globe Temperature)
- Criterios ACCGIH
- Criterios OSHA
- NORMA ISO 7243
- Índice de Estrés Térmico (IST)

## 1.2.1. ÍNDICE DE TEMPERATURA EFECTIVA (TE)

Se conoce como Temperatura Efectiva de un entorno a la que indica un termómetro seco inmerso en un ambiente equivalente, es decir, que produzca la misma sensación de frío o calor, manteniendo el aire en reposo, humedad saturada y temperatura igual entre las paredes y el suelo. En este índice intervienen la temperatura seca, la temperatura húmeda y la velocidad del aire.

La siguiente figura se utiliza para determinar temperaturas efectivas, es decir, cuando el suelo y paredes se encuentran a la misma temperatura del aire, en función de las temperaturas seca y húmeda y de la velocidad del aire.

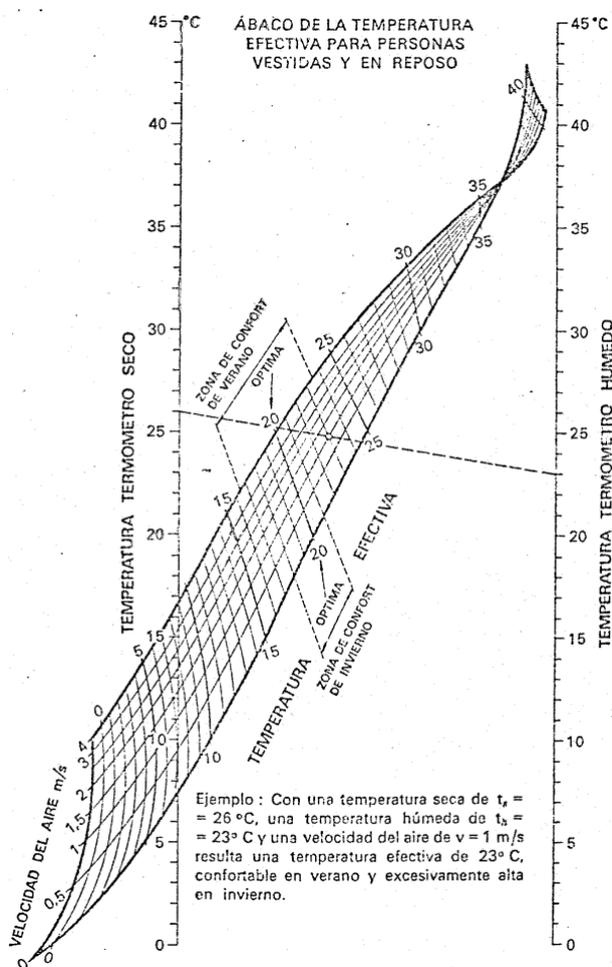


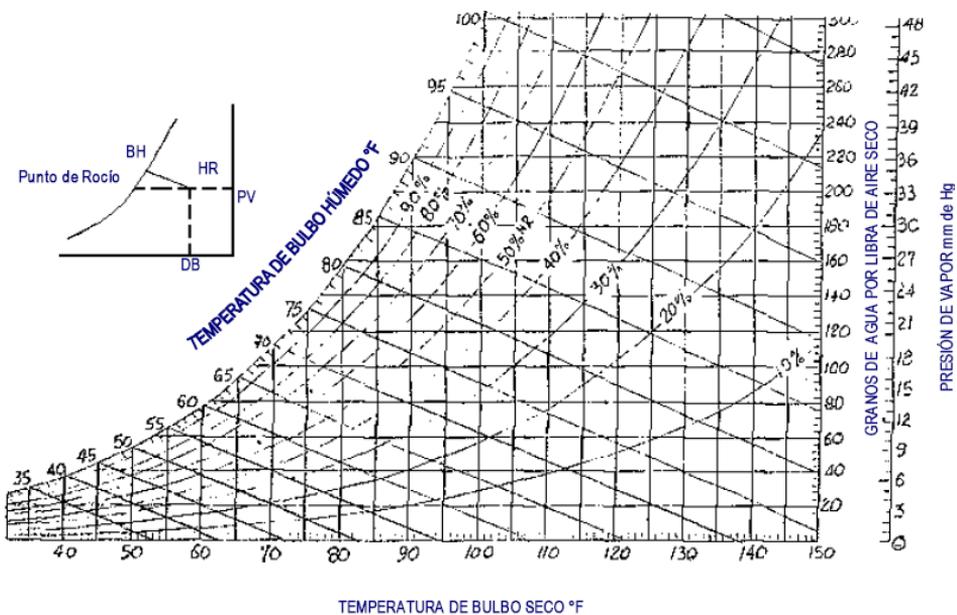
Ilustración 5. Nomograma para el cálculo de la Temperatura Efectiva

Para determinar la temperatura efectiva se procede de la siguiente manera:

- Se identifican los puntos equivalentes a temperaturas de bulbo seco y de bulbo húmedo
- Luego, se unen los puntos de las escalas verticales laterales (temperaturas) y en el punto donde se interceptan con la velocidad del aire se determina la temperatura efectiva

### 1.2.2. ÍNDICE DE TEMPERATURA EFECTIVA CORREGIDA (TEc)

Esta herramienta se complementa con la Carta Psicrométrica, en la cual cualquier estado del aire ambiental está definido por un punto en función de la combinación entre temperatura seca, humedad específica, humedad relativa, entalpía y demás parámetros del aire en esas condiciones (Ilustración 5).



**Ilustración 6. Carta Psicrométrica**

Sin embargo, el mayor inconveniente de la Temperatura Efectiva, es que ésta no contempla el factor metabólico del trabajador, ni la radiación presente en el entorno laboral.

Dado que en la temperatura efectiva no es un índice corrector del confort se suele utilizar el índice de Temperatura Efectiva Corregida (TEc), en el cual interviene la temperatura radiante media, sustituyendo la temperatura seca por la temperatura de globo en el cálculo de la temperatura efectiva, entendiéndose como temperatura de globo la que indicaría un termómetro introducido en una esfera de cobre hueca de 15 cm de diámetro pintada de negro en su exterior, midiendo la temperatura radiante media del entorno.

La temperatura radiante media se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$T^4_R = T^4_G + 0.103 \cdot 10^9 \cdot v^{1/2} \cdot (T_G - T_S)$$

Donde  $v$  es la velocidad del aire,  $T_G$  la temperatura de globo y  $T_S$  la temperatura seca.

Cuando la tasa de radiación es elevada, las correcciones que se deben efectuar son las siguientes:

1. Colocar la temperatura de globo  $T_g$  en la escala de la temperatura seca
2. En la Carta Psicométrica (Ilustración 5), la temperatura húmeda que correspondería al aire (con la misma humedad absoluta), si se calentase desde la temperatura seca  $T_s$ , hasta la temperatura  $T_g$ .
3. Colocar esta nueva temperatura húmeda corregida en la escala de la temperatura húmeda.
4. Unir los puntos, y donde corte la velocidad del aire correspondiente, se obtiene la temperatura efectiva corregida.

### **1.2.3. ÍNDICE DE TEMPERATURA DE GLOBO Y BULBO HÚMEDO WBGT**

El índice TGBH representa la temperatura a que puede estar expuesto un trabajador bajo determinada carga laboral y condiciones ambientales. Tiene relación directa con la carga metabólica del organismo y por ende se correlaciona con el calor metabólico en actividades laborales diferentes. Su denominación viene dada por la forma en que determina su valor, pues se requiere para ello los valores de temperatura húmeda, temperatura seca y

temperatura de globo, medidas mediante un termómetro de bulbo húmedo (Wet Thermometer), un termómetro de bulbo seco (Bulb Thermometer) y un termómetro de globo (Globe Thermometer).

Las expresiones que se utilizan para calcular el índice WBGT son:  
Para ambientes exteriores con carga solar:

$$WBGT = 0.7 * THB + 0.2 * TG + 0.1 * TBS$$

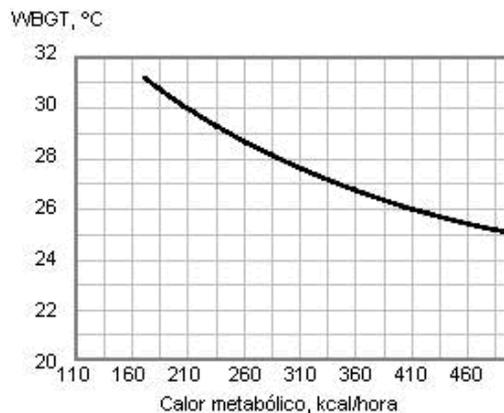
Para interiores o exteriores sin carga solar:

$$WBGT = 0.7 * TBH + 0.3 * TG$$

Donde:

- WBGT: Temperatura de globo y bulbo húmedo
- TBH: Temperatura de bulbo húmedo natural
- TG: Temperatura de Globo
- TBS. Temperatura de Bulbo seco

Una vez se obtiene el WBGT, se busca el equivalente Calor metabólico haciendo uso de la ilustración 6 que se presenta a continuación, teniendo en cuenta que éste último no debe ser superado, caso en el cual estaríamos ante un trabajador expuesto a riesgo de estrés térmico.



**Ilustración 7. Curva de Referencia Calor metabólico vs Índice WBGT – ISO 7243**

En la siguiente tabla se muestran los valores límite de referencia según la norma ISO 7243:

**Tabla 4. Valores límite de referencia para índice WBGT.**

Consumo metabólico (kcal/h)	WBGT límite (°C)			
	Persona aclimatada		Persona no aclimatada	
	Velocidad aire = 0	Velocidad aire ≠ 0	Velocidad aire = 0	Velocidad aire ≠ 0
≤ 100	33	33	32	32
100-200	30	30	29	29
200-310	28	28	26	26
310-400	25	26	22	23
> 400	23	25	18	20

### Estimación del consumo metabólico (M)

Para realizar los cálculos anteriores es necesario contar con el consumo metabólico o producción metabólica de calor del trabajador expuesto. Este parámetro corresponde al calor generado para mantener las funciones vitales del organismo además del producido en su zona de trabajo. El metabolismo basal corresponde a una constante con valor de 1 Kcal/min, que se estima es la media para la población laboral.

A este se le suma el calor generado por el entorno laboral, que suele estimarse mediante el uso de tablas. A continuación se muestran dos de las tablas más utilizadas creadas por la *American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)*.

**Tabla 5. Valores de referencia para la estimación del consumo metabólico**

Posición y movimiento del cuerpo	Consumo metabólico (Kcal/min)
Sentado	0,3
De pié	0,6
Andando	2,0-3,0
Subida de una pendiente andando	Añadir 0,8 por metro de subida

Tipo de trabajo		Media consumo (Kcal/min)	Rango consumo (Kcal/min)
Trabajo manual	Ligero	0,4	0,2-1,2
	Pesado	0,9	
Trabajo con un brazo	Ligero	1,0	0,7-2,5
	Pesado	1,7	
Trabajo con dos brazos	Ligero	1,5	1,0-3,5
	Pesado	2,5	
Trabajo con el cuerpo	Ligero	3,5	2,5-15,0
	Moderado	5,0	
	Pesado	7,0	
	Muy pesado	9,0	

La utilidad de este índice es la de permitir estimar el tiempo de descanso que requiere un trabajador para restablecer el balance térmico de su organismo al encontrarse expuesto al estrés térmico. Así, este indicador constituye una herramienta para determinar las condiciones de jornada laboral y espacios de pautas o descanso. Se calcula la fracción de tiempo de trabajo por cada hora mediante la siguiente expresión:

$$f_t = \left[ \frac{(A - B)}{(C - D + A - B)} \right] * \left( 60 \frac{\text{min}}{1 \text{ hora}} \right) \left( \frac{\text{min}}{h} \right)$$

Donde:

A = WBGT límite en el descanso (M < 100 Kcal/h). 33 °C para una persona aclimatada o 32 °C para una persona no aclimatada.

B = WBGT en la zona de descanso.

C = WBGT en la zona de trabajo.

D = WBGT límite en el trabajo.

De tal manera que un  $f_t$  de 45 minutos/h indicaría que el individuo requiere tener una pausa de descanso de 15 minutos por cada hora de trabajo que realice, para poder restablecer el equilibrio térmico dado el factor de riesgo térmico de su entorno.

#### 1.2.4. NIVELES PERMISIBLES

La Resolución 2400 de 22 de mayo de 1979 del Ministerio de Trabajo y de Salud colombiano establece los valores límite permisibles asociados al estrés térmico en ambientes laborales asumiendo los TLV que propone la ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) con base en la ISO 7243.

Los valores establecidos de exposición permisible para una jornada de 8 horas con el fin de determinar las condiciones a las que está sometido el trabajador acorde con su tipo de trabajo son las siguientes:

- Trabajo Liviano      32.2°C
- Trabajo moderado    29.5°C
- Trabajo pesado      26.6°C

Los valores límite de temperatura efectiva corregida en función del metabolismo y del estado de aclimatación del individuo se presentan a continuación.

**Tabla 6. Valores límite para TEC**

Metabolismo	Individuo no aclimatado	Individuo aclimatado
M = 200 W	30° C	32° C
M = 350 W	28° C	30° C
M = 530 W	26.5°C	28.5°C

Ahora bien, para condiciones de agresión térmica, entendiéndola como el desequilibrio térmico causado en el trabajador por su exposición a un ambiente de trabajo cálido, se consideran los siguientes valores límite de referencia.

**Tabla 7. Valores recomendados para el índice TGBH en grados centígrados**

TIPO DE TRABAJO	ACLIMATADO				NO ACLIMATADO			
	Liviano	Moderado	Pesado	Muy pesado	Liviano	Moderado	Pesado	Muy pesado
100% Trabajo	29.5	27.5	26.0	-	27.5	25.0	22.5	-
75% Trabajo 25% Descanso	30.5	28.5	27.5	-	29.0	26.5	24.5	-
50% Trabajo 50% Descanso	31.5	29.5	28.5	27.5	30.0	28.0	26.5	25.0
25% Trabajo 75% Descanso	32.5	31.0	30.0	29.5	31.0	29.0	28.0	26.5

En los casos de trabajo físico muy pesado relativo a las condiciones de calor, no se debe laborar jornadas continuas ni hasta para el 25 % de descanso por cada hora.

Los Valores Límites se han establecido asumiendo que bajo estas condiciones trabajadores sanos, bien hidratados y no medicados con ropa adecuada (camisa y pantalón largos) podrán desempeñarse efectivamente sin que su temperatura interna sobrepase 38 °C. En consecuencia bajo ninguna condición se permitirá continuar trabajando a un trabajador cuya temperatura interna alcance 38° C.

Para el ajuste por ropa de trabajo de los resultados obtenidos de la evaluación ambiental con el Índice TGBH (WBGT), se debe adicionar una carga de temperatura acorde a la siguiente tabla:

**Tabla 8. Adiciones en °C a los resultados de evaluación TGBH según ropa de trabajo**

<b>Tipo de ropa</b>	<b>Valor adicional al TGVH (°C)</b>
Ropa ligera	0
Overol de tela	+3.5
Overoles y ropa (dos capas)	+5

## **1.2.5. ESTRATEGIAS PARA EL CONTROL TÉRMICO EN EL PUESTO DE TRABAJO**

### **1.2.5.1. Aclimatación.**

Los procesos de aclimatación tienen en promedio una duración que va de 6 a 12 semanas, período en el cual se trabaja con el 50% de la jornada laboral durante los tiempos de exposición al estrés térmico y se va aumentando en un 10% cada día o cada dos días hasta llegar al 100% de la jornada laboral.

Para trabajadores nuevos, OSHA propone que se inicie en un 20% y se vaya aumentando un 20% cada día hasta completar el 100% del tiempo de jornada laboral.

### **1.2.5.2. Hidratación**

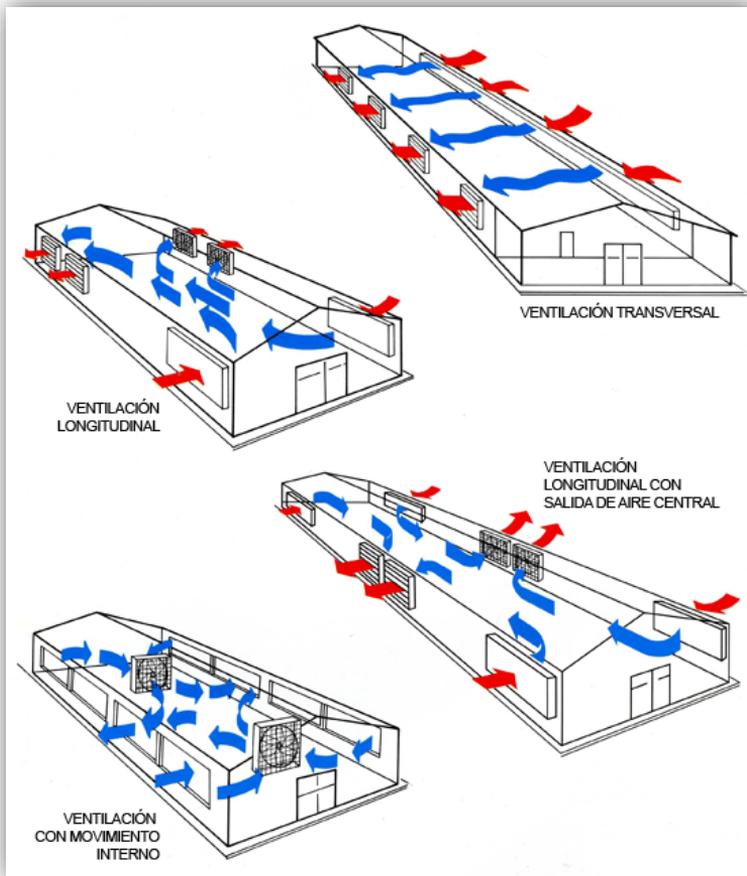
Es muy importante que los trabajadores puedan ingerir agua potable o bebidas hidratantes durante la jornada laboral, y en ese sentido, la compañía debe

proveer de ésta en las zonas cercanas al lugar de trabajo. Como medida aceptable, se debe consumir un vaso de agua cada 20 minutos en tareas en que el trabajador se vea expuesto al estrés térmico por calor.

Por el contrario, si se trata de estrés térmico por frío, se deberá entonces proveer de bebidas calientes durante la jornada laboral que permitan complementar las demás medidas a implementar

### 1.2.5.3. Sistemas de Ventilación

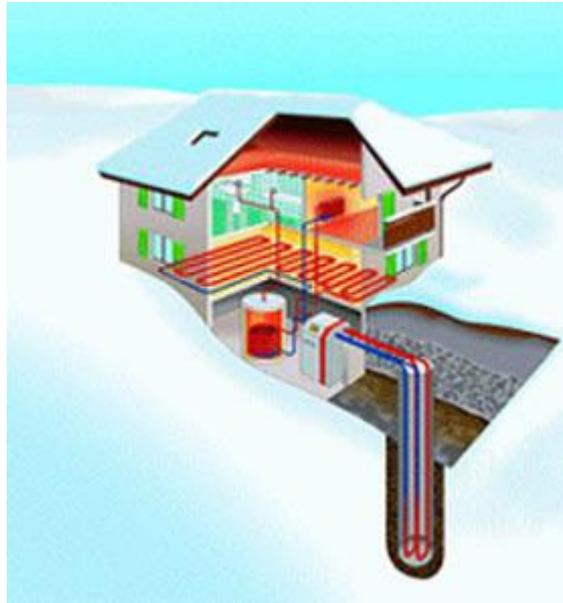
Están diseñados para diluir el aire caliente de un recinto cerrado, mediante el aprovechamiento del aire externo siempre que éste esté a menor temperatura que la del recinto



**Ilustración 8. Esquema de un sistema de ventilación general**

#### **1.2.5.4. Intercambiadores de calor**

Estos sistemas permiten la transferencia de calor entre dos fluidos. Son aplicables en sistemas de climatización o refrigeración (algo similar al efecto que produce el líquido refrigerante en el motor de un vehículo), logrando reducir la temperatura del lugar de trabajo.



**Ilustración 9. Esquema de un sistema de intercambiador de calor**

#### **1.2.5.5. Acondicionamiento de aire**

Es la herramienta más completa en cuanto a tratamiento del aire en las zonas de trabajo en cuanto permite regular la temperatura bien sea mediante calefacción o refrigeración de las áreas, afectando también la humedad y movimiento de aire. Los hay autónomos y centralizados.



### **Ilustración 10. Funcionamiento de un sistema de acondicionamiento de aire**

Es común referirse al *aire acondicionado* como refrigeración, lo cual no es correcto, puesto que también se puede referir a sistemas de calefacción siempre que se modifiquen las variables o parámetros del aire en las zonas de trabajo.

#### **1.2.5.6. Circuladores de Aire**

Estos sistemas son efectivos solo en casos en que se utilicen ventiladores de alta velocidad siempre que la temperatura del aire a circular sea menor que la del área de trabajo, pues se corre el riesgo entonces de circular aire caliente aumentando las condiciones de estrés térmico. Si la temperatura del aire es mayor a 35°C, la mayor velocidad del aire hace el sitio de trabajo más caliente y solo mejora la condición ambiental si el aire es seco. Si la humedad relativa del aire es el 100% el aumento en la velocidad del aire, aumenta el calor del sitio y se dificulta el intercambio de calor por evaporación con el medio.



**Ilustración 11. Circuladores de aire**

Un ejemplo claro de ello, es cuando al dejar un vehículo completamente cerrado en un espacio al contacto de la luz y el calor del día, al ingresar se enciende de manera inmediata el aire acondicionado. En tal caso, el efecto que se logra es el de circular aire caliente en el vehículo, lo que aumenta la condición negativa de confort. En tal caso, siempre se requiere de ventilar el vehículo, antes de encender el sistema de aire acondicionado.

#### **1.2.5.7. Aislamiento de fuentes de calor y superficies calientes**

Otra estrategia importante muy útil para mitigar los efectos de la temperatura en los locales de trabajo, es el uso de elementos aislantes, ubicados comúnmente en la parte superior del recinto. Ello permite evitar el aporte de temperatura por intercambio de calor con el aire del local.



**Ilustración 12. Técnicas comúnmente utilizadas como aislamiento térmico**

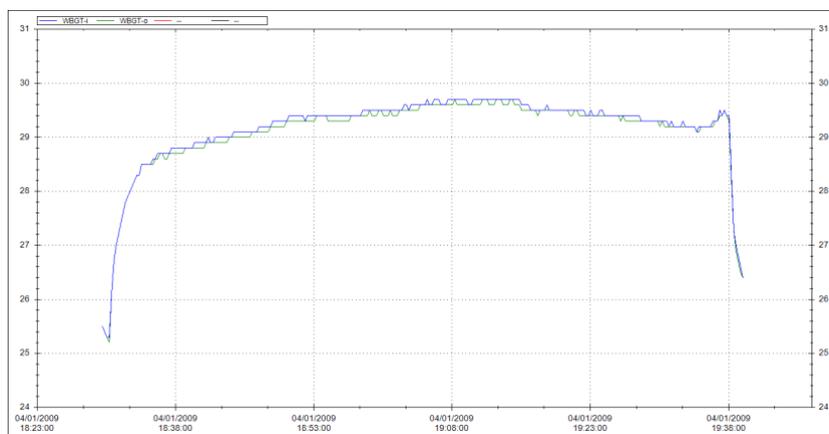
## 1.3. EVALUACIÓN DEL ESTRÉS TÉRMICO EN LOCALES DE TRABAJO

### 1.3.1. EQUIPOS DE MEDICIÓN PARA ESTRÉS TÉRMICO.

#### 1.3.1.1. Equipos de Medición de Estrés Térmico para Locales o Áreas de Trabajo

Los equipos para medición de estrés térmico para locales o áreas de trabajo están diseñados para calcular el índice WBGT cuando se desea conocer las condiciones locativas respecto a las condiciones térmicas que afectan a un grupo de trabajadores en particular.

Este índice se utiliza en la determinación del nivel de estrés térmico de un individuo expuesto a condiciones extremas de temperatura en su área de trabajo. Se determina por la combinación de mediciones de tres parámetros fundamentales: Temperatura de Bulbo Seco, Temperatura de Bulbo Húmedo y Temperatura de Globo.



	Estadística	Tw ( C )	Tg ( C )	Ta ( C )	WBGT-i ( C )	WBGT-o ( C )
▶	Valor Máximo	34,9	40,4	37,8	36,5	36,1
	Valor Mínimo	25,2	26,8	27,2	25,8	25,8
	Valor Medio	33,3	36,23	35,78	34,17	34,14
	Desviación Standard	2,2186	2,8604	2,5683	2,365	2,3367

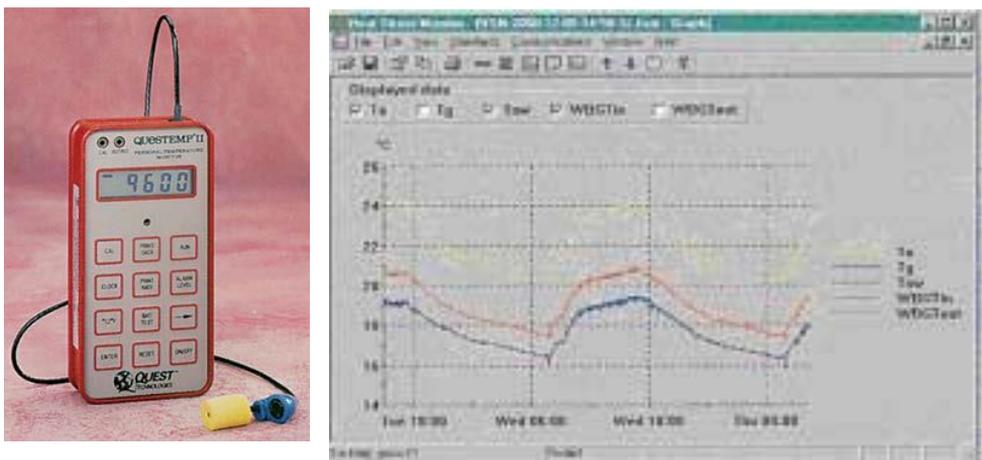
**Ilustración 13. Monitor de Estrés Térmico para locales**

En estos dispositivos, se mide la temperatura ambiente mediante un sensor de bulbo seco; un detector de bulbo húmedo evalúa el enfriamiento por evaporación; y por otro lado un sensor de globo brinda una indicación de la exposición al calor radiante sobre un trabajador debido a objetos generadores de calor en su entorno.

Los monitores de estrés térmico permiten obtener valoraciones para establecer mecanismos de análisis de varios trabajadores expuestos a una misma área o zona de trabajo.

### 1.3.1.2. Equipos de Medición de Estrés Térmico para evaluación personal.

A diferencia del monitor de estrés térmico para locales, este equipo permite realizar seguimientos personalizados para evaluar puestos críticos de trabajo expuestos a condiciones extremas de temperatura en una organización.



**Ilustración 14. Monitor de estrés térmico personal**

Este tipo de equipos utilizan tecnología de sensores para detectar y hacer seguimiento completo durante la jornada de trabajo a la temperatura de núcleo corporal y la frecuencia cardíaca del trabajador expuesto a condiciones de riesgo.

### **1.3.1.3. Procedimiento para la toma de datos.**

#### **Reconocimiento o visita inicial.**

El reconocimiento inicial tiene por objeto determinar las áreas y condiciones de operación de los trabajos asociados a condiciones extremas de calor o frío, proceso en el cual, de ser posible es recomendable indagar con los trabajadores respecto a las condiciones en que desarrollan sus actividades, de manera que la compañía pueda reducir los riesgos potenciales derivados del estrés térmico.

En la inspección inicial se debe identificar entre otros los siguientes aspectos:

- Fuentes potenciales de calor y/o frío.
- Materiales y productos, estructura de la edificación y condiciones locativas.
- Condiciones de exposición a altas temperaturas identificadas por condición ambiental o efectos en las personas.
- Si existen o no sistemas de control y como es su rendimiento o efecto
- Acciones para mejorar la situación de exposición a altas temperaturas detectada.
- Experiencias de los trabajadores y problemas asociados a altas y/o bajas temperaturas.
- Identificación y ubicación en el espacio de trabajo de fuentes de radiación como hornos, calderas y estufas.
- Descripción general de los puestos de trabajo
- Número de trabajadores por área de trabajo
- Tiempo de exposición por jornada de trabajo.

#### **Determinación de la estrategia de muestreo.**

Para ello se procede de la siguiente manera:

- Si los oficios son iguales o similares o grupos homogéneos, se seleccionan el número de puntos siguiendo un procedimiento estadístico

- Si los oficios son diferentes se debe estudiar cada uno de los oficios de manera independiente.
- Cuando la exposición al factor de riesgo no es continua en el oficio debido a que la persona debe desplazarse en dos o más áreas o cuando en el oficio varían las condiciones de calor sustancialmente en la jornada de trabajo, la exposición a calor debe de ser evaluada en cada área y para cada nivel de calor al que se encuentra expuesto.

El número de observaciones dependerá de los siguientes factores:

- Exposición continua en el oficio (Sin desplazamientos), donde no hay variación en la temperatura del proceso y el operario permanece en el oficio durante la jornada de trabajo, mínimo se realizan 4 mediciones de 15 minutos cada medición, es decir una hora continua ( 60 minutos), evaluadas en dos momentos diferentes de la jornada laboral; cuando en los oficios evaluados inciden las condiciones ambientales externas, es preferible evaluar entre las 10:00 AM y 3:00 PM en caso contrario (cuando las condiciones ambientales externas no inciden en el proceso), los dos momentos de una hora se pueden seleccionar en cualquier hora de evaluación la jornada.
- Exposición continua en el oficio con desplazamiento a otras áreas o sitios de trabajo que presentan exposiciones a calor: se debe realizar las evaluaciones en cada área con el procedimiento anteriormente explicado, 4 mediciones de 15 minutos en una hora; mínimo una hora en cada área.
- Exposición variable en el oficio debido a cambios de temperatura en el proceso: deberá medirse para cada nivel de calor al cual el trabajador se encuentra expuesto, con la misma metodología.

Para cada puesto de trabajo se debe evaluar: TBS, TBH, TG, humedad relativa, velocidad del aire, movimientos y esfuerzos durante la jornada laboral.

Cuando se va a realizar una medición, el instrumento de medición debe colocarse a una altura aproximada de 1.1 metros para individuos a 0.6 m o

sentado en el área. Se recomienda un trípode para alejar el equipo de cualquier corriente de aire, elemento que puede distorsionar la medición.

Para el caso del monitor de estrés térmico de áreas, se procede de la siguiente manera:

1. La manga de algodón debe mojarse completamente con agua destilada unos 30 minutos antes de efectuar la medición.
2. El extremo libre de la manga se mantiene en contacto con el agua destilada en el recipiente abierto de modo que permanezca siempre húmeda por capilaridad. En ambientes muy calurosos y secos la capilaridad no es suficiente para mantener la tela húmeda, por lo que ésta tiende a secarse muy rápidamente. Por tal motivo se recomienda en estos casos, humedecerla periódicamente utilizando una jeringa
3. Colocar el termómetro de bulbo y el de globo en posición vertical, en el lugar donde se va a realizar la medición
4. Para mediciones al aire libre se requiere un termómetro de bulbo seco con su bulbo protegido del sol directo y otras posibles fuentes de radiación.
5. Encender el equipo de medición.
6. Seleccione la escala de temperatura con la que se desee trabajar (°C o °F)
7. Cuando la temperatura de bulbo húmedo se estabiliza (25 minutos aproximadamente), se obtiene la temperatura de bulbo húmedo natural (WB)
8. Una vez se estabiliza la temperatura del termómetro de globo se obtiene la temperatura de globo (TG). De igual forma, al estabilizarse el termómetro de bulbo seco, se obtiene la temperatura del aire (DB)
9. Se procede entonces al cálculo del índice WBGT

En aquellos casos en que las condiciones ambientales varían mucho, o los trabajadores realicen actividades en distintos lugares con diferentes niveles de carga térmica, es necesario calcular un índice WBGT ponderado así:

$$TGBHP_{\text{índice } TGBH \text{ ponderado}} = \frac{(TGBH_1) + (TGBH_2) + \dots + (TGBH_n)}{T_1 + T_2 + \dots + T_n}$$

## **ACTIVIDAD PRÁCTICA**

Identifique un puesto de trabajo y realice un análisis de estrés térmico de tipo locativo y otro individual. Encuentre el índice de temperatura efectiva y el WBGT para la jornada evaluada. Compare las condiciones encontradas con los límites permisibles y presente propuestas de mejoramiento.

### **PREGUNTAS.**

- ¿Qué determina las temperaturas de bulbo seco, bulbo húmedo y de globo?
- ¿Cuál es el objeto de determinar el calor metabólico?
- ¿Qué importancia tienen los índices de Temperatura Efectiva y WBGT?
- ¿Cuáles son los métodos más utilizados para controlar las fuentes generadoras de estrés térmico?

## Referencias

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) Technical Report ISO TR 11079:1993 Evaluation of cold environments. determination of required clothing insulation (IREQ)

HOLMER, I Required clothing insulation (IREQ) as an Analytical Index of Cold Stress ASHRAE Transactions, 1984, V.90 (1)

PARSONS, KC Human Thermal Environments Taylor y Francis, London. 1993

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS (ACGIH) Treshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents. ACGIH, Cincinnati, 1997

ISO 7933. 1989. Ambiances thermiques chaudes. Determination analytique et interpretation de la contrainte thermique fondees sur le calcul de la sudation requisite

K.C. Parsons. Human thermal environments. The principles and the practice Taylor and Francis Ltd. 1993. London

K.Cena y J.A. Clark. Bioengineering, thermal physiology and confort Elsevier Scientific Publishing Company. 1981. Ámsterdam  
©INSHT. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. España [www.mtas.es/insht/](http://www.mtas.es/insht/)

CARAVANOS JACK. Quantitative Industrial Hygiene: a formula workbook. ACGIH, New York

FUNDACIÓN MAPFRE. Manual de Higiene Industrial. Editorial Mapfre. Cuarta Edición. España, 1996.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. El estrés térmico: Calor. Revista No. 156. 1986

MINISTERIO DEL TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL. INSTITUTO DE SEGUROS SOCIALES – SECCIONAL CALDAS. Ambiente Térmico. Manizales, 1990

Pérez, H., Martínez, D., Cohen, J., Palencia, P. & Maldonado, M. (2018). SEGURIDAD FUNCIONAL EN LAS PLANTAS INDUSTRIALES. En Porto, A., Villalobos, B. & Pérez, H. (Comp.). Higiene y seguridad en el trabajo: análisis, evaluación y control. Barranquilla, Colombia: Sello Editorial Coruniamericana.

# ILUMINACIÓN: EVALUACIÓN Y CONTROL DEL RIESGO

Harold Alexis Pérez Olivera<sup>9</sup>

David Martínez Consuegra<sup>10</sup>

Roberto Stevens Porto Solano<sup>11</sup>

Bertha Inés Villalobos Toro<sup>12</sup>

---

<sup>9</sup> hperez@coruniamericana.edu.co

<sup>10</sup> dmartinez@coruniamericana.edu.co

<sup>11</sup> rporto@coruniamericana.edu.co

<sup>12</sup> bvillalobos@coruniamericana.edu.co

## **INTRODUCCIÓN**

La inadecuada iluminación en las áreas de trabajo constituye uno de los más grandes problemas y factores de riesgo en cualquier parte del mundo y afecta tanto las condiciones de salud del ser humano como las condiciones de seguridad de las operaciones que este realiza en las cada vez más complejas operaciones laborales. Muchos procesos implican por naturaleza propia la necesidad de contar con condiciones muy especiales de iluminación (investigación, cirugías en el plano de la medicina, fabricación de joyería, entre otros). Se han realizado investigaciones al respecto desde inicios del siglo XX intentando determinar las condiciones más apropiadas de iluminación requeridas al tipo de trabajo y condiciones laborales y su efecto en la preservación de la vida y la salud.

La iluminación es uno de los más importantes factores ambientales de trabajo (condición microclimática) que busca como finalidad fundamental permitir las condiciones de visualización necesarias al contexto espacial de trabajo, de manera que se pueda realizar la labor de manera eficiente, cómoda y segura., además del factor estético e incluso psicológico al cual ésta condición de higiene se relaciona.

Unas condiciones adecuadas de iluminación aportan a la prevención de enfermedades así como a la potencialización de accidentes de trabajo, disminuye los niveles de ausentismo laboral, reduce la fatiga asociada a las condiciones microclimáticas, permite incrementar el rendimiento laboral mejorando y garantizando mejores niveles de eficiencia y por ende la productividad de las organizaciones.

### **1.4. LA ILUMINACIÓN COMO FACTOR DE RIESGO OCUPACIONAL**

Los centros de trabajo y en general, los lugares en que coexistimos, son más que un simple lugar de trabajo u ocio, corresponden a entornos en los cuales desarrollamos nuestras actividades rutinarias, satisfacemos nuestras necesidades y por ende requieren de condiciones idóneas en las cuales podamos desempeñarnos. En este sentido, la iluminación es uno de los elementos asociados no solo a la construcción de un entorno agradable, sino también a la

ergonomía, eficiencia, prevención de riesgos y uso eficiente de los espacios y entornos laborales.

La iluminación como factor de riesgo implica trabajar desde las etapas de diseño de los locales de trabajo en aspectos como:

- Niveles adecuados de iluminancia acordes al tipo de actividad a desarrollar (nivel de flujo luminoso medido en lux que incide en una superficie)
- Nivel de uniformidad en las superficies y áreas de trabajo
- Disminución del efecto deslumbramiento
- Disminuir los contrastes
- Efecto del color y la reproducción cromática
- Selección adecuada del tipo de iluminación, fuentes generadoras de luz y diseño de espacios

En ese sentido es valioso no sólo determinar el nivel de iluminancia necesaria en función de la actividad a realizar, sino también como esto afecta las condiciones de comodidad, ergonomía y eficiencia de las áreas de trabajo, teniendo en cuenta por ejemplo aspectos como el tipo de lámpara más adecuada, los sistemas de control de éstas y las condiciones del área de trabajo con que la luz se ve afectada.

#### **1.4.1. EL CONCEPTO DE FLUJO LUMINOSO**

Para comprender el efecto que tiene las condiciones de iluminación, es importante partir de comprender el concepto de Flujo Luminoso, entendiendo este como la cantidad de luz emitida por una fuente luminosa, se le conoce también como potencia luminosa y está medida en lumen (lm).

Así mismo, el lumen se define en el sistema métrico universal como la cantidad de flujo luminoso que incide sobre un metro cuadrado de superficie.



**Ilustración 15. El flujo luminoso es un índice representativo de la potencia luminosa de una fuente de luz.**

$$\varphi = \text{Lumen (lm)}$$

Este flujo luminoso determina la potencia emitida por una fuente generadora de luz.

#### **1.4.2. EFICACIA LUMINOSA**

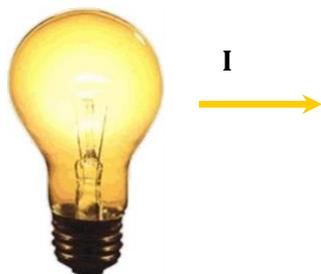
Ahora bien, es posible también medir la eficacia luminosa de una fuente de luz. Esta se expresa por la relación entre el flujo luminoso generado por la fuente (lumen) y la potencia que esta consume (expresada en vatios, lm/W). La eficiencia luminosa de una fuente varía en función de la fuente de luz pero usualmente están por debajo de su valor teórico ideal.

Los avances tecnológicos actuales han permitido la generación de fuentes de luz cada vez más eficientes, pudiendo encontrar en el mercado lámparas de luz incandescente de 40 W con rendimientos aproximados de 11 lumen/vatio (5%) lámparas fluorescentes de 80 lumen/vatio (35%) entre otras cada vez más eficientes.

Realmente la eficiencia luminosa depende de factores como la potencia eléctrica que realmente se transforma en radiación visible, así como la distribución espectral de la radiación que ésta produce con relación a la curva sensible del ojo humano.

### 1.4.3. INTENSIDAD LUMINOSA

Una fuente generadora de luz irradia flujo luminoso en todas las direcciones del espacio y de manera proporcional en materia de intensidad. Sin embargo, utilizando diferentes técnicas, es posible direccionar el haz de luz a determinadas zonas o áreas específicas de interés.



#### Ilustración 16. Intensidad Luminosa - I

Se puede definir la intensidad luminosa como el haz de luz que irradia un flujo luminoso al entrar en contacto con una superficie a la cual se conoce como intensidad de iluminación y se mide en candela (cd). Ésta es una de las unidades básicas del sistema internacional y su definición oficial es: "La intensidad luminosa en una dirección dada de una fuente luminosa que emita una radiación monocromática de frecuencia 540 terahercios y cuya intensidad radiada en esa dirección sea de 1/683 vatios por estereorradián" (Pérez, Martínez, Fontalvo, Sabogal & Ochoa, 2018).

Se entiende por estereorradián como el cono de luz que se proyecta desde la fuente generadora de luz que ilumina una superficie oscura de difundido desde la fuente que  $1\text{m}^2$  de una esfera de un metro de radio alrededor de la fuente. (O sea, 1 estereorradián cubre  $1\text{m}^2$  de la superficie de una esfera de 1m de diámetro.)

### 1.4.4. ILUMINANCIA.

Se define como iluminancia a la cantidad de flujo luminoso (lux) que incide sobre un metro cuadrado de una superficie homogénea. Esta representa la

densidad del flujo luminoso sobre una superficie y puede estar determinada en cualquier lugar del espacio. Puede medirse con un equipo de análisis llamado Luxómetro.

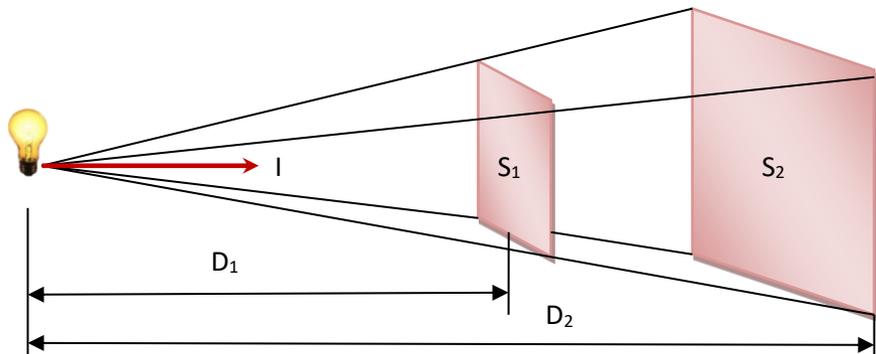
El lux se define como la iluminación de una superficie de 1 m<sup>2</sup> que recibe uniformemente repartido, el flujo de un lumen. También se utiliza la unidad footcandle (bujía-pié) que es la iluminación de una superficie de 1 pie<sup>2</sup> que recibe uniformemente repartido el flujo de un lumen.

$$\text{Lux} = 10.764 \text{ foot-candle}$$
$$\text{Foot-candle} = 0.093 \text{ lux}$$

En términos generales, la Iluminancia (E) se puede medir como:

$$E = \frac{I}{d^2}$$

Por ejemplo, si una fuente que genera a un metro de distancia una iluminación de 10 lux sobre una superficie perpendicular a la fuente, produciría un nivel de 2.5 lux si la superficie se separa 2 metros de la fuente.



**Ilustración 17. Efecto de la Iluminancia a una distancia específica**

En espacios como centros de formación, oficinas, laboratorios, lugares comerciales, centros de entretenimiento, entre otros, usualmente las condiciones

lumínicas son uniformes, usualmente en intervalos que van de los 300 a 750 lux a la altura del área de trabajo. Sin embargo, existen otras áreas de trabajo con requerimientos visuales mucho más exigentes que pueden estar entre los 500 y 1000 lux, así como otras zonas con requerimientos mínimos que pueden ir en el orden de los 50 y 200 lux. Todo depende realmente de las exigencias y necesidades visuales que se tengan de acuerdo al tipo de actividad a desarrollar en dicho espacio.



**Ilustración 18. La Iluminancia tiene una relación directa con el consumo energético**

A mayor iluminancia se tenga en un área, mayor será el consumo en iluminación del local o área en referencia, de manera que existe una relación directa entre ambas variables. De tal manera que se recomienda entonces que la determinación del nivel de iluminancia requerida en una zona de trabajo se trabaje desde el diseño de los sistemas de energía para al tiempo que se cubren los requerimientos visuales, también se tomen las medidas necesarias en aras de mantener un consumo racional de la energía.

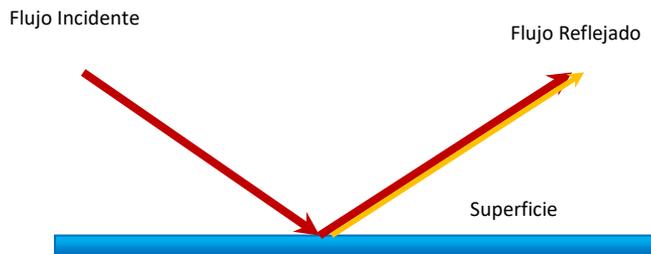
### 1.4.5. LUMINANCIA (L)

Ahora bien, existe otro factor importante a considerar y es el relacionado con la capacidad del ojo humano para identificar detalles de los objetos, a partir de su relación con el factor de iluminación. En este sentido, aspectos como la absorción, reflexión o transmisión del haz de luz dependiendo del tipo de material del objeto al cual este se dirige, determina lo que se conoce como luminancia (L), es decir, el flujo de luz que se refleja de un cuerpo a partir de su interacción con una fuente generadora de luz.

Mientras que la iluminancia nos describe la potencia luminosa que incide en una superficie determinada, la luminancia por otro lado determina la cantidad de luz que procede de esa misma superficie.

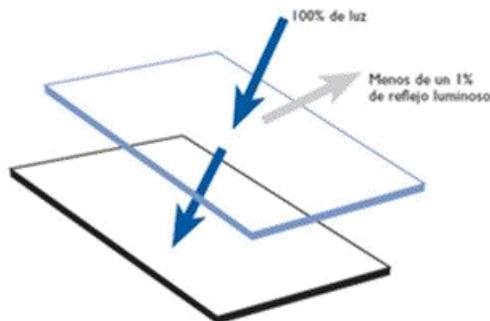
Es posible entonces que la luz sea producto del reflejo o transmisión de la luz generada en una fuente a través de la superficie de la superficie en que esta incide de manera directa o indirecta. Existen materiales que reflejan de forma dispersa el haz de luz que incide en ellos (efecto mate), por ejemplo. En ese sentido, la impresión real de luminosidad se ve influenciada entonces no sólo por la potencia de la fuente generadora, sino también por la capacidad de adaptación del ojo humano sino además del contraste con las superficies circundantes.

Absorción, reflexión y transmisión, son entonces los procesos por los cuales un flujo luminoso interacciona con un medio. Así entonces, entendemos **absorción** como el proceso en el cual el flujo de luz incidente se disipa en la superficie en que se refleja. La **reflexión** es entendida como el proceso por medio del cual el flujo de luz incidente en una superficie se refleja en el en otra dirección bien sea en distintos ángulos al del flujo incidente con el plano de reflexión, bien sea como en un efecto espejo, o como una combinación de ambos.



### Ilustración 19. Fenómeno de Reflexión y absorción de luz.

Por otro lado se presenta el fenómeno de **transmisión** cuando el flujo incidente abandona la superficie en que se refleja por un lado distinto al incidente, bien sea reduciendo su intensidad o de manera difusa (en todas las direcciones), o la combinación de los dos anteriores.



### Ilustración 20. Fenómeno de Transmisión de la luz.

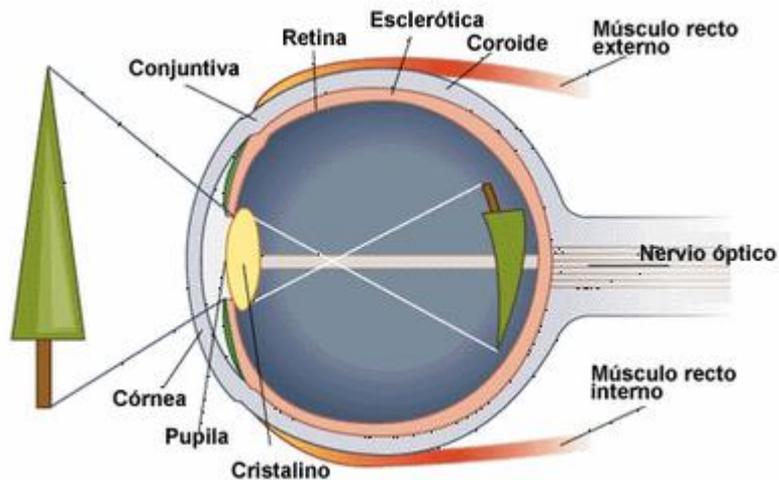
A partir de estos conceptos podemos decir que el ojo humano percibe luminancias y no iluminancias, en la medida en que éste percibe brillo o reflexión, no iluminación, de manera que se puede leer un texto dada la luminancia del fondo del papel, la cual es mucho mayor que la de la tinta en que se encuentra impreso dicho texto.

Las unidades se pueden dar en candelas o en lúmenes por unidad de superficie. Las más usadas son:

- Candela/m<sup>2</sup> = Nit
- Candela/cm<sup>2</sup> = Stilb
- Lumen/m<sup>2</sup> = Lamberts
- Lumen/cm<sup>2</sup> = Blondels
- Lumen/pie<sup>2</sup> = Foot lamberts

El ojo humano es quien permite experimentar las sensaciones de luz y color, dado que éste recibe la energía luminosa y la convierte en energía eléctrica, conducida por medio del nervio óptico hasta el cerebro, el cual por último es capaz de interpretar la imagen que se recibe.

Los objetos al ser iluminados emiten rayos luminosos que atraviesan la córnea y el humor acuoso, pasando luego al cristalino en el cual se refractan y continúan a la retina que la encargada de darle la imagen de los objetos.



### **Ilustración 21. Formación de imágenes en el ojo**

La retina está formada por una capa de tejido nervioso en el que aparecen dos tipos de terminales denominados conos y bastones, encargados de la transformación de la energía lumínica en energía eléctrica.

El sistema ocular humano es funciona adaptándose a las condiciones de iluminación del ambiente en que éste interactúe, cambiando la apertura de la pupila. Normalmente estos procesos de adaptación requieren en promedio de

unos 30 minutos y en otros casos tan solo unos segundos, todo dependiendo de las condiciones de contraste, color, luminancia, entre otros aspectos, así como de la microestructura de los materiales con los que la luz interactúa y cómo estos se perciben por el hombre.

#### **1.4.6. CONTRASTE LUMINOTÉCNICO (C)**

Otro de los factores que afecta la percepción del ser humano respecto a las imágenes es la relación entre la luminancia y el o los colores entre el objeto y su fondo, en este sentido se conoce como contraste luminotécnico a la diferencia de luminancias entre objeto y fondo con relación a la luminancia del propio fondo.

$$C = \frac{(L_2 - L_1)}{L_1}$$

Siendo  $L_1$  la luminancia dominante o luminancia de fondo y  $L_2$  la luminancia del objeto.

Realmente, la luz que podemos percibir corresponde a unas radiaciones electromagnéticas de longitudes de onda que van entre los 380 nm y 770 nm. Ésta forma parte del espectro electromagnético que incluye ondas como los rayos gamma, infrarrojos, ultravioletas, así como las de radio, entre otros. Cada una de ellas con su respectiva longitud de onda ( $\lambda$ ) medida de la siguiente manera:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Donde  $c$  es la velocidad de la luz en el vacío ( $c = 3 \cdot 10^8$  m/s) y  $f$  la frecuencia

A continuación, se presenta una ilustración del espectro electromagnético completo y su relación con la longitud de onda y energía.

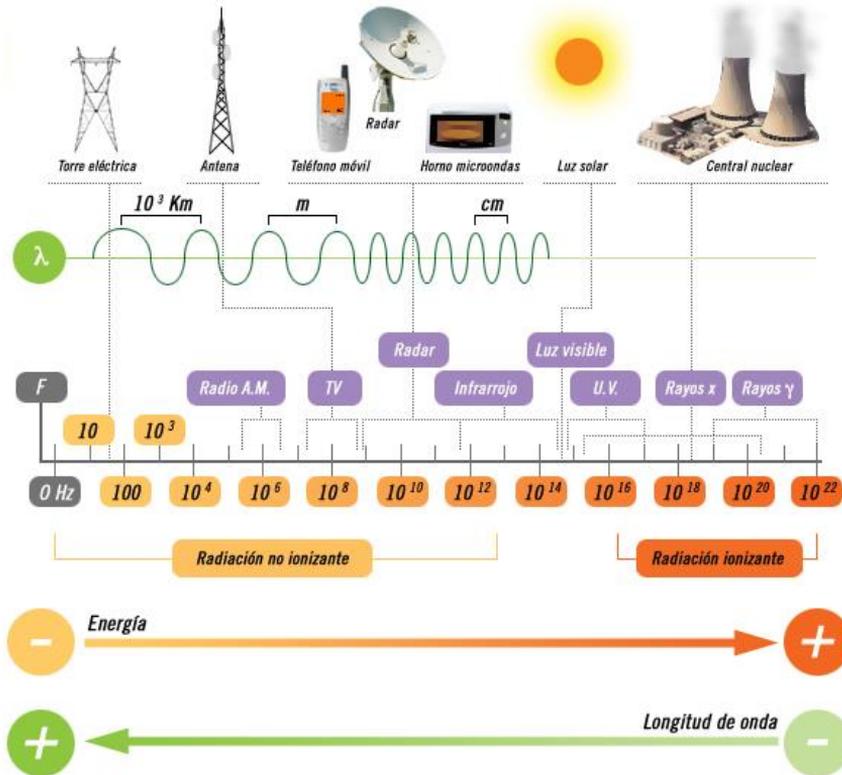


Ilustración 22. Espectro Electromagnético.

### 1.4.7. EL COLOR

Nuestro cerebro interpreta las señales nerviosas que le envían los fotorreceptores de la retina del ojo, el cual interpreta y distingue las diversas longitudes de onda visibles del espectro electromagnético dándonos la capacidad de identificar el color. El ojo del ser humano solo es capaz de identificar longitudes de onda e interpretarlas como colores cuando la iluminación es suficiente. Es así que con poca luz vemos en blanco y negro, y nuestra capacidad de identificación de los colores mejora en la medida en que mejoran las condiciones de iluminación.

De tal manera identificamos los colores de acuerdo a la longitud de onda del espectro electromagnético en una aproximación como la siguiente:

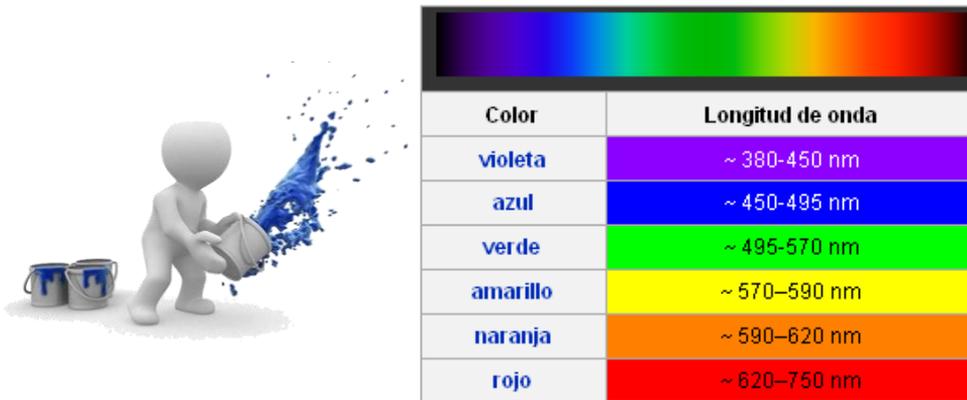


Ilustración 23. Espectro visible por el hombre

El color es un atributo que permite así mismo mejorar las condiciones del ambiente y por ende el rendimiento visual del trabajador, facilitando la identificación rápida de los objetos en las áreas de trabajo.

En este sentido, las características de las superficies, los contrastes, la luminancia, el estado del observador respecto a las fuentes de luz, entre otros aspectos, favorecen o desfavorecen las condiciones de visibilidad e identificación de detalles del observador, afectando todo ello la apariencia del color.

El ojo puede percibir diferencias muy pequeñas en el color entre dos superficies adyacentes, incluso si las luminancias son idénticas, por lo tanto, las fuentes lumínicas diferentes pueden mejorar o reducir la discriminación de diferentes colores.

En la práctica la identificación de colores es producto de una doble interpretación. Por ser un fenómeno físico se puede medir, al tiempo que se puede relacionar a la interpretación del receptor a través del sistema sensorial y el estímulo que recibe el cerebro.

En esto afecta muchísimo la luz natural y artificial presente en las áreas de trabajo, por lo que aun incluso el tipo de luminaria favorece o desfavorece este

aspecto, razón por la cual por ejemplo interpretamos colores de manera diferente en presencia de luz incandescente a luz fluorescente.

El componente espectral de cada fuente luminosa determina el color de la luz que él emite.

Según la norma DIN 5035, segunda parte, los colores de luz se deben clasificar en tres grupos no estrictamente separables.

**a) Color de luz blanco diurno (bd).**

Se encuentra sobre todo en lámparas de vapor de metal halogenado y en lámparas fluorescentes ("luz día") por lo que ocasionalmente se usa en iluminación de puestos de trabajo por su efecto frío.

**b) Color de luz blanco neutro (bn).**

Lo generan las lámparas de vapor de mercurio a alta presión y lámparas fluorescentes. Produce una luz agradablemente clara, sin efecto de medias luces en horas de la mañana y de la tarde y en caso de tubos fluorescentes, con una muy buena reproducción de colores.

**c) Color de luz blanco (bc).**

Las lámparas de este tipo se utilizan con mayor frecuencia en salas de espera y salones de reuniones dada su alta proporción de colores cálidos del espectro electromagnético

La importancia del color afecta incluso aspectos como el estado anímico del hombre, la capacidad de percepción de detalles, la identificación y señalización de peligros, entre otros factores asociados a la higiene y seguridad de los entornos laborales. La selección normativa de colores como el rojo, verde y amarillo como asociados a la seguridad responde precisamente a esta premisa.

El contraste blanco – rojo, suele utilizarse para identificación de peligros o advertencias. Así mismo sucede con el color naranja en la demarcación y señalización de áreas peligrosas, así como para señalar salidas de emergencia junto con el blanco y verde.

Igual sucede con la combinación amarillo negro en lugares de alto riesgo o como advertencias de precaución.

Sin duda, los colores influyen en el estado emocional del ser humano en general, por lo que su selección es uno de los factores a tener en cuenta en el diseño de los locales de trabajo.

En ese sentido, así como tantas otras sensaciones que percibimos a través de los sentidos, está sujeta a interpretaciones subjetivas de cada persona, llegando a influir incluso el gusto o preferencia por ciertos colores, las formas del campo visual, el estado de salud visual, los estados anímicos, entre otros.

A continuación se presenta una tabla que hace una aproximación a las percepciones o sensaciones que se asocian a los colores.

**Tabla 9. Sensaciones asociadas al color**

<b>Sensaciones asociadas a los colores.</b>	
Blanco	Higiene, neutralidad.
Amarillo	Actividad, impresión, nerviosismo.
Verde	Calma, reposo, naturaleza.
Azul	Frialdad
Negro	Inquietud, tensión.
Marrón	Calidez, relajación.
Rojo	Calidez intensa, excitación, estimulante.

#### **1.4.8. EFECTO ESTROBOSCÓPICO**

La mayoría de las lámparas que funcionan con corriente alterna general una mínima variación cíclica en la luz que emiten, que en ocasiones puede generar efectos estroboscópicos (corresponde a esa sensación de centelleo), lo cual promueve la percepción en el observador de que evidentemente un objeto en movimiento pareciera estuviera estático o muy lento con relación a su verdadera velocidad, o en otros casos da la apariencia de movimiento en un sentido contrario a su giro real.

El uso de lámparas fluorescentes en diferentes espacios sumado a las irregularidades de la corriente eléctrica generan estos fenómenos con frecuencia en elementos como los ventiladores, dando la sensación de que sus aspas giraran de manera lenta o contraria a su movimiento y velocidad real.

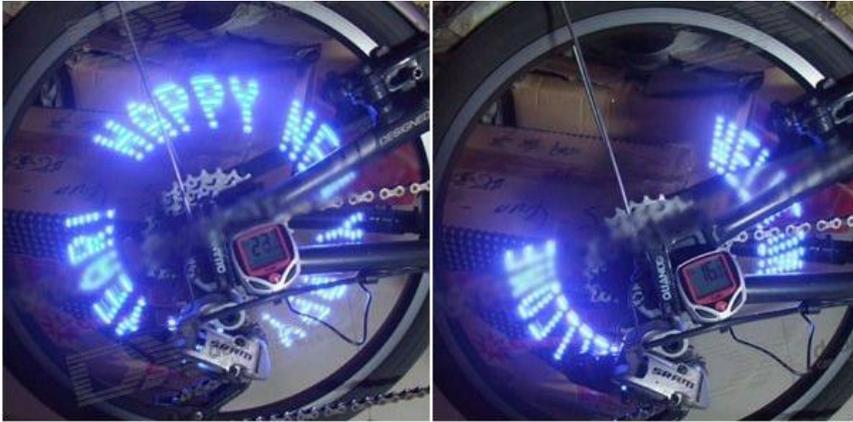


Ilustración 24. Aplicación del efecto estroboscópico en una bicicleta

Esta sensación genera gran peligro cuando se trata de maquinaria, equipos potentes o que reviertan peligrosidad como tonos, fresadoras, o máquinas de corte, dada que la sensación descrita con anterioridad puede llevar al operario a realizar maniobras partiendo de la creencia de que la máquina o equipo se encuentra apagada cuando realmente no lo está, pudiendo generar graves lesiones en él o sus compañeros cercanos.



Ilustración 25. El efecto estroboscópico y su peligrosidad en la industria

Esto obliga a revisar de manera adecuada el diseño e instalación de las luminarias especialmente en talleres de maquinaria en movimiento que puedan ser objeto de este tipo de fenómenos.

#### **1.4.9. REPRODUCCIÓN CROMÁTICA**

Por otra parte, tenemos otro factor que afecta las condiciones de higiene y seguridad en un entorno laboral: la reproducción cromática, es decir, la capacidad de identificar de manera fiable los colores acorde a lo que se conoce como índice de reproducción cromática Ra, el cual se ve afectado en variados casos por la luz artificial y la calidad de la misma en la identificación de detalles visuales. La reproducción cromática corresponde al aspecto que brinda un objeto al recibir una determinada iluminación en comparación con el patrón de referencia. La deficiencia lumínica afecta la reproducción cromática de un objeto respecto a los detalles que de éste tiene un observador.

La determinación de este patrón de referencia se hace iluminando un grupo de 8 colores de muestra seleccionados por la norma DIN 6169, con una fuente de luz de referencia con respecto a otro objeto de análisis. A menor diferencia, aumenta la reproducción cromática.



Ilustración 26. La reproducción cromática es esencial en actividades comerciales de alto requerimiento visual del color

#### 1.4.10. EL DESLUMBRAMIENTO

El fenómeno de deslumbramiento implica una sensación de molestia en la capacidad de visualización de un observador, producto la combinación de una iluminación sobredimensionada de una fuente de luz, la posición del observador respecto a la fuente de luz y la presencia de superficies muy brillantes que pueden producir la incapacidad de identificar detalles o en otros casos la imposibilidad de ver con claridad. Surge como producto de una mayor luminancia de un objeto con relación a la de su ambiente. El ejemplo más simple de éste es el que se produce al observar de manera directa al sol o a una fuente de luz intensa.

El deslumbramiento se puede producir entonces como consecuencia de la observación directa de una fuente de luz, así como por la observación de manera indirecta de la misma en este caso de la luz que se refleja en una superficie dada (un tablero, una mesa, un cristal, entre otros). En un aula de clase es muy común que en ciertas áreas o zonas del salón se dificulte la visualización de la información en el tablero, dado el reflejo brillante de la fuente de luz sobre la superficie del tablero.



Ilustración 27. Las superficies muy brillantes y la luz de vehículos con luces altas en la noche son ejemplos claros de deslumbramiento

En este sentido, el deslumbramiento puede entonces distraer al observador, o imposibilitarle la observación clara de su entorno, generando condiciones peligrosas, como las que sufre por ejemplo un conductor de un vehículo en la noche cuando se le imposibilita la visualización por el deslumbramiento en sus espejos auxiliares, al recibir la luz directa de un vehículo que se desplaza detrás de éste.

En general, se pueden presentar cuatro tipos de deslumbramiento:

### **Deslumbramiento distractor**

Precisamente el caso descrito anteriormente, corresponde al deslumbramiento distractor. Si bien no impide la capacidad de observación, la dificulta y distrae en ocasiones generando condiciones peligrosas de manejo. Igualmente sucede con la el reflejo de la luz en unos lentes oscuros en la calle, que en un momento dado puede distraer a otra persona, generando en ocasiones no solo distracción, sino también cansancio visual y molestias muy leves.

### **Deslumbramiento incómodo**

La luz del sol puede en ocasiones generar este tipo de deslumbramiento, generando molestias leves en el observador al entrar en contacto directo con una fuente de luz, variando en la sensibilidad visual de cada persona.

### **Deslumbramiento incapacitante**

En este caso, el deslumbramiento se genera por una fuente de luz intensa, generando una condición incapacitante temporal producto del bloqueo de la vista por el contraste de la imagen en la retina.

### **Deslumbramiento cegador o reflejado**

El reflejo de la luz intensa en superficies lisas y brillantes puede ser tan intenso que es capaz de bloquear la vista del observador, impidiéndole la posibilidad de ver con claridad y generando molestias en éste.

En cualquier caso, es necesario evitar este tipo de efectos, tanto por comodidad como por seguridad. El uso de rejillas, recubrimientos mates en las superficies, entre otros, puede aportar en la reducción de condiciones de deslumbramiento que impidan la realización de la tarea visual de manera segura.

## **1.4.11. TIPOS DE ILUMINACION PARA INTERIORES**

La manera de ubicar las fuentes luminosas puede favorecer la capacidad de identificación visual y su calidad, afectando incluso el aprovechamiento de la misma en términos de rendimiento energético. En este sentido la ubicación del mismo respecto a la horizontal permite aprovechar el flujo luminoso generado y trabajar aspectos como la reflexión, la refracción, la difusión de la luz, el efecto

estroboscópico entre otros factores que como vimos, afectan las condiciones de iluminación en un entorno dado.

Entre las distintas opciones de instalación de fuentes lumínicas tenemos las siguientes:

#### **1.4.11.1. Iluminación directa.**

Éste método permite que la fuente generadora de luz pueda incidir de manera directa sobre el área o superficie de trabajo. Puede generar sombras y deslumbramiento al situarse en el campo visual del trabajador, superficies de gran luminancia. Es recomendada para espacios como talleres e industria, donde se busque una iluminación de alto rendimiento a bajo consumo energético.



Ilustración 28. Instalación para iluminación directa con alumbrado para lámparas fluorescentes.

#### **1.4.11.2. Iluminación Semi-directa.**

En este caso, la proyección del flujo luminoso se da por la combinación entre iluminación directa y la suma de una parte del haz de luz (entre un 10 y 40%) que se refleja en las paredes y techo de las instalaciones o área cercana a la fuente luz. Esta combinación produce sombras menos densas que en el caso anterior así como una disminución en el rendimiento luminoso de la fuente, pero permite obtener una sensación visual más agradable.



Ilustración 29. Instalación para iluminación semi-directa con alumbrado para lámparas fluorescentes.

#### 1.4.11.3. Iluminación Difusa.

La iluminación difusa corresponde al caso en que la fuente luminosa genera haces de luz dirigidos a una superficie opaca y éstas al traspasar dicha superficie se distribuyen en todas las direcciones, eliminando sombras en los objetos y logrando reducir la presencia de deslumbramiento.

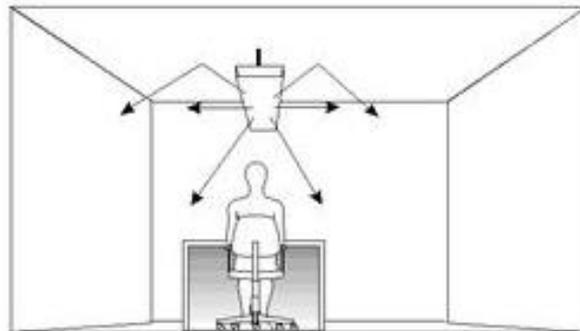


Ilustración 30. Iluminación Difusa

#### 1.4.11.4. Iluminación Indirecta.

Corresponde a un tipo especial de instalación en el cual, la luz se dirige a una pared o al techo del recinto, y los haces de luz se reflejan sobre la superficie o

zona deseada. Este tipo de iluminación permite eliminar el efecto deslumbramiento pero reduce al tiempo el rendimiento luminoso.



Ilustración 31. Iluminación Indirecta

#### 1.4.11.5. Iluminación Semi-indirecta.

Representa una combinación en la cual, parte del flujo luminoso se dirige al techo u otra superficie que los refleja hacia el área de trabajo, distribuyéndose en todas las direcciones de ésta, mientras una parte del haz de luz (entre el 10% y 40%) se recibe de manera directa. Genera unas condiciones de iluminación libres de deslumbramiento, pero con un bajo rendimiento luminoso.

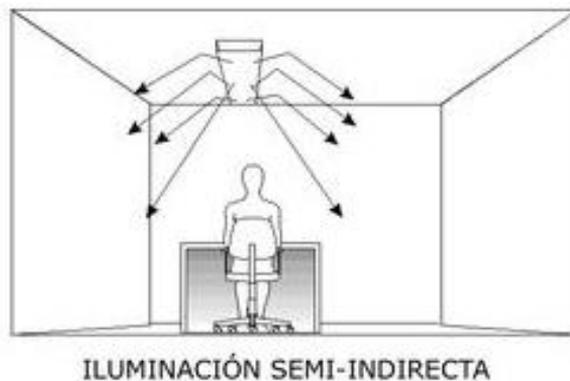


Ilustración 32. Iluminación Semi-Indirecta

## **1.4.12. SISTEMAS DE ALUMBRADO**

Los sistemas de iluminación están compuestos por un conjunto de elementos que funcionan de manera conjunta para direccionar la cantidad de luz generada en una fuente hacia las zonas o áreas que se requieran, de acuerdo con la necesidad puntual que se tenga, por lo que no sólo el área a iluminar cobra importancia, sino también el tipo de actividad o tarea que se vaya a realizar en éste.

### **1.4.12.1. Alumbrado General**

Este sistema genera una distribución uniforme de la luz en el área de trabajo, brindando condiciones uniformes de iluminación. Proporciona buenas condiciones de visibilidad e identificación de detalles, por lo que es el más utilizado en áreas como oficinas, escuelas, aulas, industria, entre otros.

Usualmente las luminarias se instalan de manera simétrica y uniformemente distribuidas en el área de interés, aprovechando de manera adecuada la arquitectura del local. En este caso, la iluminación media del local debe ser igual al requerimiento de las tareas específicas que se desarrollaran en éste.



Ilustración 33. Alumbrado general

### **1.4.12.2. Iluminación Localizada**

En este tipo de instalación, el alumbrado se realiza en una zona específica de trabajo, permite ajustar la iluminación a las necesidades del observador, con lo cual se obtiene un nivel de rendimiento adecuado y económico a los requerimientos muy puntuales de trabajo, como es el caso de trabajos de relojería, clínica dental, cirugía, entre otros.



Ilustración 34. Aluminado localizado

### **1.4.12.3. Iluminación local y general**

Este tipo de sistema es aquel, se combinan las dos opciones anteriores, dando mayor flexibilidad y versatilidad en las condiciones de iluminación deseadas.



Ilustración 35. Aluminado general localizado

Suele utilizarse en centros de enseñanza, centros comerciales, oficinas, entre otros., logrando condiciones de iluminación adecuadas, además de ahorros importantes en materia de consumo energético en la medida en que las fuentes de luz se pueden graduar y utilizar solo en el momento en que requiere (iluminación localizada) mientras las condiciones de iluminación general cubren los requerimientos generales de visualización.

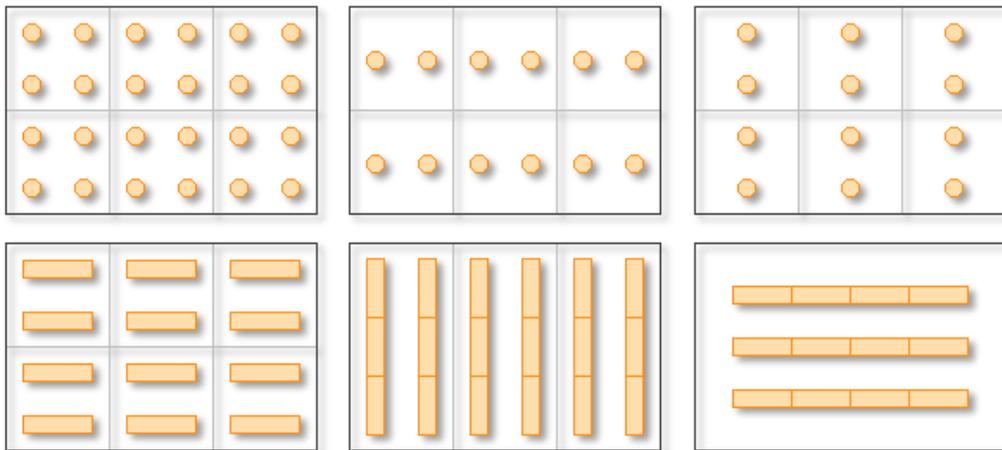


Ilustración 36. Ejemplos de distribución de luminarias en alumbrado general

El alumbrado localizado en estos casos, constituye una fuente de iluminación suplementaria al área de trabajo (lámparas de escritorio). En todo caso, se debe evitar generar condiciones elevadas de luminancia para evitar efectos molestos como el deslumbramiento.

### Niveles de iluminación recomendados

Las condiciones de iluminación en un local de trabajo dependen directamente de las actividades a realizar en él, y las exigencias visuales de la tarea, por lo cual los niveles de iluminancias del mismo dependen directamente de este requerimiento. A continuación se presentan las condiciones necesarias de iluminancia recomendadas por la IES (Illuminating Engineering Society) en relación con las actividades a realizar en las zonas de trabajo.

**Tabla 10. Iluminancias recomendadas según la actividad y el tipo de local según IES**

Tareas y clases de local	Iluminancia media en servicio (lux)		
	Mínimo	Recomendado	Óptimo
<b>Zonas generales de edificios</b>			
Zonas de circulación, pasillos	50	100	150
Escaleras, escaleras móviles, roperos, lavabos, almacenes y archivos	100	150	200
<b>Centros docentes</b>			
Aulas, laboratorios	300	400	500
Bibliotecas, salas de estudio	300	500	750
<b>Oficinas</b>			
Oficinas normales, mecanografiado, salas de proceso de datos, salas de conferencias	450	500	750
Grandes oficinas, salas de delineación, CAD/CAM/CAE	500	750	1000
<b>Comercios</b>			
Comercio tradicional	300	500	750
Grandes superficies, supermercados, salones de muestras	500	750	1000
<b>Industria (en general)</b>			
Trabajos con requerimientos visuales limitados	200	300	500
Trabajos con requerimientos visuales normales	500	750	1000
Trabajos con requerimientos visuales	1000	1500	2000

especiales			
Viviendas			
Dormitorios	100	150	200
Cuartos de aseo	100	150	200
Cuartos de estar	200	300	500
Cocinas	100	150	200
Cuartos de trabajo o estudio	300	500	750

**Tabla 11. Valores de iluminancia de acuerdo al grado de tarea según IES**

Dificultad de la tarea visual	Luminancia necesaria (Lux)
Muy baja	100
Baja	400
Media	900
Elevada	1800
Muy elevada	Superior a 2500

**Tabla 12. Márgenes de iluminancia según IES para algunos tipos de tareas**

ACTIVIDAD	Márgenes de iluminación (lux)		
	Mínimo	Medio	Máximo
Espacios públicos con alrededores oscuros	20	30	50
Simple orientación para una vista limitada	50	75	100
Espacios de trabajo con tareas ocasionales	100	150	200
Tareas de gran contraste/tamaño	200	300	500
Tareas de contraste medio o pequeño tamaño	500	750	1000
Tareas de bajo contraste o muy pequeño tamaño	1000	1500	2000
Tareas igual que la anterior, durante tiempo prolongado	2000	3000	5000
Tareas muy prolongadas y de gran precisión	5000	7500	10000
Tareas especiales de muy bajo contraste/tamaño	10.000	15000	20000

#### 1.4.12.4. Alumbrado suplementario

Corresponde a instalaciones especiales suplementarias de iluminación que se utilizan más con fines comerciales y publicitarios, generalmente en espacios como centros comerciales, desfiles de moda, trabajos de fotografía, entre otros.



Ilustración 37. Elementos de alumbrado suplementario

En el mercado se pueden encontrar gran variedad de lámparas (desde las incandescentes, halógenas, fluorescentes, entre otras), por lo que la selección de las mismas dependerá de factores como las necesidades de iluminación acordes a los requerimientos visuales, las condiciones de instalación, el costo de adquisición de las mismas, los consumos energéticos, mantenimiento, entre otros. Pero en todo caso, el diseño de las luminarias debe adaptarse a las características de requerimiento visual que se tenga acorde a las actividades a realizar en las zonas de interés.

**Tabla 13. Tipos de lámparas y sus aplicaciones**

Ámbito de uso	Tipos de lámparas más utilizados
Doméstico	<ul style="list-style-type: none"><li>• Incandescente</li><li>• Fluorescente</li><li>• Halógenas de baja potencia</li><li>• Fluorescentes compactas</li></ul>

Ámbito de uso	Tipos de lámparas más utilizados
Oficinas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alumbrado general: fluorescentes</li> <li>• Alumbrado localizado: incandescentes y halógenas de baja tensión</li> </ul>
Comercial (Depende de las dimensiones y características del comercio)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incandescentes</li> <li>• Halógenas</li> <li>• Fluorescentes</li> <li>• Grandes superficies con techos altos: mercurio a alta presión y halogenuros metálicos</li> </ul>
Industrial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos los tipos</li> <li>• Luminarias situadas a baja altura (<math>\leq 6</math> m): fluorescentes</li> <li>• Luminarias situadas a gran altura (<math>&gt; 6</math> m): lámparas de descarga a alta presión montadas en proyectores</li> <li>• Alumbrado localizado: incandescentes</li> </ul>
Deportivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Luminarias situadas a baja altura: fluorescentes</li> <li>• Luminarias situadas a gran altura: lámparas de vapor de mercurio a alta presión, halogenuros metálicos y vapor de sodio a alta presión</li> </ul>

Una deficiente iluminación en el lugar de trabajo siempre generará alteraciones visuales que pueden ir desde la miopía, lagrimeo, nistagmo, hiperemia conjuntival, hasta la asteropía muscular. Además de estas alteraciones, las condiciones deficientes de iluminación están directamente relacionadas con dolores de cabeza, fatiga y condiciones de inseguridad.

En Colombia, la Resolución 2400 de 1979, reglamenta los aspectos generales de mínimo cumplimiento respecto al factor iluminación. En el Capítulo III se establecen los siguientes aspectos:

***Artículo 79.** Todos los lugares de trabajo tendrán la iluminación adecuada e indispensable de acuerdo a la clase de labor que se realice según la modalidad de la industria; a la vez que deberán satisfacer las condiciones de seguridad para todo el personal. La iluminación podrá ser natural o artificial, o de ambos tipos. La iluminación natural debe disponer de una superficie de iluminación (ventanas, claraboyas, lumbreras, tragaluces, techos en diente de serrucho, etc.)*

*proporcionalmente a la del local y clase de trabajo que se ejecute, complementándose cuando sea necesario con luz artificial.*

*Cuando no sea factible la iluminación natural, se optará por la artificial en cualquiera de sus formas y deberá instalarse de modo que:*

*a) No produzca deslumbramiento, a causa de reflexión del foco luminoso en la superficie de trabajo o foco luminoso en la línea de visión.*

*b) No produzca vaciamiento de la atmósfera del local, ni ofrezca peligro de incendio o sea perjudicial para la salud de los trabajadores.*

**Parágrafo.** *El número de focos, su distribución e intensidad estará en relación con la altura, superficie del local y de acuerdo al trabajo que se realice.*

**Artículo 80.** *Se procurará que el trabajador no sufra molestias por la iluminación solar directa; para este fin es indispensable utilizar un vidrio difusor, con coloración apropiada u otro dispositivo que evite el resplandor.*

**Artículo 81.** *Cuando se use iluminación suplementaria para las máquinas o aparatos, se ha de tener cuidado de que tengan su pantalla adecuada siempre que no den lugar a la proyección de contrastes de luz y sombra.*

**Artículo 82.** *Los lugares de trabajo dentro del establecimiento, que ofrezcan mayor peligro de accidente, deberán estar suficientemente iluminados, especialmente en aquellas operaciones o procesos en donde se manejen o funcionen máquinas-prensas, troqueladoras, cizallas, trituradoras, inyectoras, extrusoras, sierras, etc.*

**Artículo 83.** *Se deberán tener en cuenta los niveles mínimos de intensidad de iluminación, ya sean medidas en lux o en bujías/pie, de conformidad con la siguiente tabla:*

- a. *Para trabajos que necesiten diferenciación de detalles extremadamente finos, con muy poco contraste y durante largos períodos de tiempo de 1.000 a 2.000 lux.*
- b. *Para diferenciación de detalles finos, con un grado regular de contraste y largos períodos de tiempo de 500 a 1.000 lux.*
- c. *Cuando se necesita diferenciación no moderada de detalles la intensidad de iluminación será de 300 a 500 lux.*
- d. *Para trabajos con poca diferenciación de detalles la iluminación será de 150 a 250 lux.*
- e. *En trabajos ocasionales que no requieren observación detallada la intensidad de iluminación será de 100 a 200 lux.*
- f. *Zonas de almacenamiento, pasillos para circulación de personal, etc., con intensidad de iluminación de 200 lux.*
- g. *Garajes, reparación de vehículos con iluminación de 1.000 lux.*
- h. *Cuartos para cambios de ropas, con intensidad de 200 lux.*
- i. *Trabajo regular de oficina, con intensidad de 1.500 lux.*
- j. *Corredores, con intensidad de iluminación de 200 lux.*
- k. *Sanitarios con intensidad de iluminación de 300 lux.*
- l. *Bodegas, con intensidad de iluminación de 200 lux.*

**Parágrafo.** *Para los efectos de esta tabla, la unidad de medida será el lux, que se define como la intensidad producida en una superficie por una bujía estándar colocada a un metro de distancia. La unidad de iluminación más empleada es la BUJÍA-PIE, que se define como la iluminación que recibe una superficie de un pie cuadrado, en la cual se distribuye un flujo de un lumen. Una bujía-pie equivale a 10.76 lux.*

**Artículo 84.** *Todas las ventanas, tragaluces, lumbreras, claraboyas y orificios por donde deba entrar la luz solar, así como las pantallas, lámparas fluorescentes, etc., deberán conservarse limpios y libres de obstrucciones.*

**Parágrafo.** *Las ventanas, tragaluces, etc., se dispondrán en tal forma que la iluminación natural se reparta uniformemente en los lugares de trabajo, instalándose cuando sea necesario, dispositivos que impidan el deslumbramiento.*

**Artículo 85.** *La iluminación general de tipo artificial debe ser uniforme y distribuida adecuadamente de tal manera que se eviten sombras intensas, contrastes violentos y deslumbramientos.*

**Parágrafo 1º.** *La relación entre los valores mínimos y máximos de iluminación, medida en lux, no será inferior a 0.8 para asegurar la uniformidad de iluminación de los lugares de trabajo.*

**Parágrafo 2º.** *Cuando en determinado trabajo se requiera iluminación intensa, ésta se obtendrá mediante combinación de la iluminación general y la iluminación local complementaria, que se instalará de acuerdo con el trabajo que se va a ejercer.*

**Artículo 86.** *En los establecimientos de trabajo en donde se ejecutan labores nocturnas, deberá instalarse un sistema de iluminación de emergencia en las escaleras y salidas auxiliares. Este sistema se instalará igualmente en los sitios de trabajo que no tengan iluminación natural.*

**Artículo 87.** *Se deberá tener en cuenta la calidad y la intensidad de la iluminación para cada tipo de trabajo. La calidad de la iluminación se referirá a la distribución espectral brillos, contrastes, color, etc. La cantidad de iluminación se referirá al tamaño y forma del objeto, al contraste, al tiempo disponible para ver el objeto, etc.*

**Parágrafo 1º.** *En todo lugar de trabajo se deberá disponer de adecuada iluminación, manteniendo dentro de los límites necesarios los niveles de intensidad, relaciones de brillantes, contrastes de color y reducción de destellos o resplandores para prevenir efectos adversos en los trabajadores y conservar apropiadas condiciones ambientales de visibilidad y seguridad.*

**Parágrafo 2º.** *En los locales de trabajo, se permitirá el uso de lámparas fluorescentes, siempre que se elimine el efecto estroboscópico.*

## 1.5. EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE ILUMINACIÓN GENERAL.

A continuación se describen las diferentes alternativas propuestas por el IES (Sociedad de Ingenieros de Iluminación de los Estados Unidos), para evaluar el nivel de iluminación promedio en áreas de trabajo, basados en la forma del área y en la disposición del alumbrado.

### 1.5.1. Área regular con luminarias simétricamente separadas en dos o más filas.

Para proceder a realizar el estudio, se debe distribuir lo más uniformemente posible las mediciones mediante una cuadrícula similar a la que se presenta en la siguiente ilustración.

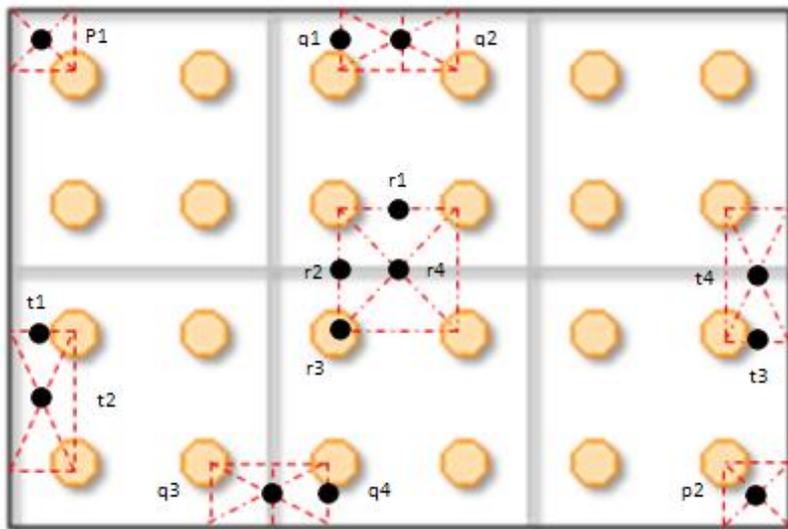


Ilustración 38. Distribución del área de trabajo para medición de área regular con luminarias simétricamente separadas en dos o más filas.

Se procede a tomar lecturas con el equipo de medición en los puntos  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$ ,  $r_4$ , en las partes centrales de las áreas. Se promedia las 4 lecturas y a éste resultado le llamamos  $R$ .

Se toman las lecturas en los puntos  $q_1$ ,  $q_2$ ,  $q_3$  y  $q_4$ , en dos puntos medios sobre cada lado del recinto. Se promedian las 4 lecturas y a éste resultado le llamamos  $Q$ .

De igual manera, se procede a tomar las lecturas de los puntos  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$  y  $t_4$ , en dos puntos medios en los lados laterales del salón. El promedio de las cuatro lecturas corresponde a T.

Por último, se toman lecturas en los puntos  $p_1$  y  $p_2$ , en dos de los cuatro extremos del salón. El promedio de estas mediciones corresponde a P.

Se determina el nivel promedio de iluminación del área reemplazando los resultados anteriores en la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} & \textit{Iluminación promedio} \\ & = \frac{R(N - 1) * (M - 1) + Q(N - 1) + T(M - 1) + P}{N * M} \end{aligned}$$

Donde N = Número de luminarias por fila

M = Número de filas

**1.5.2. Área regular con una luminaria ubicada simétricamente en el recinto.**

Para este caso, se procede a tomar lecturas en los puntos  $p_1$ ,  $p_2$ ,  $p_3$  y  $p_4$ , en el centro de cada cuarta parte del salón, tal como se presente en la siguiente ilustración.

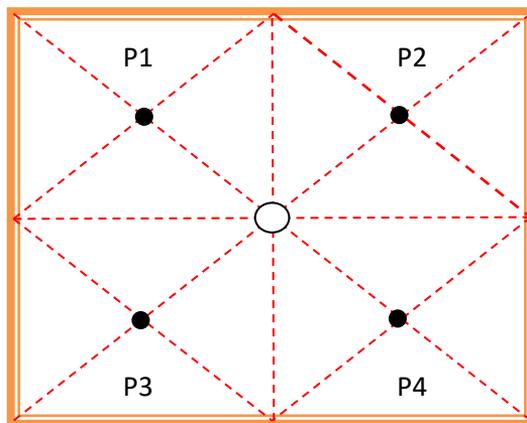


Ilustración 39. Área regular con una luminaria ubicada simétricamente en el recinto.

El promedio de las cuatro lecturas es P y corresponderá a la iluminación promedio del área objeto de estudio.

### 1.5.3. Área regular con una fila de luminarias.

Para este caso, se procede a tomar lecturas en los puntos q<sub>1</sub> a q<sub>8</sub> en los puntos medios de cuatro secciones típicas localizando dos a cada lado del área. El promedio de dichas mediciones se denominará Q.

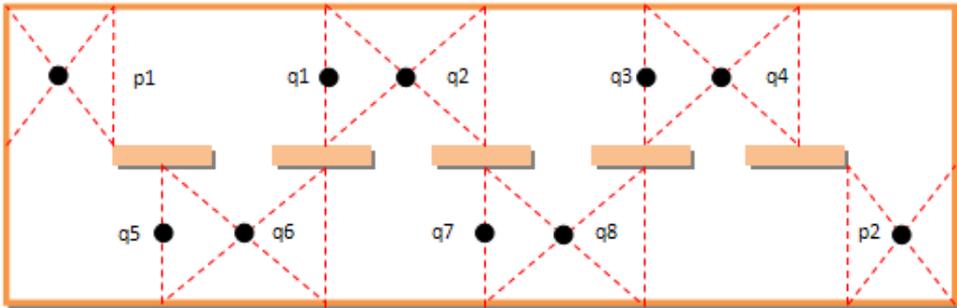


Ilustración 40. Área regular con una fila de luminarias

De igual manera se procede a tomar las lecturas en los puntos p<sub>1</sub> y p<sub>2</sub>, ubicados en dos extremos del área. El promedio de las lecturas se denominará P.

Se procede entonces a calcular la iluminación promedio así:

$$\text{Iluminación promedio} = \frac{Q(N - 1) + P}{N}$$

Donde, N = número de luminarias

### 1.5.4. Área regular con dos o más lámparas continuas.

Para este caso se procede a tomar lecturas en los puntos r<sub>1</sub> hasta r<sub>4</sub>, localizados en el centro del área. El promedio de dichas lecturas corresponde a R.

De igual manera se procede con los puntos q<sub>1</sub> a q<sub>4</sub> localizados en la mitad de los lados anterior y posterior del área, en el punto central entre la última fila y la pared. Dicho promedio corresponde a Q.

Se toman lecturas en los puntos  $t_1$  a  $t_4$ , ubicados en los laterales del salón, al final de las filas y entre éstas. El promedio de dichas lecturas corresponde a  $T$ .

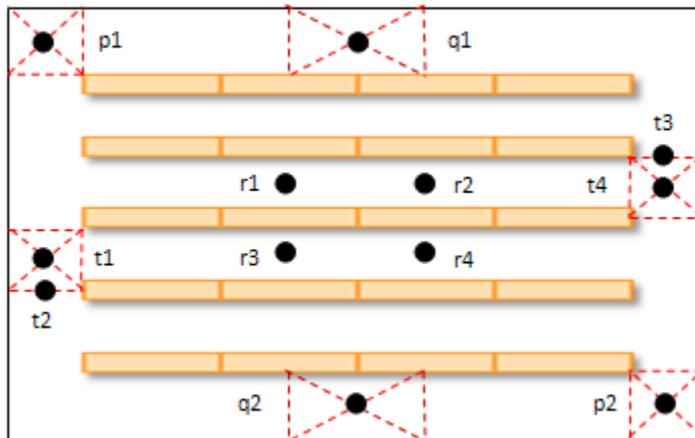


Ilustración 41. Área regular con dos o más lámparas continuas.

Por último se toma la lectura de los puntos  $p_1$  y  $p_2$ , ubicados en las esquinas del recinto. El promedio de dichas lecturas será  $P$ .

Se procede entonces a determinar la iluminación promedio del área aplicando la siguiente ecuación.

$$\text{Iluminación promedio} = \frac{RN(M - 1) + QN + T(M - 1) + P}{M(N + 1)}$$

Donde  $N$  = número de luminarias por fila

$M$  = número de filas.

### 1.5.5. Área regular con una fila de luminarias continuas.

Este tipo de áreas son muy comunes en corredores y pasillos. Para su evaluación, el analista dispone la toma de lecturas en puntos como se describe en la siguiente ilustración.

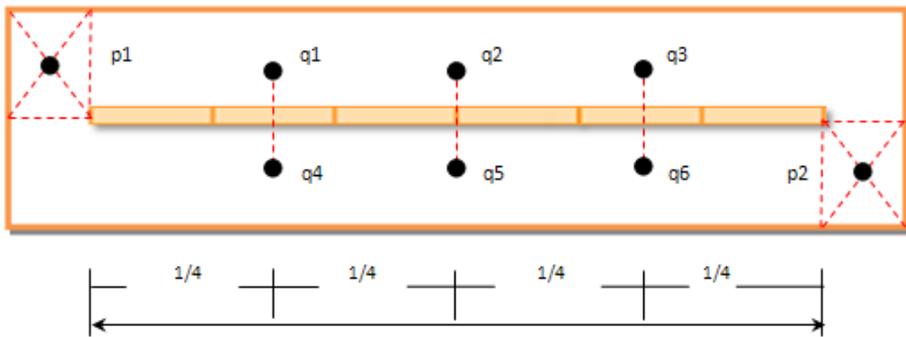


Ilustración 42. Área regular con una fila de luminarias continuas

Se deben tomar las lecturas en los puntos q<sub>1</sub> hasta q<sub>6</sub>. El promedio de las lecturas corresponde a Q. Luego se toman lecturas en los puntos p<sub>1</sub> y p<sub>2</sub>, en las esquinas del salón. Su promedio corresponde a P.

Se determina el nivel de iluminación promedio mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Iluminación promedio} = \frac{QN + P}{N + 1}$$

N = número de luminarias.

### 1.5.6. Método de la constante del salón

Se procede a dividir el área en estudio en cuadrados de un metro por cada lado, y se mide la iluminancia en el centro de cada cuadro a la altura del plano de trabajo. Al final se determina la iluminancia promedio del área total con el cálculo aritmético de la media de las mediciones.

La Tabla 14, ilustra el número mínimo de puntos de medición que se deben tomar para determinar la constante del salón, que está definida como sigue:

$$\text{Constante del salón } (K) = \frac{A * L}{h(A + L)}$$

Donde: A = ancho del salón

L= Largo del salón

h = altura de las luminarias sobre el plano de trabajo

En ocasiones es necesario aumentar el número de puntos de medición para obtener una mayor simetría en la red de puntos a evaluar, producto de la ubicación de las fuentes de luz con relación a la forma del salón

**Tabla 14. Relaciones Entre la Constante del Salón y el Número Mínimo de Puntos de Medición - IES.**

Constante del Salón	No. Mínimo de Puntos de Medición
< 1	4
1 y < 2	9
2 y < 3	16
≥ 3	25

Basados en el valor obtenido para K, se define el número mínimo de observaciones o puntos de medición utilizando la tabla 14.

Luego, para obtener la ubicación de los puntos en el área, se procede de la siguiente manera:

- Se distribuyen tantos cuadrículas como puntos se requiera medir. Cuando los puntos de medida coinciden con los puntos más iluminados, se recomienda incrementar el número de éstos.
- Evaluar en el centro de la cuadrícula y a la altura del plano de trabajo
- El nivel de iluminación promedio, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$E_{prom} = \sum E_i/n$$

### 1.5.7. Método Aleatorio.

Consiste en dividir el plano dl área a evaluar en cuadrículas a escala de acuerdo al tamaño del recinto, y calcular un tamaño muestral representativo.

El número de puntos a evaluar son los equivalentes al tamaño de la muestra y se seleccionan del total de cuadrículas, de manera aleatoria. Para ello, todas las cuadrículas se deben enumerar previamente y se utiliza la tabla de números aleatorios para seleccionar los puntos de medición.

El tamaño de la muestra debe estar entre el 25% y el 50% del total de la cuadrícula en que se ha dividido el área.

En este caso, el nivel promedio de iluminación se calcula de la siguiente manera:

$$E_{prom} = \sum E_i/n$$

Donde:             $E_i$  = niveles de medición  
                       $N$  = número de puntos evaluados

Al aplicar éste método, la guía técnica GTC 8<sup>13</sup> establece que *el área del piso o de la zona a evaluar se debe dividir en un número de rectángulos de igual tamaño, cuyas dimensiones se deben seleccionar de acuerdo con la altura y tamaño del recinto y la distancia entre las luminarias. La relación entre la longitud y el ancho del rectángulo no debe ser superior a 2:1. Las iluminancias se deben medir en los puntos medios del rectángulo y la iluminancia promedio se calcula con base en el total de lecturas.*

La distancia más usual entre los puntos de medición en los recintos con alturas normales está dada entre 1m y 2 m. En el caso de ventanas elevadas en recintos industriales de gran espacio entre luminarias, la distancia puede ser superior a 5 m.

---

<sup>13</sup> Guía Técnica Colombiana

En todo caso, cuando se realice un proceso de medición, se debe tener en cuenta que:

- La foto celda del instrumento de medición debe ubicarse en un plano horizontal a 85 cm del nivel del suelo aproximadamente.
- Si se quiere medir exactamente la eficiencia de las lámparas se hará necesario eliminar el efecto de la luz natural, bien sea mediante persianas o realizando las mediciones en horas de la noche.

## 1.6. EQUIPOS PARA ESTUDIOS DE ILUMINACIÓN.

### 1.6.1. LUXÓMETRO.

El luxómetro (también llamado light meter) es un instrumento de medición que nos brinda la posibilidad de evaluar el nivel de la iluminancia real y no subjetiva de un ambiente específico de manera simple y rápida. Consiste en principio, en una célula fotoeléctrica acoplada a un miliamperímetro. Cuando incide la luz en la célula fotoeléctrica, circula a través del miliamperímetro una corriente cuya intensidad aumenta de acuerdo con la luz. La escala está calibrada en lux. La unidad de medida es lux (lx).



Ilustración 43. Luxómetro

### **1.6.1.1. Procedimientos de Evaluación**

#### **Niveles de iluminación de puestos de trabajo.**

Permite medir la cantidad de luz que llega a una superficie de trabajo y compararla con el valor estándar recomendado acorde a la tipología de las tareas a realizar en éste. Es importante medirla en condiciones normales de trabajo, es decir, en aquellas en que el trabajador desarrolla sus tareas de manera cotidiana. El instrumento de medida debe colocarse en el plano de trabajo para realizar la evaluación. Deberán evaluarse tantos puntos como oficios o tareas diferentes existan.

#### **Formas de efectuar la medición.**

Durante las mediciones, debe mantenerse el luxómetro correctamente en la superficie de medida, perfectamente horizontal si se trata de una medida en la superficie horizontal. No deben incidir sobre la célula sombras proyectadas ni tampoco debe exponerse el luxómetro por largo tiempo a una fuente de luz intensa. Éste deberá estar protegido contra los cambios de temperatura y humedad.

#### **Medición de Iluminación General**

Las mediciones deben realizarse sobre el plano horizontal de trabajo, a una altura aproximada de 0.85 m del nivel del piso.

Es recomendable dejar expuestas las fotoceldas del instrumento de medición entre unos 5 y 10 minutos en algunos casos, pero dado los avances tecnológicos en estos equipos al menos hasta lograr una estabilidad en la lectura. De igual manera, se deben evitar el efecto de sombras sobre la fotocelda que pueda variar la lectura.

SI se trata de un sistema de iluminación artificial, las mediciones deberán hacerse preferiblemente de noche o en ausencia absoluta de luz natural

## CÁLCULOS

### *Determinación de la iluminación promedio ( $E_p$ ):*

Se calcula el nivel promedio de iluminación de acuerdo a la metodología más apropiada a juicio del analista.

### *Factor de Uniformidad (FU).*

Para determinar la uniformidad de los niveles de iluminación es necesario determinar el nivel promedio de iluminación del área evaluada y compararla con los valores medidos en cada uno de los puntos. A partir de esta relación se puede obtener el factor de uniformidad así:

$$FU = \frac{E_p}{E_i} \geq \frac{1}{1.5}$$

ó

$$FU = \frac{E_i}{E_p} \geq \frac{1}{1.5}$$

Donde:

FU = Factor de Uniformidad

$E_p$  = Nivel promedio de iluminación del salón

$E_i$  = Nivele medido en cada punto.

En el numerador deberá colocarse el nivel de menor valor, es decir,  $E_p$  ó  $E_i$  y su relación debe estar entre 0.667 –1.0.

En el momento en que se tenga que el 75% o más de los puntos estén dentro del rango, se podrá decir que los niveles de iluminación son uniformes en el espacio o área de evaluación.

## Niveles de Iluminación Recomendados

**Tabla 15. Categorías Iluminancia y Valores de Iluminancia por Tipos**

A continuación, en la tabla 9 y 10, se describen los niveles de iluminación recomendados por la “Sociedad de Ingenieros Eléctricos de los EE.UU (IES)”, dependiendo del tipo de actividad u oficio a realizar, con el objetivo de asegurar unas condiciones de visibilidad confortables y seguras. Estos están determinados en función del nivel de detalle y esfuerzo visual que se requiere para el desarrollo de las actividades en una persona adulta con visión normal.

### Genéricos y Actividades en Interiores según IES

Tipo de Actividad	Categoría a Iluminancia	Rangos de la Iluminancia		Referencia Plano de trabajo
		Lux	Bujía – Pie (Footcandle)	
Espacios Públicos con áreas oscuras alrededor de estas.	A	20-30-50	2-3-5	Iluminación General en espacios abiertos.
Orientación simple para visita cortas.	B	50-75-100	5-7.5-10	
Espacios de trabajo donde la tarea visual es exigente ocasionalmente.	C	100-150-200	10-15-20	
Ejecución de la tarea visual con altos contrastes y tamaño grande.	D	200-300-500	20-30-50	
Ejecución de la tarea visual con contrastes medios de tamaño pequeño.	E	500-750-1000	50-75-100	Iluminación localizada sobre el puesto de trabajo:
Ejecución de la tarea visual de bajo contraste o tamaño pequeño.	F	1000-1500-2000	100-150-200	
Ejecución de tareas visual de bajo contraste y tamaño muy pequeño por periodos prolongados.	G	2000-3000-5000	200-300-500	Iluminación sobre el puesto de trabajo obtenida por una combinación general y localizada( iluminación
Ejecución de tareas visuales exactas y muy prolongadas.	H	5000-7500-10000	500-750-1000	

Tipo de Actividad	Categoría Iluminancia	Rangos de la Iluminancia		Referencia Plano de trabajo
		Lux	Bujía – Pie (Footcandle)	
Ejecución de tareas muy especiales de extremadamente bajo contraste y pequeño tamaño.	I	10000-15000-20000	1000-1500-2000	suplementaria).

**Tabla 16. Niveles de Iluminación Recomendados – IES**

ÁREA / ACTIVIDAD	CATEGORÍA DE ILUMINACIÓN
<b>Auditorios</b>	
Congregaciones	C
Actividades sociales	B
<b>Bancos</b>	
Sala de recepción	
General	C
Área para escribir	D
Cajeros	E
<b>Diseños, proyectos</b>	
<b>Malar</b>	
Medio de alto contraste; tinta india, puntas de plástico, puntas suaves de grafito	E
Bajo contraste del medio; puntas de grafito duras	F
<b>Pergamino</b>	
Alto contraste	E
Bajo contraste	F
<b>Papel calcante</b>	
Alto contraste	E
Bajo contraste	F
<b>Revestimientos</b>	
Mesa iluminada	C
<b>Impresiones</b>	
Línea azul	E
Impresiones azules	E
Impresiones sepia	F
<b>Ascensores (Elevadores) carga, personal</b>	C
<b>Salas de exhibición</b>	C

ÁREA / ACTIVIDAD	CATEGORÍA DE ILUMINACIÓN
<b>Servicios de alimentación</b>	
Áreas de comidas	
Cajeros	D
Limpieza	C
Alimentación	B
Cocina	E
<b>Diseño gráfico y material</b>	
Selección del color	F
Esquematización y mapeo	F
Gráficos	E
Líneas	F
Trazado y artes	F
Fotografía, detalle moderado	E
<b>Salud</b>	
Ambulancia (local)	E
Sala de anestesia	E
Autopsia y morgue	
Autopsia, general	E
Mesa de autopsia	G
Morgue general	D
Museo	E
Laboratorio función cardiaca	E
Central de suministros esterilizados	
Inspección, general	E
Inspección	F
Áreas de trabajo, general	D
Almacenamiento	D
Corredores y pasillos	
Áreas de enfermería día	C
Áreas de enfermería noche	B
Áreas de operación, distribución, recuperación, áreas de laboratorio y servicio	E
Áreas de cuidado crítico	
General	C
Revisión	E
Iluminación de tareas quirúrgicas	H
Lavadero de manos	F
sala de cistoscopia	E
Área dental	
General	D

ÁREA / ACTIVIDAD	CATEGORÍA DE ILUMINACIÓN
Bandeja de instrumentación	E
Cavidad oral	H
Laboratorio de prótesis, General	D
Laboratorio de prótesis, banco de trabajo	E
Laboratorio de prótesis, local	F
Sala de recuperación, general	C
Sala de recuperación, revisión de emergencia	E
Unidad de diálisis	F
Ascensores (elevadores)	C
EKG y sala de especímenes	
General	B
Sobre equipos	C
Emergencias	
General	E
Local	F
Salas de endoscopia	
General	E
Peritoneoscopia	D
Culdoscopia	D
Salas de revisión y tratamiento	
General	D
Local	E
Cirugía de ojos	F
Sala de fracturas	
General	E
Local	F
Terapia de inhalación	D
Laboratorios	
Recolección de muestras	E
Laboratorios de tejidos	F
Sala de análisis microscópicos	D
Revisión de muestras rusticas	F
Laboratorios químicos	E
Laboratorios de bacteriología	
General	E
Análisis de muestras	F
Hematología	E
Lencería (Ropa blanca)	
Ropa sucia	D
Sala de ropa limpia	D

ÁREA / ACTIVIDAD	CATEGORÍA DE ILUMINACIÓN
Sala de costura, General	D
Sala de costura, área de trabajo	E
Armario de ropa (closet)	B
Sala de espera	C
Sala de casilleros o cajones (lockers)	C
Estudio de ilustración medica	F
Registros médicos	E
Enfermería	
General	C
Observación y tratamiento	E
Estación de enfermería	
General	D
Escritorios	E
Corredores, día	C
Corredores noche	A
Estación de medicamento	E
Áreas de distribución obstétrica	
Salas de trabajo	
General	C
Local	E
Salas de nacimientos	F
Área de distribución	
Limpieza, general	F
General	G
Resucitación, Reanimación	G
Área postnatal, área de recuperación	E
Sala de esterilización	B
Terapia ocupacional	
Área de trabajo, general	D
Puestos de trabajo	E
Salas de pacientes	
General	B
Observación	A
Revisiones críticas	E
Análisis	D
Baños	D
Farmacia	
General	E
Bóveda para almacenar alcoholes	D
Divisiones de los puestos de trabajo	F

ÁREA / ACTIVIDAD	CATEGORÍA DE ILUMINACIÓN
Luz nocturna	A
Habitaciones auxiliares para acompañantes	D
Departamento de terapia física	
Gimnasio	D
Salas de depósito	D
Cubículos de tratamiento	D
Salas de recuperación de post anestesia	
General	E
Local	H
Laboratorios de función pulmonar	E
Área radiológica	
Sección de diagnóstico	
General	A
Áreas de espera	A
Salas de estudios radiográficos y fluoroscopias	A
Clasificación de radiografías	F
Laboratorios de barium	E
Secciones de terapias de radiación	
General	B
Áreas que requieren escritura	B
Laboratorio de isótopos, general	E
Laboratorio de isótopos, puestos de trabajo	E
Sección de radiografía computarizada	
Sala de escáner	B
Sala de mantenimiento de equipos	E
solario	
General	C
Local, para lecturas y análisis	D
Escalas	C
Salas quirúrgicas	
Salas de operación, general	F
Mesa de operaciones (2500 Bujía-pie)	
Área de limpieza y lavado	F
Sala de instrumentación y esterilización de suministros	D
Sala de limpieza de instrumentos	E
Almacenamiento de anestesia	C
Sala de esterilización	C
Salas de instrucción quirúrgica	E
Área de mantenimiento quirúrgico	E
Baños y sanitarios	C

ÁREA / ACTIVIDAD	CATEGORÍA DE ILUMINACIÓN
Salas de programación	D
Salas de espera	
General	C
Áreas locales para lecturas	D
<b>Fincas lecheras</b>	
Área de operaciones con la leche (salón de ordeño y establos)	
General	C
Ordeño de vacas	D
Manipulación de equipos y área de almacenamiento	
General	C
Área de lavado	E
Interior de tanques	E
Plataforma de carga	C
Área de alimentación	
bodega donde se almacena el heno	A
Área de inspección del heno	C
Escalas y escaleras	C
Silo	A
Cuarto de silos	C
Área de almacenamiento de comida, grano y concentrado	
Depósito de grano	A
Área de almacenamiento de concentrado	B
Área de procesamiento de alimentos	B
Área de animales en general (Áreas comunes, maternidad, corrales individuales)	
de terneros, áreas de descanso	B
Área de almacenamiento de máquinas (garaje y máquinas de establo)	B
Áreas comerciales de las fincas	
Área de actividad de almacenamiento	B
Área general de comercio (reparación de maquinaria, cortes gruesos)	D
Puestos y máquinas de trabajo (pintura, almacenamiento fino, trabajo con	
láminas de metal ordinario, soldadura, puestos de trabajo	D
Puestos y maquinaria de trabajo (trabajo con: madera fina, taladro, tornos de	
metal y triturador)	E
Áreas misceláneas	
Surtidor de gasolina	C
<b>Molinos de harina</b>	

ÁREA / ACTIVIDAD	CATEGORÍA DE ILUMINACIÓN
Mezcla, colación, purificación	E
Empaque	D
Control de producto	F
Limpieza, protección, transporte de bultos por hombres, vías aisladas, áreas transitables, depósitos de chequeo	D
<b>Fundiciones</b>	
Hornos	D
Limpieza	D
Fabricación de núcleos	
Finos	F
Medianos	E
Trituración (pulverización)	F
Inspección	
Fina	G
Media	F
Moldeo	
Mediano	F
Largo	E
Vaciados (derramamiento)	E
Clasificación	E
Cúpula	C
Sacudir	D
<b>Servicio de garajes</b>	
Reparación	E
Áreas de tráfico activo	C
Áreas donde se requiera escribir	D
<b>Trabajos con vidrio</b>	
Salas mixtas y hornos, salas de presión, maquinas sopladoras de vidrio	C
Trituración, corte, platear (recubrimientos plateados)	D
Trituración fina, achaflanar, lustrar	E
Inspección, grabado al aguafuerte y decoración	F
<b>Manufactura de guantes</b>	
Presión	G
Manufactura	F
Clasificación	F
Corte	G
Costura e inspección	G
<b>Fabricación de sombreros</b>	
Entintado, endurecimiento, trenzado, limpieza, refinamiento	E

ÁREA / ACTIVIDAD	CATEGORÍA DE ILUMINACIÓN
Forma, tamaño, bordes, acabados, planchado	F
Costura	G
Inspección	
Simple	D
Dificultad moderada	E
Dificultad	F
Alta dificultad	G
Exactitud	H
<b>Fabricación de joyería y relojería</b>	G
<b>Lavanderías</b>	
Lavado	D
Aplanchado, pesado, marcación, alistamiento	D
Ciclos finales de presión, clasificación	E
Planchado fino manual	E
<b>Industria del cuero</b>	
Limpieza, teñido y esmaltado, tanques de almacenamiento	D
Corte, cueros crudos, carnaza, y material	D
Acabados y suavizados	E
<b>Trabajo con cuero</b>	
Presión, esmaltado	F
Corte, suavizado, cosido	G
<b>Manipulación de materiales</b>	
Envoltura, empaque, etiquetado	D
Movilización, clasificación	D
Carga en camiones y vehículos de carga	C
<b>Industria de la carne</b>	
Matadero	D
Limpieza, corte, cocción, moler, enlatado, empaque	D
<b>Industria de pinturas</b>	
Procesamiento	D
Comparación de mezclas	F
<b>Comercialización de pinturas</b>	
Simple, remojo, esparcido (spray)	D
Fricción, pintura manual y acabados, reproducción y esparcidos especiales	D
Pinturas manuales finas y acabados	E
Pinturas manuales extrafinas y acabados	G
<b>Manufactura de papel para cajas</b>	E
<b>Manufactura de papel</b>	
Trituración	D

ÁREA / ACTIVIDAD	CATEGORÍA DE ILUMINACIÓN
Acabados, corte, arreglos, máquinas de fabricación de papel	E
Corte manual, maquina etapa final mojado	E
Inspección y laboratorios	F
Rebobinadores	F
<b>Enchapado</b>	D
<b>Industria de aves</b>	
Cría producción, ponedoras de huevos	
Alimentación, inspección, limpieza	C
Archivos y registros	D
Termómetros, termostatos, relojes de tiempo	D
Incubación	
Área general y plataformas de carga	C
Dentro de las incubadoras	D
Área de asignación	F
Clasificación de sexo	H
Manipulación de huevos, empaque y embarque	
Líneas de limpieza (General)	E
Inspección (calidad de los huevos)	E
Plataforma de carga, área de almacenamiento de huevos etc	C
Procesamiento de huevos	
Iluminación general	E
Planta de procesamiento	
Rechazos de sacrificios y área de descarga	E
Estación de inspección gubernamental y estación de clasificación	E
Áreas de descarga y sacrificio	C
Almacenamiento de alimentos	
Grano, raciones de alimentos	C
Procesamiento	C
Archivos y registros	D
Área de maquinas de almacenamiento (garaje y maquinas de establo)	B
<b>Industria de la impresión</b>	
Técnicas de impresión	
Técnicas de matriz, impresión en tela	E
Ensamble de fuentes (clasificación)	D
Área de moldes y planchas	E
Plantas de impresión	
Inspección y apreciación del color	F
Maquinas de composición	E
Salón de composición	E
Prensas	E

ÁREA / ACTIVIDAD	CATEGORÍA DE ILUMINACIÓN
Montaje de planchas	F
Electro copiado	F
Moldes, rutas, acabados, nivelación de moldes, reparación	E
Área de bloques y estañado	D
Electro plata, lavado, respaldos	D
Fotograbados	
Grabados al agua fuerte, fases	D
Rutas, acabados, pruebas	E
Entintado, enmascarado	E
<b>Aserraderos industriales</b>	
Cubiertas secundarias de troncos	B
Cabecera de corte (área de visualización por el cortador)	E
Cabecera de corte (salida de troncos)	B
Maquinas (bordes ásperos, recorte, pulimento, corte en tablas planas)	B
Piso industrial principal (iluminación)	A
Mesas de clasificación	D
Clasificación de troncos	D
Clasificación de troncos acabados (procesos intermedios)	F
Secado de troncos en bodegas	C
Áreas de hornos de secado	B
Evacuación de aserrín	B
Áreas de actividad	A
Áreas de inactividad	A
Salas de almacenamiento (áreas de trabajo)	E
<b>Espacios de servicio</b>	
Escaleras, corredores	B
Ascensores: carga y pasajeros	B
Baños y sanitarios	C
<b>Industria de la costura</b>	
Recepción, empaque, embalaje	E
Apertura, almacenamiento de materias primas	E
Diseño, análisis de muestras de proyectos, selección de muestras y marcado	F
Diseño por computador, elaboración de muestras y digitalización, marcación y	
plotting (Dibujo mecánico)	B
Inspección y colgado de ropa	I
Distribución y corte (incluido el corte por computador)	F
Reparación, clasificación y arrumes, tono, matiz, puntadas demarcación	G
Costura	G

ÁREA / ACTIVIDAD	CATEGORÍA DE ILUMINACIÓN
Presión	F
Inspecciones finales y en proceso	G
Almacenamiento de productos terminados y recolección de ordenes	F
Preparación, entubado, hombreras	F
Reparación de maquinas	G
Tejido	F
Espojado, decantación, rebobinado, medidas	E
<b>Trabajos con hojas metálicas</b>	
Maquinas misceláneas, puestos de trabajo comunes	E
Prensas, corte, estampado, giros, puestos de trabajo medios	E
Perforaciones	E
Inspección de láminas, galvanizado	F
Gráficos	F
<b>Manufactura de zapatos de cuero</b>	
Corte y empate (sutura, juntura)	
Mesas de corte	G
Marcación, perforación, clasificación, corte	G
Empate, juntura (materiales oscuros)	G
Marcación y acabados, clavadores de puntillas, colocación de suelas y martilladores, decoradores, remontadores, limpieza, spray, lustrado, grabados	
estampados	F
<b>Manufactura de zapatos de caucho</b>	
Lavado, recubrimiento, compuesto triturado	D
Barnizado, vulcanizado, corte de suelas superior e inferior	D
Envoltura de suelas, procesos y acabados	E
<b>Manufactura de jabón</b>	
Calderos, corte, corte en pastas, triturado	D
Estampado, envoltura y empaque, llenado y empaque de jabón en polvo	D
<b>Almacenamiento de baterías</b>	D
<b>Salas de almacenaje o bodegas</b>	
Inactivas	B
Activas	
Artículos grandes y en bultos	C
Artículos pequeños	D
<b>Fabricación estructural del acero</b>	E
<b>Refinamiento del azúcar</b>	
Graduación	E
Inspección del color	F

ÁREA / ACTIVIDAD	CATEGORÍA DE ILUMINACIÓN
Chequeo (control de calidad)	
General	D
Chequeos de exactitud, instrumentos de medida extrafina, basculas	F
<b>Industria textil</b>	
Preparación de fibra	
Arrumes para entintar, teñido	D
Clasificación y graduación (lana y algodón)	E
Manufactura de hilos	
Apertura y recolección (vertedor, rampa, alimentador)	D
Cardar (no tejidos, tejidos en formación)	D
Dibujos (trama, anteproyecto)	D
Peinado y extracción de semillas	D
Giros (centrifuga, retorcimiento, textura)	E
Preparación de hilos	
Bobinado, retorcido	E
Envoltura (clasificación por tamaños)	F
Producción de tela	
Tejido, tejido de punto, adornos	F
Inspección	G
Acabados	
Preparación de telas (diseño, preparación, blanqueamiento, quemado)	D
Entintado de telas (impresión)	D
Acabados de telas (fechar lotes, sanforizar (hacer que la tela no se encoja)	
tratamientos químicos)	E
Inspección	G
<b>Producción de tabaco</b>	
Secado de hojas	D
Clasificación y graduación	F
Tapizar, entapizar	F
<b>Soldadura</b>	
Orientación	D
Precisión manual (soldadura de arco)	H
<b>Trabajo con madera</b>	
Cortes gruesos y puestos de trabajo	D
Clasificación de acuerdo al tamaño, plantación, lijado grueso, maquinas de	
mediana capacidad y puestos de trabajo, pegado, enchapado, tonelería	D
Trabajos finos y maquinas de trabajo, lijado fino y acabados	E

ÁREA / ACTIVIDAD	CATEGORÍA DE ILUMINACIÓN
<b>Ensamble</b>	
Simple	D
Dificultad moderada	E
Dificultad	F
Alto grado de dificultad	G
Exactitud	H
<b>Panaderías</b>	
Salas de mezclado	D
Estanterías	D
Al interior de los hornos de mezclado	D
Salas de fermentación	D
Áreas de elaboración de productos	
Pan	D
Productos dulces que crecen con la levadura	D
Control de calidad (sala de pruebas y chequeos)	D
Cuarto de hornos	D
Rellenos y otros ingredientes	D
Decoración	
Mecánica	D
Manual	E
Basculas y termómetros	D
Envolturas	D
<b>Encuadernación de libros</b>	
Doblado, ensamblado, empastado	D
Corte, perforación, costura	E
Estampado en relieve e inspección	F
<b>Cervecerías</b>	
Bodegas	D
Hervido y lavado de barriles	D
Llenado de (botellas, latas, barriles)	D
<b>Industria de dulces</b>	
Departamento de cajas	D
Departamento de procesamiento de chocolate	
Descascarado, selección con zaranda, extracción de grasa, trituración y refinamiento	D
Limpieza de grano, clasificación, remojo, empaque, envoltura	D
Triturado	E
Elaboración de crema	
Mezclado, cocción, moldeo	D

ÁREA / ACTIVIDAD	CATEGORÍA DE ILUMINACIÓN
Vaciado de gomas y formas gelatinosas	D
Decoración manual	D
Dulces duros	
Mezclado, cocción y moldeo	D
Corte y clasificación	E
Fabricación de besitos y envolturas	E
<b>Enlatados y preservativos</b>	
selecciones preliminares de muestras de productos crudos	D
Tomates	E
Graduación del color y salas de corte	F
Preparación	
Clasificación preliminar	
Albaricoques y duraznos	D
Tomates	E
Aceitunas	F
Corte y extracción de semilla para dar forma	E
Clasificación final	E
Enlatado	
Banda transportadora de latas	E
Lavado de latas	E
Empaque manual	D
Aceitunas	E
Control de calidad (chequeo de muestras enlatadas)	F
Manipulación de contenedores	
Inspección	F
Etiquetado y empaçado en cajas	D
<b>Productos de (arcilla, barro) y concreto</b>	
Trituración, prensas, áreas de hornos	C
Moldeo, Presión, limpieza, pulimento	D
Esmaltado	E
Color y barnizado - trabajo grueso	E
Color y barnizado - trabajo fino	F
<b>Industria de limpieza y aplanchado</b>	
Chequeo y clasificación	E
Limpieza en seco, mojado y al vapor	E
Inspección	G
Aplanchado	F
Reparaciones	F

ÁREA / ACTIVIDAD	CATEGORÍA DE ILUMINACIÓN
<b>Productos de tela</b>	
Control de calidad (inspección de tela)	I
Corte	G
Costura	G
Aplanchado	F
<b>Manufactura de ropa</b>	
Recepción, apertura, almacenamiento, desplazamiento	D
Chequeo (colocación de la ropa en los percheros)	I
Espanjado, decantación, enrollado en bobinas, medición	D
Apilado (amontonamiento) y marcación	E
Corte	G
Elaboración de muestras, preparación de adornos, entubados, lonas, hombreras	E
Reparación, agrupar por categorías, oscurecer, costuras, puntadas	D
Puntos de venta	F
Inspección	G
Prensado	F
Costura	F
<b>Industria de la recolección de algodón</b>	
Equipos separadores, secadores, rejillas limpiadoras, alimentadores y puentes de trabajo	D
Recolección de pie	D
Consola de control	D
Limpiador de hilachas	D
Formación de pacas	D
<b>Derivados de la leche</b>	
<b>Industria lechera</b>	
Sala de hervido	D
Almacenamiento de botellas	D
Clasificación de botellas	E
Lavado de botellas	
Lavado de latas (envases metálicos)	D
Equipos que requieren temperaturas frescas	D
Llenado de envases e inspección	E
Medidores	E
Laboratorios	E
Paneles de visualización	E
Pasteurizadoras	D

ÁREA / ACTIVIDAD	CATEGORÍA DE ILUMINACIÓN
Separadores	D
Refrigeradores de almacenamiento	D
Tanques, lotes	
Luz en interiores	C
Interiores oscuros	E
Termómetros	E
Cuarto de pesajes	D
Basculas	E
<b>Manufactura de equipos eléctricos</b>	
Áreas de sobrecarga	D
Aislamiento (cable enrollado)	E
<b>Estaciones de generación de energía eléctrica</b>	
Equipos de aire acondicionado, aire precalentado, y ventiladores de piso,	
compuertas para la evacuación de las cenizas	B
Bombas, tanques, compresores, medidores	
Área	C
Sala de baterías	D
Calderas	B
Quemadores	C
Salas de cableado	B
Sistemas de alimentación con carbón manual	B
Áreas de pulverización del carbón	C
Condensadores, desaireadores de piso, evaporadores de piso, calentadores de	
piso	B
Salas de control	
Tablero principal de control	D
Paneles auxiliares de control	D
Área de los operadores de estaciones	E
Mantenimiento de áreas cableadas	D
Iluminación para operaciones de emergencia	C
Lectura de medidores	D
Área de colectores de hidrogeno y dióxido de carbono	C
Laboratorios	E
Plataforma de sopladores de hollín	C
Cabeceras y válvulas reguladoras de flujo de vapor	B
Controles centrales de suiches y motores	D
Salas de equipos telefónicos y de comunicaciones	D
Túneles o galerías, tuberías e instalaciones eléctricas	B

ÁREA / ACTIVIDAD	CATEGORÍA DE ILUMINACIÓN
Construcción de turbinas	
Piso de operaciones	D
Áreas debajo del piso de operaciones	C
Galerías de visita	C
Área de tratamiento de aguas	D
<b>Manufactura de explosivos</b>	
Fundición manual, tanques de hervor, secadores estacionarios, cristalizadores	D
Hornos mecánicos, generadores, secadores mecánicos, evaporadores, filtración	
cristalizadores mecánicos	D
Tanques de cocción, extractores, percoladores	D
<b>Espacios de comercialización</b>	
Salas de modificaciones	F
Salas de ajustes	
Vestieres	D
Áreas de ajustes	C
Salas de almacenamiento, envoltura y empaque	D
<b>Construcciones municipales (bomberos y policía)</b>	
Policía	
Identificación de registros	F
Celdas y salas de interrogación	D
pabellón de bomberos	D
<b>Oficinas</b>	
Áreas audiovisuales	D
Vestíbulos, salas de espera y áreas de recepción	C
Clasificación de correos	E
Áreas de impresión off-set y área de duplicados	D
<b>Procesos que requieren de lectura</b>	
Tareas de copia	
Duplicados	E
Lectores de microfichas	B
Mimeografía	D
Fotografía, detalle moderado	E
Copias térmicas, copias pobres o deficientes	F
Xerografía	D
Xerografía tercera generación y posteriores	E
Procesamiento de datos y tareas electrónicas	
Monitores, televisores (pantallas CRT)	B
Impresoras de impacto	
Cintas de buena calidad	D

ÁREA / ACTIVIDAD	CATEGORÍA DE ILUMINACIÓN
Cintas de mala calidad	E
Segunda copia de carbón y superiores	E
Impresoras de inyección de tinta	D
Lectura de las impresiones de las teclas del teclado	D
Salas de maquinas	
Operaciones que requieren actividad	D
Almacenamiento de cintas de grabación	D
Área de maquinas	C
Equipos de servicio	E
Impresiones térmicas	E
Tareas que requieren escritura manual	
Lápiz #2 y puntas más suaves	D
Lápiz #3	E
Lápiz #4 y puntas más duras	F
Lapiceros de punta esférica	D
Lapiceros de punta de fieltro	D
Copias de carbón escritas a mano	E
Colores no reproducibles fotográficamente	F
Tableros donde se escribe con tizas	E
Tareas impresas	
Caracteres de 6 puntos	E
Caracteres entre 8 y 10 puntos	D
Revistas de papel brillante	D
Mapas	E
Impresión de noticias (periódicos)	D
Documentos originales	D
2 copia de carbón y posteriores de documentos digitados a maquina	E
Guías telefónicas	E
<b>Espacios de servicio</b>	
Escaleras, corredores	C
Elevadores (ascensores) de carga y pasajeros	C
Baños, sanitarios, lavamanos	C
<b>Terminales de transporte</b>	
Salas de espera y salones públicos	C
Actividades de control con los tiquetes	E
Chequeo de equipaje	D
Habitaciones de descanso	C
Multitudes, concurrencia	B
Área de abordó a los vehículos	C

ÁREA / ACTIVIDAD	CATEGORÍA DE ILUMINACIÓN
<b>Almacenes de maquinas</b>	
Puestos de trabajo agitados o Maquinas de trabajo	D
Puestos de trabajo medios o maquinas de trabajo, maquinas automáticas	
ordinarias, maquinas trituradoras robustas, Maquinas pulidoras y brilladoras	G
Puestos de trabajo de exactitud o maquinas de trabajo, Trituración fina	H
<b>Armerías (armas de fuego)</b>	C
Salones de conferencia	D
Visiones criticas (referirse a tareas individuales)	
<b>Depósitos, terminales y estaciones (mirar terminales de transporte)</b>	
<b>Contabilidad, conteos y cálculos (mirar tareas de lectura)</b>	
<b>Terminales aéreos, aeropuertos (mirar terminales de transporte)</b>	
<b>Actividades de relleno (referirse a tareas individuales)</b>	
<b>Facilidades financieras (mirar bancos)</b>	
<b>Pasillos y corredores del departamento de bomberos (mirar construcciones municipales)</b>	
<b>Mostradores de comida (mirar espacios de mercadeo)</b>	
<b>Estaciones de gasolina (mirar estaciones de servicio)</b>	
<b>Hospitales (mirar área de salud)</b>	
<b>Áreas de transacciones de venta (mirar áreas de lectura)</b>	
<b>Casas de enfermería (mirar área de salud)</b>	
<b>Oficinas</b>	
Áreas de conferencia (mirar salas de conferencia)	
salones de dibujo (mirar áreas de dibujo)	
Oficinas generales y privadas (mirar áreas de lectura)	
<b>Oficinas de correos (mirar oficinas)</b>	
<b>Estaciones de servicio</b>	
Servicio particular (mirar la parte III grupo industrial)	
Salas de venta (mirar espacios de mercadeo)	
<b>Escalas (mirar espacios de servicios)</b>	
<b>Salas de almacenamiento (mirar parte III grupo industrial)</b>	
<b>Bodegas (Mirar espacios de mercadeo y ventanas)</b>	
<b>Piezas de fundición (mirar fundiciones)</b>	
<b>Estaciones centrales (mirar estaciones de generación eléctrica)</b>	
<b>Plantas químicas (mirar plantas químicas y de petróleos)</b>	
<b>Salas de control (Mirar interiores de estaciones de generación eléctrica)</b>	
<b>Corredores (Mirar espacios de servicios)</b>	

ÁREA / ACTIVIDAD	CATEGORÍA DE ILUMINACIÓN
<b>Fincas lecheras (mirar fincas)</b>	
Control de calidad (Mirar inspección)	
Recepción y desplazamiento de artículos (mirar manipulación de materiales)	

En conclusión, la iluminación mal diseñada, monótona e insuficiente en entornos laborales genera problemas de atención, incomodidad y fatiga, aumenta el nivel de estrés del trabajador, reduce los niveles de productividad y potencia la generación de accidentes laborales.

La calidad y nivel de la iluminación irá en dependencia directa a los requerimientos visuales del tipo de trabajo que se pretende desarrollar.

Muchos accidentes laborales están relacionados con la deficiencia de condiciones de iluminación, por lo cual se pueden evitar diseñando los espacios de manera correcta y acorde a las necesidades de trabajo. Ahora bien, no es sólo las fuentes de luz; es importante tener en cuenta aspectos como el uso de colores, las superficies de trabajo, la uniformidad y la geometría de los espacios, para poder evitar no sólo condiciones deficientes de iluminación, sino también excesivas, efectos de deslumbramiento, efectos estroboscópicos, entre otros que puedan poner en riesgo la salud y seguridad de los trabajadores, especialmente cuando estos manipulan herramientas o equipos peligrosos.

## CASO DE ANÁLISIS PRÁCTICO

Evalúe las condiciones generales (ubicación, tipo y estado de las luminarias, existencia de sombras y brillo, etc.) y los niveles de iluminación aplicando los métodos más pertinentes en:

- a. Un área de trabajo
- b. Un puesto de trabajo

Se debe elaborar y mantener un reporte que contenga la información obtenida en el reconocimiento, los documentos que lo complementen, los datos obtenidos durante la evaluación y al menos la siguiente información:

- a. Informe descriptivo de las condiciones normales de operación, en las cuales se realizó la evaluación, incluyendo las descripciones del proceso, instalaciones, puestos de trabajo y el número de trabajadores expuestos por área y puesto de trabajo.
- b. Plano de distribución del área evaluada, en el que se indique la ubicación de los puntos de medición.
- c. Resultados de la medición de los niveles de iluminación.
- d. Comparación e interpretación de los resultados obtenidos, contra lo establecido en la normativa.
- e. Hora en que se efectuaron las mediciones.
- f. Programa de mantenimiento.
- g. Copia del documento que avale la calibración del Luxómetro expedida por un laboratorio acreditado y aprobado conforme a los criterios Nacionales ó Internacionales sobre Metrología y Normalización;
- h. Conclusión técnica del estudio.
- i. Las medidas de control a desarrollar y el programa de implantación.
- j. Nombre y firma del responsable del estudio;
- k. Determine el tipo de distribución utilizada para realizar las mediciones de iluminancia en el local de trabajo y justifique su selección. Con base en las dimensiones del local de trabajo describa gráficamente el esquema que utilizó para realizar las mediciones y determine el nivel de iluminación promedio general del local de trabajo.
- l. Investigue el nivel de iluminación promedio que las normas permiten y/o exigen para las condiciones del local de trabajo y compárelas con las obtenidas por observación.
- m. Con base en el estado del local de trabajo y las observaciones realizadas con el sonómetro ¿en qué condiciones considera UD se encuentra el local de trabajo en cuanto a iluminación? ¿Considera que se deben realizar adecuaciones? Argumente

Responda a las siguientes preguntas:

- a. ¿Recomendaría utilizar un sistema de iluminación general indirecto para un área de producción? ¿Por qué?
- b. ¿qué factores se deben considerar a la hora de diseñar un sistema de iluminación?
- c. Realice el siguiente análisis: ¿qué sucedería si todos los objetos y lo que nos rodea fueran de color blanco?

## Referencias

- ICONTEC. GUÍA TÉCNICA COLOMBIANA GTC 8. Electrotecnia. Principios de Ergonomía Visual. Iluminación para ambientes de trabajo en espacios cerrados. Editada por Icontec. Bogotá D.C. 1994
- Norma sobre ruido. Reglamento Técnico Colombiano para evaluación y control de iluminación y brillo en los centros y puestos de trabajo.
- FAVIE J. DAMEN C. P. HIETBRINK G., QUAEDFIEG. N.J. Alumbrado. Biblioteca Técnica Phillips. Ed. Paraninfo, Meléndez Valdez, 14 y 15. Madrid – 15. 1963
- Fundación Mapfre. Manual de higiene industrial. Cuarta Edición. Editorial MAPFRE. Madrid. 1996
- CORTÉS DÍAZ, José María. Seguridad e Higiene del Trabajo: Técnicas de Prevención de Riesgos Laborales. Tercera Edición. México: Alfa Omega, 2002
- OIT. Introducción al Estudio del Trabajo. México. Editorial Limusa, 2002
- NIEBEL-FREIVALDS. Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo. Décima Edición. Editorial Alfa Omega. México, 2001.
- NORMA ANSI/IES RP-8, 1977.
- PÉREZ PÉREZ, Marina. Validación de la Iluminancia de los métodos experimentales CIE e IES en un modelo real con ventanas en dos orientaciones. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. Tesis Doctoral. 2007
- Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008. Condiciones de Iluminación en los centros de trabajo. Secretaría del Trabajo y Previsión Social.
- ORIOL Boix. Luminotecnia: iluminación de interiores y exteriores. Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Politécnica de Catalunya.
- HERNANDEZ DÍAZ, Mabel. La iluminación, factor de riesgo visual ocupacional. Vol. 9. Pontificia Universidad Javeriana.

Pérez, H., Martínez, D., Fontalvo, L., Sabogal, M. & Ochoa, J. (2018).  
RADIACIONES POR CAMPOS DE RADIOFRECUENCIA,  
MICROONDAS Y LASER EN ENTORNOS LABORALES. En Porto,  
A., Villalobos, B. & Pérez, H. (Comp.). Higiene y seguridad en el  
trabajo: análisis, evaluación y control. Barranquilla, Colombia: Sello  
Editorial Coruniamericana.

# FACTORES DE RIESGOS PSICOSOCIAL LABORAL EN EL ÁREA DE MANTENIMIENTO Y ENSAMBLE DE MOTORES NÁUTICOS DE BARRANQUILLA

José Rafael Palacio Angulo<sup>14</sup>

Jainer Alberto Sánchez Sanjuán<sup>15</sup>

David Martínez Consuegra<sup>16</sup>

Jairo Martínez Consuegra<sup>17</sup>

Dayni Reyes Sanjuan<sup>18</sup>

---

<sup>14</sup> Médico y Cirujano, especialista en gerencia en Servicios en Salud, Doctorante en Ciencias Sociales Mención Gerencia, miembro del semillero de investigación TRANVIA del Grupo DESOGE de la Uniminuto del Centro Regional Atlántico, [jpalacioang@uniminuto.edu](mailto:jpalacioang@uniminuto.edu)

<sup>15</sup> Estudiante de Pregrado de Administración en Salud Ocupacional, X semestre, miembro del grupo de investigación TRANVIA, [jainersanchez70@gmail.com](mailto:jainersanchez70@gmail.com)

<sup>16</sup> Ingeniero Químico. Profesor Tiempo completo Corporación Universitaria Americana.  
[dmartinez@coruniamericana.edu.co](mailto:dmartinez@coruniamericana.edu.co)

<sup>17</sup> Ingeniero Químico. Director Académico Corporación Universitaria Uniminuto. [jairo.martinez@uniminuto.edu](mailto:jairo.martinez@uniminuto.edu)

<sup>18</sup> Ingeniera Industrial. Profesor Programa Administración de Empresas. Corporación Universitaria Minuto de Dios.  
[Dayni.reyes@uniminuto.edu](mailto:Dayni.reyes@uniminuto.edu)

## **INTRODUCCIÓN:**

Este proyecto de investigación tiene como finalidad evaluar los factores de riesgo psicosocial, enfocado en el estrés laboral, al que se exponen los trabajadores del Taller de Motores Náuticos en la ciudad de Barranquilla.

Los Factores de Riesgo Psicosocial con condiciones presentes en situaciones laborales relacionadas con la organización del trabajo, el tiempo en el puesto de trabajo, la realización de la tarea y en entorno; que afectan el desarrollo de las actividades laborales, la calidad de vida y la salud de los trabajadores.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN:**

Para los empleadores es de vital importancia el bienestar físico y psicosocial de sus trabajadores, considerando que el Talento Humano es indispensable para la mano de obra de la productividad de cualquier actividad económica. De acuerdo a las observaciones realizadas a los trabajadores del área de Taller ensamble y mantenimiento de motores náuticos, se evidencia inconformidades considerables en su entorno laboral. Estas inconformidades han dado lugar a una incidencia de patologías ocupacionales asociadas por estrés en el puesto de trabajo, a nivel psíquico, emocional y físico, con aspectos psicosociales que producen estados de ansiedad y depresión, que afectan a una parte importante de la población y por ende se ve reflejado en la productividad de la empresa. La falta de formación e información de los empleadores a sus trabajadores maximizan los Riesgos Psicosociales a los que se ven expuestos los trabajadores del área de Taller de Motores Náuticos de la Ciudad de Barranquilla.

La realización de este estudio se enmarca en la importancia de la identificación de los factores de riesgo psicosociales, no solo para la prevención de los mismos sino para otorgar alternativas que impacten positivamente al sector empresarial y que aporten desde el interés de la gerencia del Talento Humano y desde todo el abordaje propuesto con los sistemas ya consolidados como la

Batería de Instrumentos para la Evaluación de Factores de Riesgo psicosocial (Ministerio de la Protección Social, 2010); al mejoramiento de las organizaciones y de sus colaboradores alineado al cumplimiento de la normatividad legal vigente, dando propuestas de intervención para su aplicación y de esta manera conllevar al personal del área de taller de ensamble y mantenimiento de motores náuticos a beneficios tanto laborales como individuales reflejado en su incremento de productividad y mejoramiento en su calidad de vida.

### **Marco teórico**

Los motores fuera de borda son de uso muy común en nuestro país. Y debido a que todos los trabajos de selección se hacen de manera empírica, el presente estudio pretende dar una herramienta útil y sencilla para poder adecuar la selección del motor a las características del casco sin dejar de lado el efecto de la interacción casco-hélice. (Gamarra Chinchay, Yarin Achachagua, Yarin Achachagua, & Palacios Aranda, 2011). Los motores fuera borda en general se diseñan teniendo en mente las embarcaciones de recreo, con un amplio rango de potencias disponible, entre 1 y más de 220 kW y cuyo rendimiento óptimo se obtiene en embarcaciones de pequeño tamaño, ligeras y rápidas. Es por ello que su utilización debe limitarse a las pequeñas lanchas de bajura; su uso en embarcaciones mayores, lentas y pesadas, implicaría un funcionamiento totalmente fuera de su punto óptimo y, por lo tanto, una gran ineficiencia y consumo de combustible. En todo caso, los motores fuera borda de gasolina presentan siempre un mayor consumo de combustible que uno diésel de igual potencia, factor que es agravado por la menor eficiencia de las hélices de este tipo de motores. El consumo de un motor de este tipo puede superar en más de tres veces el de un motor diésel equivalente, (Agudo Recarte, 2018), Los factores psicosociales se definen como toda condición que experimenta la persona en relación con su medio organizacional que bajo determinadas condiciones de intensidad y tiempo de exposición pueden afectar negativamente

el bienestar y la salud de los trabajadores (Gonzalez & Vargas, 2016). La Resolución 2646 del 2008 del Ministerio de Protección Social de Colombia, en el Capítulo I, Artículo 3º, define los factores de riesgos psicosociales como: “Las condiciones psicosociales cuya identificación y evaluación muestra efectos negativos en la salud de los trabajadores o en el trabajo”, comprendiendo los aspectos laborales, intralaborales, extralaborales o en su defecto externos a la organización y las condiciones individuales o características intrínsecas del trabajador. Comprenden los aspectos intralaborales, los extralaborales o externos a la organización y las condiciones individuales o características intrínsecas del trabajador, los cuales, en una interrelación dinámica, mediante percepciones y experiencias, influyen en la salud y el desempeño de las personas (Pérez, Martínez, Villalobos, Porto & De La Hoz, 2018).

Los riesgos psicosociales laborales son situaciones laborales que tienen una alta probabilidad de dañar gravemente la salud de los trabajadores, física, social o mentalmente. Los riesgos psicosociales laborales son situaciones que afectan habitualmente de forma importante y grave la salud. Mientras que los factores de riesgo psicosocial son habitualmente factores con diferentes niveles de probabilidad de ocasionar daños de todo tipo, los riesgos psicosociales tienen una alta probabilidad de generar consecuencias principalmente graves. (Moreno Jimenez, 2018).

Las condiciones Laborales psicosociales comprenden los aspectos del entorno familiar, social y económico del trabajador. A su vez, abarcan las condiciones del lugar de vivienda, que puedan influir en la salud y bienestar del individuo. (Lozada Cabellos, 2018).

Por su parte (Soles, 2017) señala que los riesgos profesionales son “el conjunto de enfermedades y los accidentes que pueden ocurrir con ocasión o como consecuencia del trabajo. La palabra riesgo indica la probabilidad de ocurrencia de un evento tal como una caída, una descarga eléctrica”.

Un factor crucial, que debe tenerse en cuenta al planificar y efectuar intervenciones psicosociales en el ambiente profesional es la gran variedad de situaciones de la población trabajadora en las diversas partes del mundo. (Organización mundial de la salud, 2018).

Para (Marulanda Ruiz, 2007), el estrés laboral enemigo silencioso de la salud mental y la satisfacción con la vida, para esta autora el estrés laboral es entendido con el desbalance percibido por el trabajador entre las condiciones psicosociales y sus capacidades, características individuales. Entonces a raíz de ello queda claro que el estrés ha generado un impacto en la salud de los trabajadores y se ha convertido en un generador de enfermedad profesional.

Se puede visualizar que uno de los problemas funcionales de una organización y estresante es la sobrecarga de trabajo generados por supervisores y superiores, los conflictos familiares con los que los trabajadores llegan a sus lugares de trabajo, esto desconcentra la tarea del mismo, ocasionando estrés durante la jornada laboral.

## **Metodología**

El presente estudio es de tipo cuantitativo, descriptivo con corte transversal, se realizó una investigación sobre los factores de riesgos psicolaboral que afectan a los trabajadores del área de taller de ensamble y mantenimiento de motores náuticos. Para ella se utilizó como herramienta, batería para la evaluación de factores de riesgo psicosocial establecido por el Ministerio de Protección Social. Es transversal o de corte porque se realizó en un momento dado y no existe continuidad en el tiempo.

El diseño de investigación es cuantitativo, indicando que el planteamiento del problema se encuentra definido por el personal que realiza la investigación como lo son los riesgos reflejados en lo cuantitativo, en el personal de ensamble y mantenimiento en los motores náuticos de una empresa en la ciudad de Barranquilla.

## RESULTADOS

	CONDICIONES AMBIENTALES, DE LOS SITIOS O LUGARES DONDE REALIZA LAS ACTIVIDADES	siempre	casi siempre	algunas veces	casi nunca	nunca
1	El ruido en el lugar donde trabajo es molesto	19	10	1		
2	En el lugar donde trabajo hace mucho frío				30	
3	En el lugar donde trabajo hace mucho calor	29		1		
4	El aire en el lugar donde trabajo es fresco y agradable			10	20	
5	La luz del sitio donde trabajo es agradable				20	10
6	El espacio donde trabajo es cómodo		5	20	5	
7	En mi trabajo me preocupa estar expuesto a sustancias químicas que afecten mi salud	25	5			
8	Mi trabajo me exige hacer mucho esfuerzo físico	30				
9	Los equipos o herramientas con los que trabajo son cómodos		25	5		
10	En mi trabajo me preocupa estar expuesto a microbios, animales o plantas que afecten mi salud	20	10			
11	Me preocupa accidentarme en mi trabajo	30				
12	El lugar donde trabajo es limpio y ordenado			20	10	

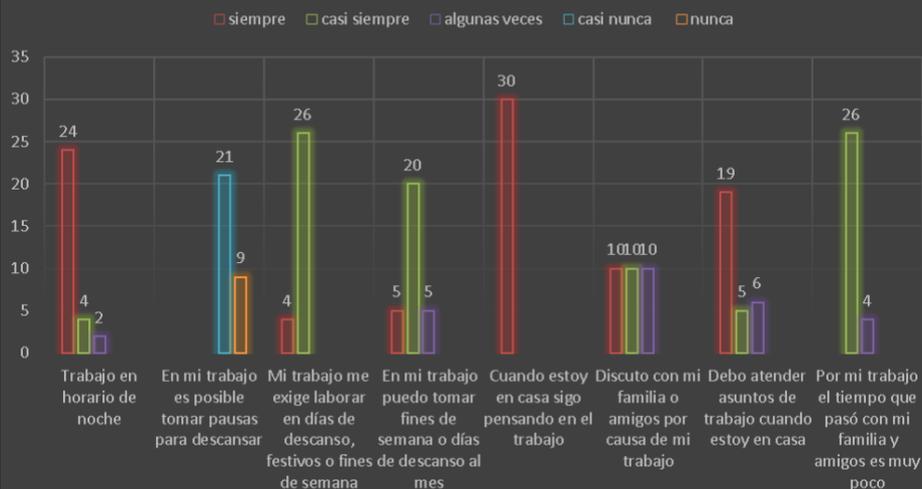


## ESFUERZO MENTAL QUE LE EXIGE SU TRABAJO



	RESPONSABILIDADES Y ACTIVIDADES QUE DEBE REALIZAR EN SU TRABAJO	siempre	casi siempre	algunas veces	casi nunca	nunca
22	En mi trabajo respondo por cosas de mucho valor	5	25			
23	En mi trabajo respondo por dinero de la Empresa				1	29
24	Como parte de mis funciones debo responder por la seguridad de otros					30
25	Respondo ante mi jefe por los resultados de toda mi área de trabajo		22	8		
26	Mi trabajo me exige cuidar la salud de otras personas			4	4	22
27	En el trabajo me dan órdenes contradictorias	28	2			
28	En mi trabajo me piden hacer cosas innecesarias			10	5	15
29	En mi trabajo se presentan situaciones en las que debo pasar por alto normas o procedimiento	23		7		
30	En mi trabajo tengo que hacer cosas que se podrían hacer de una forma más práctica		5	25		

## JORNADA DE TRABAJO



## DECISIONES Y CONTROL QUE LE PERMITE SU TRABAJO



## CAMBIOS QUE OCURREN EN EL TRABAJO



## INFORMACION QUE LA EMPRESA HA DADO DE SU TRABAJO



## FORMACION Y CAPACITACION QUE LA EMPRESA FACILITA PARA HACER EL TRABAJO



CONTACTOS CON JEFES		siempre	casi siempre	algunas veces	casi nunca	nunca
63	Mi jefe me da instrucciones claras		5	25		
64	Mi jefe ayuda a organizar mejor el trabajo	24	4	2		
65	Mi jefe tiene en cuenta mis puntos de vista y opiniones				21	
66	Mi jefe me anima para hacer mejor mi trabajo	4	26			
67	Mi jefe distribuye las tareas de forma que me facilita el trabajo	5	20	5		
68	Mi jefe me comunica a tiempo la información relacionada con el trabajo	30				
69	La orientación que me da mi jefe me ayuda a hacer mejor el trabajo	10	10	10		
70	Mi jefe me ayuda a progresar en el trabajo	19	5	6		
71	Mi jefe me ayuda a sentirme bien en el trabajo		26	4		
72	Mi jefe ayuda a solucionar los problemas que se presentan en el trabajo			3	27	
73	Siento que puedo confiar en mi jefe		30			
74	Mi jefe me escucha cuando tengo problemas de trabajo			28	2	
75	Mi jefe me brinda su apoyo cuando lo Necesito		4	22	4	

RELACIONES Y APOYO ENTRE OTRAS PERSONAS		siempre	casi siempre	algunas veces	casi nunca	nunca
76	Me agrada el ambiente de mi grupo de trabajo	28	2			
77	En mi grupo de trabajo me tratan de forma respetuosa			10	5	15
78	Siento que puedo confiar en mis compañeros de trabajo	23		7		
79	Me siento a gusto con mis compañeros de trabajo		5	25		
80	En mi grupo de trabajo algunas personas me maltratan	24	4	2		
81	Entre compañeros solucionamos los problemas de forma respetuosa				21	9
82	Hay integración en mi grupo de trabajo	4	26			
83	Mi grupo de trabajo es muy unido	5	20	5		
84	Las personas en mi trabajo me hacen sentir parte del grupo	30				
85	Cuando tenemos que realizar trabajo de grupo los compañeros colaboran	10	10	10		
86	Es fácil poner de acuerdo al grupo para hacer el trabajo	19	5	6		
87	Mis compañeros de trabajo me ayudan cuando tengo dificultades		26	4		
88	En mi trabajo las personas nos apoyamos unos a otros	15	10	5		
89	Algunos compañeros de trabajo me escuchan cuando tengo problemas	6	13	1		

## INFORMACION DEL RENDIMIENTO DE SU TRABAJO



	SATISFACCION, RECONOCIMIENTO Y SEGURIDAD QUE OFRECE EL TRABAJO	siempre	casi siempre	algunas veces	casi nunca	nunca
95	En la empresa confían en mi trabajo	30				
96	En la empresa me pagan a tiempo mi salario	5	25			
97	El pago que recibo es el que me ofreció la empresa				1	29
98	El pago que recibo es el que merezco por el trabajo que realizo					30
99	En mi trabajo tengo posibilidades de progresar		22	8		
100	Las personas que hacen bien el trabajo pueden progresar en la empresa			4	4	22
101	La empresa se preocupa por el bienestar de los trabajadores	28	2			
102	Mi trabajo en la empresa es estable			10	5	15
103	El trabajo que hago me hace sentir bien	23		7		
104	Siento orgullo de trabajar en esta empresa		5	25		
105	Hablo bien de la empresa con otras personas			22	8	

## **CONCLUSIONES**

El proyecto de investigación alcanzó la identificación de peligros en el riesgo psicosocial que generan estrés laboral en los trabajadores del Sector Náutico; es recomendable las medidas preventivas y correctivas entre ellas: las capacitaciones, actividades lúdicas pedagógicas y sensibilización al personal expuesto. Se pudo establecer que, de acuerdo a los resultados obtenidos, los factores de riesgos Psicosocial Forma B, asociado al estrés presentan un nivel de riesgo Medio en las dimensiones intralaborales.

## BIBLIOGRAFIA

- Gamarra Chinchay, H. E., Yarin Achachagua, A. J., Yarin Achachagua, Y. H., & Palacios Aranda, M. (2011). <http://revistas.uni.edu.pe/index.php/tecnia/article/view/94/166>
- Gamarra Chinchay, H. E., Yarin Achachagua, A. J., Yarin Achachagua, Y. H., & Palacios Aranda, M. (2011). <file:///C:/Users/JAINER%20A%20SANCHEZ%20S/Downloads/94-517-1-PB.pdf>. Recuperado el 11 de 03 de 2018, de <file:///C:/Users/JAINER%20A%20SANCHEZ%20S/Downloads/94-517-1-PB.pdf>: <http://revistas.uni.edu.pe/index.php/tecnia/article/view/94/166>
- Agudo Recarte, K. (11 de 03 de 2018). <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/21932>. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/21932>: <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/21932>
- Gonzalez, L., & Vargas, D. (2016). [http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/2854/Gonz%C3%A1lez\\_Laura\\_Daniela\\_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/2854/Gonz%C3%A1lez_Laura_Daniela_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Recuperado el 11 de 03 de 2018, de [http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/2854/Gonz%C3%A1lez\\_Laura\\_Daniela\\_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/2854/Gonz%C3%A1lez_Laura_Daniela_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y): <http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/handle/6789/2854>
- Moreno Jimenez, B. (5 de 03 de 2018). [http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0465-546X2011000500002&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0465-546X2011000500002&script=sci_arttext&tlng=pt), versión On-line ISSN 1989-7790 versión impresa ISSN 0465-546X. Recuperado el 05 de Marzo de 2018, de [http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0465-546X2011000500002&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0465-546X2011000500002&script=sci_arttext&tlng=pt)
- Lozada Cabellos, M. F. (05 de 03 de 2018). *Unad*. Obtenido de <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/working/article/view/1909/2135>: <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/working/article/view/1909/2135>
- Soles, C. (05 de 03 de 2017). [http://www.spentamexico.org/v7-n1/7\(1\)38-56.pdf](http://www.spentamexico.org/v7-n1/7(1)38-56.pdf). Obtenido de [http://www.spentamexico.org/v7-n1/7\(1\)38-56.pdf](http://www.spentamexico.org/v7-n1/7(1)38-56.pdf)
- Organizacion mundial de la salud. (09 de 03 de 2018). [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/37881/1/9243561022\\_spa.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/37881/1/9243561022_spa.pdf). Obtenido de [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/37881/1/9243561022\\_spa.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/37881/1/9243561022_spa.pdf): [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/37881/1/9243561022\\_spa.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/37881/1/9243561022_spa.pdf)
- Marulanda Ruiz, I. C. (2007). <https://es.slideshare.net/vladimirvargass/marulanda-i-2007-estres-laboral-enemigo-silencioso-de-la-salud-menta>. Obtenido de <https://es.slideshare.net/vladimirvargass/marulanda-i-2007-estres-laboral-enemigo-silencioso-de-la-salud-menta>

silencioso-de-la-salud-menta: <https://es.slideshare.net/vladimirvargass/marulanda-i-2007-estres-laboral-enemigo-silencioso-de-la-salud-menta>

DAES-ONU. (2012). *Gobierno Electronico. Encuesta 2012*. New York: Naciones Unidas.

GUTIERREZ GAMBETTA, L. (6 de Agosto de 2010). *GOBIERNO ELECTRÓNICO Y GOBERNANZA ELECTRÓNICA (E-GOBIERNO, E-GOVERNANCE)*. Recuperado el 1 de Mayo de 2014, de El blog de luisgutierrezgambetta: <http://luisgutierrezgambetta.obolog.es/gobierno-electronico-gobernanza-electronica-gobierno-governance-846083>

AYUSO GARCIA, M., & MARTINEZ NAVARRO, V. (2005). Gobierno electrónico. Contenidos y organización de las sedes web de los parlamentos autonómicos. *Revista Española de Documentación Científica*, XXVIII(4), 462-478.

RAMILO ARAUJO, M., & CRIADO GRANDE, J. (2003). Hacia una visión integrada del Gobierno Electrónico. *Ekonomiaz: Revista vasca de economía*(54), 206 - 225.

RUELAS, A. L., & PEREZ ARÁMBULO, P. (2006). El gobierno electrónico: su estudio y perspectivas de desarrollo. *UNIrevista*, I(3), 1-11.

KAUFMAN, E. (2005). *E-Ciudadanía, Prácticas de buen gobierno y TIC*. Montevideo: IDRC.

Social, Ministerio Proteccion. (2008). <http://www.saludcapital.gov.co/Documentos%20Salud%20Ocupacional/RESOL.%202646%20DE%202008%20RIESGO%20PSICOSOCIAL.pdf>. Recuperado el 11 de 03 de 2018, de <http://www.saludcapital.gov.co/Documentos%20Salud%20Ocupacional/RESOL.%202646%20DE%202008%20RIESGO%20PSICOSOCIAL.pdf>: [www.saludcapital.gov.co/.../RESOL.%202646%20DE%202008%20RIESGO%20PSIC...](http://www.saludcapital.gov.co/.../RESOL.%202646%20DE%202008%20RIESGO%20PSIC...)

Resolucion 2646 de 2008. (2017). <http://www.saludcapital.gov.co/Documentos%20Salud%20Ocupacional/RESOL.%202646%20DE%202008%20RIESGO%20PSICOSOCIAL.pdf>. Recuperado el 11 de 03 de 2018, de <http://www.saludcapital.gov.co/Documentos%20Salud%20Ocupacional/RESOL.%202646%20DE%202008%20RIESGO%20PSICOSOCIAL.pdf>: <http://www.saludcapital.gov.co/Documentos%20Salud%20Ocupacional/RESOL.%202646%20DE%202008%20RIESGO%20PSICOSOCIAL.pdf>

Fernandez. (2012).

Peiro. (2001).

OMS (Organizacion Mundial de la Salud). (s.f.). Obtenido de

[http://www.who.int/topics/risk\\_factors/es/](http://www.who.int/topics/risk_factors/es/):

[http://www.who.int/topics/risk\\_factors/es/](http://www.who.int/topics/risk_factors/es/)

Badia Montalvo, R. (1985).

<http://iris.paho.org/xmlui/bitstream/handle/123456789/16964/v98n1p20.pdf?sequence=1>. Obtenido de

<http://iris.paho.org/xmlui/bitstream/handle/123456789/16964/v98n1p20.pdf?sequence=1>:

<http://iris.paho.org/xmlui/bitstream/handle/123456789/16964/v98n1p20.pdf?sequence=1>

Instituto Nacional de Seguridad Salud y Bienestar en el Trabajo. (s.f.).

<http://www.insht.es/portal/site/RiesgosPsicosociales/menuitem.8f4bf744850fb29681828b5c180311a0/?vgnextoid=afeb84fbb7819410VgnVCM1000008130110aRCD>. Obtenido de

<http://www.insht.es/portal/site/RiesgosPsicosociales/menuitem.8f4bf744850fb29681828b5c180311a0/?vgnextoid=afeb84fbb7819410VgnVCM1000008130110aRCD>:

<http://www.insht.es/portal/site/RiesgosPsicosociales/menuitem.8f4bf744850fb29681828b5c180311a0/?vgnextoid=afeb84fbb7819410VgnVCM1000008130110aRCD>

Motor de Combustion Interna. (s.f.).

<file:///C:/Users/JAINER%20A%20SANCHEZ%20S/Downloads/Motor%20de%20combusti%C3%B3n%20interna.pdf>. Obtenido de

<file:///C:/Users/JAINER%20A%20SANCHEZ%20S/Downloads/Motor%20de%20combusti%C3%B3n%20interna.pdf>:

<file:///C:/Users/JAINER%20A%20SANCHEZ%20S/Downloads/Motor%20de%20combusti%C3%B3n%20interna.pdf>

# **LEAN MANAGEMENT Y SU IMPLEMENTACIÓN EN EL SECTOR INDUSTRIAL: fortalezas, debilidades y retos por abordar en el contexto de producción colombiano: una revisión**

Gustavo Andrés Araque González<sup>19</sup>

David Alberto García Arango<sup>20</sup>

Elkin Darío Aguirre Mesa<sup>21</sup>

Gabriel Jaime Rivera León<sup>22</sup>

Elkin Orlando Vélez Sánchez <sup>23</sup>

---

<sup>19</sup>Docente-Investigador Corporación Universitaria Americana.  
garaque@americana.edu.co

<sup>20</sup>Docente-Investigador Corporación Universitaria Americana.  
dagarcia@coruniamericana.edu.co

<sup>21</sup>Docente-Investigador Corporación Universitaria Americana.  
eaguirre@americana.edu.co

<sup>22</sup> Docente Corporación Universitaria Americana. grivera@americana.edu.co

<sup>23</sup> Docente Corporación Universitaria Americana.  
evelez@coruniamericana.edu.co

# 1. INTRODUCCIÓN

El sector industrial colombiano se caracteriza principalmente por su pensamiento tradicionalista acerca del arte y forma de realizar las actividades laborales en los diversos escenarios de operación. La cultura de trabajo por parte de los empleados está enmarcada en los sistemas antiguos, formas estandarizadas y poco aplicables de realizar las actividades diarias de manera óptima, afectando de cierta forma la productividad y rentabilidad de los procesos asociados. Ante este tipo de pensamiento y como parte del cambio que se requiere en el ideal conceptual de la fuerza laboral, en el país han venido surgiendo a través de los años nuevos sistemas metodológicos y estrategias para mejorar los procesos de producción industrial.

En búsqueda de una solución ante lo anteriormente planteado aparece la metodología Lean Management o administración esbelta, la cual se enfoca en “el mejoramiento del desempeño de las organizaciones concentrado en la reducción de costos, mejoramiento de la calidad, reducción de tiempos de ciclo, incremento y cumplimiento de las necesidades y expectativas de los clientes, desarrollo de nuevos productos y servicios y gestión de recursos humanos” (Imai, 1988).

Uno de los pilares de la metodología Lean Management se orienta en cambiar el pensamiento de la industria colombiana, impulsándola a desarrollar nuevas e innovadoras estrategias y formas de trabajar a través de una metodología aplicada en los sistemas de gestión de calidad, planificación de las actividades y optimización del recurso humano, natural y administrativo en el contexto industrial colombiano.

Para impulsar y promover este tipo de pensamiento en los diferentes sectores laborales, un conjunto de docentes e investigadores de la Corporación Universitaria Americana realizan una investigación descriptiva en relación al abordaje de las fortalezas, debilidades y futuras oportunidades de la Metodología *Lean Management* desde los principales campos de acción operacional de Colombia: La industria del sector alimenticio (*Lean Management food industry*), educación (*Lean Management improve education*), salud (*Lean Management in healthcare*), manufactura (*Lean Manufacturing*) y el sector de la construcción Civil (*Lean Construction*). A partir de lo anterior se construye un estudio de revisión bibliográfica con la presentación de estudios de caso, ejemplos a nivel internacional y el

planteamiento de alguna propuesta de mejora y oportunidad con respecto a las áreas relacionadas.

Mediante la presente investigación descriptiva se busca identificar la potencialidad de cada una de las metodologías y su pertinencia en los diferentes sectores económicos colombianos. El capítulo 1 se enfoca en un análisis descriptivo de la industria alimenticia y las herramientas *Lean* aplicadas al interior del sector de estudio. Para el capítulo 2 es resaltado como potencialidad de mejoramiento la metodología *Lean Education* como estrategia de calidad en el sector académico nacional. El capítulo 3 abordara la metodología *Lean Management* en la industria de salud como una estrategia de mejora de la situación actual del sector. La metodología de manufactura esbelta (*Lean Manufacturing*) será abordada en el capítulo 4 y finalmente en el capítulo 5 se abordará su implementación en el sector de la construcción civil (*Lean Construction*).

## **2. MANUFACTURA ESBELTA EN EL SECTOR ALIMENTICIO Y SERVICIOS (LEAN MANGEMENT FOOD INDUSTRY): METODOLOGIA Y ABORDAJE COLOMBIANO**

Uno de los sectores que aborda una participación representativa en la industria colombiana es la industria de los alimentos. Las estrategias de administración para dicho sector presentan un comportamiento volátil en cuanto a las estrategias planteadas para el mejoramiento continuo de los procesos internos. Una amplia gama de estrategias organizacionales, tales como “los principios Lean, ejecución de sistemas de empaque, dirección de la cadena de abastecimiento, entre otras, representan un papel fundamental en la industria de alimentos”. (Twomey, Truemper, & Murphy, 2006).

El principal desafío que enfrenta en la actualidad el sector alimenticio es la normatividad de salubridad e inocuidad de los procesos operacionales internos. Lo anterior genera como consecuencia “una reestructuración de la metodología de trabajo en las organizaciones y procesos de reingeniería al interior de las plantas industriales, lo cual está enmarcada en costos y gastos adicionales para la organización” (Weinekotter, 2009). Como respuesta a los desafíos anteriores se genera la necesidad de desarrollo de técnicas y metodologías de calidad que se orienten como principal objetivo en minimizar costos y tiempos asociados a las actividades industriales desarrolladas, marco dentro del cual se encuentra la

Filosofía Lean Management enfocada al sector alimenticio, en donde la meta principal está enmarcada en “ el aumento de la productividad basado en (1) Identificación del valor del producto; (2) identificación del flujo del valor;(3) aseguramiento de flujo continuo de operaciones; (4) Sistemas Kanban en la identificación de oportunidades de mejora al interior de la organización; (5) mejoramiento continuo a partir de la herramienta Kaizen” (Heymans, 2009) (Flidner, 2010)

Los factores asociados al aumento de la eficiencia de los procesos buscan como primera medida la eliminación de mudas, también conocidas como desperdicios de tiempos en las actividades industriales, los cuales son “ aquellos valores que no generan valor para el producto pero se encuentran en el producto como costo y/o gastos dentro del mismo” (Jones, 1996). Estos tiempos presentan un carácter determinante en el tiempo de ciclo de los alimentos, debido a los tiempos asociados a los productos perecederos en los procesos industriales. Arora & Kempkes (2008) y White (1999) destacan la importancia de estrategias como el *Just in Time* (JIT) y *make to order* (MTO) en la gestión operacional y aumento de la eficiencia y productividad al interior de las organizaciones. Otra de las estrategias implementadas para reducir costos en el sector alimenticio hace alusión a la producción limpia y desarrollo de procesos logísticos inversos. Christou & Ponis (2008) (Mason, 2008) destacan la importancia de un plan estratégico de inventarios basado en la reutilización de herramientas de embalaje, basado en los principios de reutilizar y reciclar las mismas.

Los recursos de la metodología Lean aplicados al sector de los alimentos se relacionan directamente con las herramientas de inventario y almacenamiento propios de las organizaciones. Para este último, Lamming (1993) & Pil (1996) describen que existen ciertos principios de gestión y administración organizacional en búsqueda de mejora de la productividad interna en los procesos logísticos-operacionales, conocido también como “los modelos de suministros Lean”, los cuales pueden ser descritos en la Tabla 1:

<b>Factor</b>	<b>Características del modelo “Lean” de inventarios</b>
<b>Naturaleza de la competencia</b>	<p>Competencia entre cadenas de suministro de proveedores</p> <p>Foco en la competitividad total del flujo de valor.</p> <p>Mercado dependiente: No hay competencia entre los miembros de una cadena de suministro.</p> <p>En las asociaciones o estrategias hay alto nivel de confianza, apertura de nuevos mercados y búsqueda de compartir las ganancia</p>
<b>Decisiones de abastecimiento (Bases)</b>	<p>Suministro único o dual.</p> <p>Relaciones a largo plazo, a menudo de por vida.</p> <p>Los criterios de compra se basan en el máximo beneficio de la red.</p> <p>El número de proveedores es bajo y muy estable.</p> <p>Participación temprana de un proveedor establecido en el proceso de I + D (Investigación y Desarrollo)</p>
<b>Estructura de suministro</b>	Estructura de oferta por niveles
<b>El papel de los Proveedores</b>	<p>Enfoque proactivo para mejorar la competitividad de la</p> <p>Cadena de suministro completa.</p> <p>Niveles altos de e innovación de los proveedores tanto en nuevos</p> <p>Procesos.</p>
<b>Desarrollo de Suministro</b>	Alto nivel de coordinación de proveedores en cada nivel de la oferta

	<p>estructurada</p> <p>Los proveedores dentro de los flujos de valor se ven como un grupo; Basado en grupos</p> <p>Herramientas de desarrollo.</p> <p>Un esfuerzo significativo realizado por los clientes en cada nivel para Proveedores.</p>
<b>Intercambio de Información e interacción</b>	<p>Transparencia en costes, capacidad, etc.</p> <p>Estrategias detalladas dentro de la red de suministros.</p> <p>Interacción frecuente a nivel operativo</p>
<b>Principios de Producción</b>	<p>Just-in-time en tiempo Real.</p> <p>Capacidad sincronizada.</p> <p>Flexibilidad operativa capaz de operar con fluctuaciones</p>

*Tabla 1. Una visión en general del modelo de suministro Lean – (Lamming R. , 1993)*

El modelo de suministro Lean descrito anteriormente permite identificar las principales características asociadas a las actividades propias del sector alimenticio. El enfoque analizado desde la perspectiva Lean permite ilustrar cómo el sistema de gestión de la cadena de suministro se ajusta a las condiciones y necesidades de operación “verdaderas” y eficientes en los procesos esbeltos del sector alimenticio (Lamming R. , 1996) (MacDuffie, 1997). Un ejemplo de lo anteriormente mencionado es cómo las decisiones acerca de la forma correcta de abastecimiento incluyen cierto tipo de desarrollo e investigaciones que le permitan gestionar el espacio disponible para el almacenamiento de las mercancías, analizando estudios previos y control sensorial de los mismos de acuerdo a la demanda relacionada.

El reto a nivel nacional es mayor si se analiza el nivel de representación de las Pequeñas y medianas empresas, las cuales porcentúan un “98,7% del total

de registros disponibles”. (Quesada & Arrieta, 2015), siendo éstas las responsables por la generación de empleo, producción y movimiento de la economía en gran participación con respecto a la demanda de productos alimenticios. Un caso de estudio es presentado por los autores con respecto a la comida y bebidas en la ciudad de Medellín, Colombia, en donde se pudo evidenciar que el sector representan el 96,84% del total de las compañías registrados a nivel local. Se realizó un análisis investigativo descriptivo en relación a las características propias de las organizaciones de bebidas y comidas de la ciudad de Medellín, categorizándolas y posicionándolas en uno de los cuatro cuadrantes, descritos a seguir: I: Organizaciones Productivas, II: Básico, III: Vulnerable, incluyendo los atrasados, IV: Organizaciones Prometedoras. Lo anterior es ilustrado en la Figura 1:

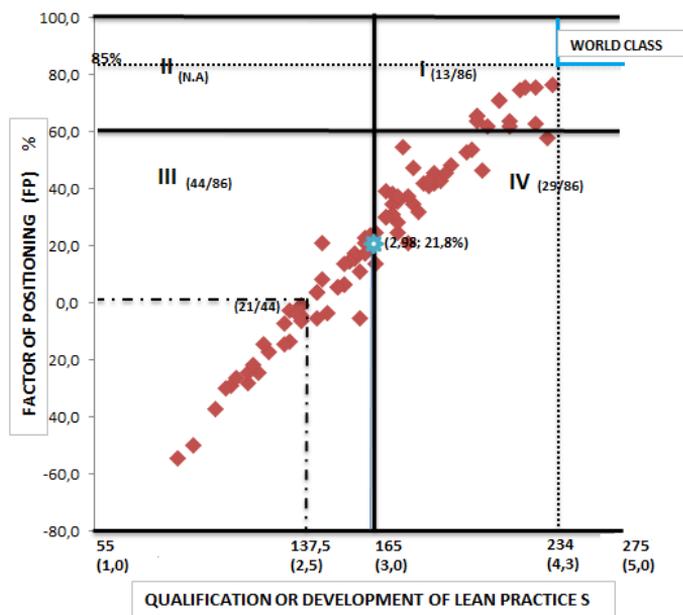


Figura 1. Clasificación de la industria colombiana de alimentos y bebidas en el desarrollo de prácticas Lean- (Quesada & Arrieta, 2015).

De acuerdo con el grafico anterior, se puede observar cómo que existen cuatro tipo de empresas de acuerdo las cuales son localizadas en los diferentes cuadrantes de acuerdo al desarrollo de sus prácticas Lean al interior de sus procesos operativos. Cada una tiene sus propias características, las cuales son:

Empresas del cuadrante I (Organizaciones productivas): Empresa que posee un factor de posicionamiento mínimo de 60% y una nota de desempeño Lean de 3.0 sobre los procesos productivos. De acuerdo al estudio realizado por los

investigadores. Se encontraban 13 de las 86 empresas analizadas por los investigadores, un 15,12% de la muestra total. Adicional a lo anterior se evidencia que ninguna de estas compañías se encuentra en el área de clase mundial, siendo este el área utilizada por las organizaciones que utilizan las “estrategias e instrumentos modernos de administración en cuanto a tecnología y procesos, es decir cumple con los requerimientos de clase mundial de calidad y especialización”. (Chiavenato, 2014).

Empresas del cuadrante II (Básicas): Organizaciones con factor de posicionamiento entre 60% y 100% y desarrollo de prácticas Lean entre 1.0 y 3.0 no se encontraron evidencias de este tipo de organizaciones.

Empresas del cuadrante III (Vulnerables): Presentan como principal característica tienen un máximo de 60% de posicionamiento o 3.0, en el desarrollo de prácticas Lean. Este tipo de compañías “requieren un grado de inversión para la mejora de sus procesos internos” (Suzaki, 1985), (Biazzo, 2000). Fueron registradas 44 de 86 compañías (51,16% del total).

Empresas del cuadrante IV: Son empresas que cuentan con un desarrollo de prácticas Lean más alto de 3.0 pero cuentan con un factor de posicionamiento menor del esperado, mínimo de 60%. Dentro de este rango se encuentran 19 de las 86 compañías (33,72%).

Como se pudo evidenciar anteriormente, las empresas cuentan con una gran participación en la implementación de estrategias Lean dentro de sus procesos operativos. Sin embargo, existen en el mercado líderes con procesos estructurados y demanda posicionada que las limita a competir en nichos de mercados limitados (Meredith & McTavish, Organized manufacturing for superior market performance, 1992). El desarrollo de la metodología Lean para el sector alimenticio dependerá de las alianzas estratégicas propias entre las pequeñas y medianas empresas y el desarrollo de Tecnología e innovación como oportunidad de crecimiento y evolución a nivel nacional e internacional.

### **3. ANÁLISIS DE PERSPECTIVAS DE APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN EN PROGRAMAS UNIVERSITARIOS DE COLOMBIA (LEAN MANAGEMENT IMPROVE EDUCATION)**

El surgimiento del espíritu reformista de los estatutos universitarios en Colombia, se ha evidenciado principalmente a finales de los años sesenta, momento en el cual mediante el plan Atcon, se busca implantar el modelo

norteamericano educativo basado en principios tecnocráticos que de alguna forma están destinados a fortalecer el modelo capitalista en el país. (Acevedo Tarazona, 2015). Los esfuerzos se vieron alterados por las disputas idealistas de la época y las tensiones derivadas de un entorno internacional alterado por el movimiento estudiantil francés de mayo del 68. La educación en Colombia, influenciada por las tendencias mundiales es constantemente bombardeada por los diversos esfuerzos de diversos sectores sociales por perpetuar ideales y puntos de vista respecto al cómo debe enseñarse. No obstante, lo curioso de todo esto que es la mayoría de los cambios y reformas planteados se instalan más dentro de la burocracia y los procedimientos y no intervienen significativamente en el acto de enseñar ni en los aspectos estructurales de los niveles curriculares. Ahora, a casi cincuenta años de la implementación de estos programas, podría sugerirse que se están desarrollando los mismos niveles de aprendizaje o de competencia, pero cambiando las herramientas de apropiación. De esta forma, vale la pena cuestionarse si efectivamente es la herramienta y no el espíritu mismo de quien la utiliza la que hace que el trabajo sea efectivo y adecuado a las necesidades del momento.

El entorno actual mundial, mediado por la incertidumbre en la información gracias al exponencial crecimiento de la tecnología, provee el caldo de cultivo adecuado para cuestionarse acerca del espíritu de la innovación educativa en los programas universitarios y generar situaciones provocadoras del cambio tendientes a la identificación del rol de las universidades en la era tecnológica de cara a la crisis actual del conocimiento. Curiosamente, una opción en este sentido, se ha gestado en el entorno industrial desde el análisis de la salida a la crisis de Japón durante los años 1945 y 1975 mediante un sistema desarrollado por Toyota en su sistema productivo con el *Toyota Production System* (TPS) (Toyota Motor Corporation, 2006). Este se ha estudiado para su aplicación en diversos campos donde fuere posible identificar la analogía con la tríada cliente – producto – empleados bajo la promesa de promover la simplicidad o “esbeltez”, la reducción de “desperdicio” (muda, mura y muri) (Frausto Dávila, Topete, & Saldaña Valadez, 2015) en los procesos como un factor determinante del mejoramiento continuo, la búsqueda constante de la excelencia y el avance continuo hacia la acreditación en alta calidad. La filosofía que acompaña a estos planteamientos es conocida como Lean Thinking (Womack & Jones, 1996) y para el caso de la relación docente-alumno, lean teaching (Emiliani B. , 2015). Respecto a la implementación de ésta filosofía en instituciones universitarias, no se han hallado avances significativos, quizá por el profundo arraigo a los

modelos norteamericanos de enseñanza o por la excesiva carga burocrática de las instituciones educativas que influye en la flexibilidad curricular y la apertura a nuevos espacios de reflexión que orienten el quehacer docente y en general las acciones de las instituciones de educación superior; por tal motivo se identifican los siguientes casos en universidades internacionales para posteriormente proponer algunas aproximaciones en el caso colombiano.

<b>Universidad</b>	<b>Intervención</b>
<b>Universidad de Wisconsin-Madison</b>	En universidades de Estados Unidos, la aproximación lean está determinada por la búsqueda de la calidad y el mejoramiento continuo (Dew, 2007). Específicamente, en la universidad de Wisconsin-Madison, se crea una oficina de mejoramiento de la calidad, se reducen los costos y el tiempo de servicio del proceso de admisión (Hines & Lethbridge, 2008)
<b>Universidad de Cardiff</b>	Se crea el Centro de Investigación en Lean, el cual investiga, aplica y comunica lean thinking. Esto ha permitido la constitución de un proceso de acreditación en lean thinking. Se busca reducir desperdicio en tiempos de tal forma que se tenga más tiempo para la enseñanza. Para tal efecto se propuso el centro de investigación junto con una misión y visión para toda la organización en la búsqueda de la mejora continua. (Araújo, 2011)
<b>Universidad de Jiao Tong</b>	Con la inclusión de la metodología Lean se buscó promover el dinamismo en el trabajo de tal forma que los actores del proceso fueran innovadores en búsqueda de la perfección. Para este caso vale la pena resaltar que los cambios emergían lentamente y hubo resistencia al concepto de clientes propuesto desde el desarrollo de la metodología. (Hines & Lethbridge, 2008).
<b>Instituto Politécnico Rensselaer de</b>	Se enfocó en el mejoramiento de la relación entre la administración curricular y los que se enseñaba. Este cambio dio como resultado una mayor satisfacción para los

<b>Connecticut</b>	estudiantes, pero sería un cambio provisional puesto que la voluntad administrativa no favoreció la continuidad del proceso. (Emiliani M. , 2004)
<b>Universidad de St. Andrews</b>	Utilizando como principios fundamentales la mejora continua y el respecto por las personas, se enfocaron en eliminar actividades que no contribuían a los procesos de investigación o enseñanza. (University of St. Andrews Lean Team, 2011).
<b>Universidad de Oklahoma</b>	Se detectaron problemas de resistencia al cambio, malas prácticas de contratación, pobre inversión en formación y bajos salarios.

*Tabla 2. Algunos casos de aplicación de la filosofía Lean Thinking en universidades – Elaboración propia*

De los anteriores casos se visualiza que la filosofía Lean en educación aunque ha sido aplicada, todavía requiere de un mayor acercamiento y de una comprensión más holística de los procesos implicados en el acto de enseñar de tal forma que se puedan considerar experiencias significativas y replicables, en la tabla siguiente se presentan conceptos aislados que aplicados permiten cambios diferenciales que aunque mínimos, darían luz respecto a un acercamiento al concepto lean en el complejo entramado de la enseñanza universitaria.

<b>Concepto Lean</b>	<b>Definición</b>	<b>Posible ejemplo en educación</b>
Proceso celular	Organizar el trabajo en un proceso secuencial de tal forma que se reduzca el desperdicio y se agregue valor	El contenido de cursos y la secuencia de ellos está bien organizada (administración curricular)
Despliegue de políticas	Planeación estratégica del proceso de planes de mejoramiento y evaluaciones que motiven a los empleados a tomar acción y analizar	El syllabus incluye propósito del curso, objetivos, actividades y resultados esperados de cada reunión de clase junto con rúbricas y

	situaciones.	tareas bien definidas
Flujo	Series de pequeños pasos consistentes que crean materiales y objetos al mismo tiempo.	Desarrollo de unidades de contenido incorporando realimentación del curso para cada unidad.
Just in time (JIT)	Producción y envío de material solo cuando sea absolutamente necesario al siguiente proceso	Proveer realimentación de proyectos para discusiones en la siguiente clase.
Kaizen	Proceso estructurado de mejoramiento continuo	Realimentación para el mejoramiento del curso
Mapeo de la cadena de valor	Una representación visual del material y flujo de información desde el proveedor al cliente.	Representación visual del syllabus del curso para representar información o flujo de información para enfocar al estudiante en oportunidades de aprendizaje y criterios de desempeño.
Poka-yoke	Mostrar errores para evitar los mismos errores	Estandarización de syllabus, seguimiento a cursos
Eliminación de desperdicio	Eliminar desperdicio que genera costo pero no valor real en toda la cadena de valor	Establecer criterios de desempeño, objetivos de aprendizaje y expectativas del instructor al inicio

*Tabla 3. Lean aplicado a cursos – Adaptado de Alagaraja (2010)*

#### 4. MANUFACTURA ESBELTA (LEAN MANUFACTURING) Y LOS RETOS EN LA INDUSTRIA COLOMBIANA: METODOLOGÍA Y APLICACIONES

El Lean Manufacturing o también llamado manufactura esbelta, es un grupo de herramientas introducidas al sistema de producción de Toyota en Japón, por Taiichi Ohno. Sin embargo, el término “Manufactura esbelta” o “Lean”, fue introducido por James P. Womack en 1990, como resultado de una investigación del MIT sobre el sistema de producción de Toyota, en el marco de su programa internacional de vehículos de motor (IMVP, por sus siglas del inglés). Esta investigación, que tuvo una duración de cinco años, buscaba mostrar cómo, la administración, los trabajadores de las líneas de producción y los proveedores podían trabajar conjuntamente en las plantas, para mejorar sustancialmente la eficiencia de las operaciones, mediante: mejoras en la calidad y en los tiempos de entrega, la reducción de los costos, la velocidad de entrega, los tiempos de ciclo, incrementando la productividad de los empleados y mejorando la capacidad de las plantas sin aumentar el consumo de recursos (Monge, Cruz, & López, 2013). Esta metodología se enfoca básicamente en la filosofía del mejoramiento continuo y de la productividad, buscando identificar las actividades que le generan valor al cliente, centrando su esfuerzo sobre estas, y eliminar o reducir aquellas actividades que no lo generan. Esto, como una forma de reducir los desperdicios en los procesos.

Entendiendo los desperdicios como actividades que consumen más recursos de los requeridos (Escalda, Jara, & Letzkus , 2016). Algunas de las causas de desperdicios en los procesos productivos, son:

<b>Factor</b>	<b>Descripción</b>
<b>Tiempo</b>	Los desperdicios por tiempo, corresponden al tiempo innecesario o adicional atribuible a una secuencia de trabajo o un proceso ineficiente. Estos tiempos se pueden eliminar o mitigar mediante el rediseño del proceso.
<b>Inventarios</b>	Los desperdicios por inventario, son resultado de una política ineficiente de inventarios. Son características de procesos de producción que no son continuos
<b>Procesos</b>	Los desperdicios asignables a los procesos, se presentan

	cuando a un producto o servicio se le adicionan actividades que no generan valor para el cliente.
<b>Transporte</b>	Son los desperdicios producto de manipulación y/o transporte innecesario de materiales, productos, máquinas y herramientas.
<b>Movimiento</b>	Corresponde a los movimientos que se efectúan pero que no se requieren para completar una operación o actividad.
<b>Defectos</b>	Son los desperdicios más comunes en la industria manufacturera, y corresponde al trabajo extra que debe realizarse y/o el material extra que debe usarse, como consecuencia de no haber realizado las actividades correctamente a la primera vez.
<b>Exceso de producción</b>	Consiste en hacer más de lo requerido. Este tipo de desperdicios, se relaciona con los de inventarios, procesos y defectos.

*Tabla 4. Ejemplos de causas de desperdicios en los procesos productivos – Elaboración propia*

El principal aporte de esta metodología a las organizaciones es lograr que todos los entes involucrados en los procesos y operaciones de la organización, desde la dirección hasta la parte operativa sean conscientes de la necesidad de aplicar una combinación de diferentes técnicas y metodologías de mejoramiento de procesos y operaciones como una forma de lograr la supervivencia de la organización en el tiempo. Y que este proceso no es estático, dado que ni las organizaciones, ni los procesos, ni el mercado son estáticos en el tiempo, por lo tanto, este proceso, además de ser sistemático, debe evolucionar permanentemente (Escaida, Jara, & Letzkus, 2016) (Cua, 2000)

Lee & Ebrahimpour (1984) sugieren que la aplicación de la metodología *Lean Manufacturing* requiere de la participación de los empleados en la solución de los problemas que surgen del día a día de los procesos, una forma de identificar estos problemas es registrando las observaciones que sobre los procesos, máquinas y herramientas tengan los empleados en el normal desarrollo de sus actividades. Lo primero que se debe hacer a la hora de implementar la metodología *Lean Manufacturing* en los procesos de cualquier

organización es realizar un diagnóstico de los procesos, como una forma de identificar fuentes de mejora. De acuerdo con Hay (1988) , algunas de las preguntas que se deben responder durante este diagnóstico son: (1) ¿Cómo es posible mejorar el proceso de producción actual de la compañía?; (2) ¿Cuáles son los principales clientes, y cuáles son sus requerimientos?; (3) ¿Cuáles son los procesos que inciden en la producción del bien o el servicio?; (4) ¿Se ajustan estos procesos a los requerimientos del cliente?; (5) ¿Cuáles son los principales problemas que afectan a la producción?;(6) ¿Cuáles son las posibles causas y efectos de estos problemas?;(7) ¿De qué manera se pueden eliminar o mitigar estos problemas?

Luego de realizar este diagnóstico, teniendo en cuenta el proceso y las causas de desperdicio identificadas, se debe seleccionar la o las técnicas de mejoramiento adecuadas, que permitan eliminar o mitigar las causas de desperdicio presentes en dichos procesos. Dentro de las herramientas usadas en la metodología Lean Manufacturing están: el Diagrama de Flujo de Valor (Value Stream Mapping, VSM), TPM (Mantenimiento Productivo Total), equipos de mejora, metodología seis sigma, metodología justo a tiempo, fábrica visual, metodología de las 5's y Kaizen (Escalda, Jara, & Letzkus , 2016) (Koufteros, 1998)

Como factor de mejoramiento de sus procesos productivos internos, las empresas colombianas han optado en determinar como estrategia de mejoramiento continuo el Lean Manufacturing al interior de sus operaciones En los últimos años, estas empresas se han visto en la necesidad de ser más competitivas tanto a nivel nacional como internacional, y para lograrlo están implementando estrategias que le permitan lograr una alta productividad, garantizando productos y servicios de alta calidad y a costos eficientes. Una de las herramientas que les ha permitido lograr los niveles de productividad deseados y mantenerlos en el tiempo ha sido la metodología Lean Manufacturing. En la tabla 5 se muestran algunas de las empresas pioneras en la aplicación de la metodología Lean Manufacturing en Colombia:

Tabla 5. Empresas Pioneras en el desarrollo de herramientas Lean.

Empresa	Herramientas							
	5S	KAIZEN	TPM	FABRICA VISUAL	KANBAN	POKA YOKE	SMED	SIX SIGMA
Electroporcelanas Gama	X	X	X	X		X	X	X
Sofasa	X	X	X	X	X	X	X	
Vestimundo	X			X		X	X	
Grupo Mundial								X
Colcafe	X		X					
Cia. Nacional de Chocolates	X		X	X				
New Stetic			X					
Noel	X		X	X				
Zenu	X		X	X				
Incolmotos	X		X	X			X	
Grival			X	X	X			X
Forsa S.A.			X		X			
Cerveceria Unión	X	X		X				
Grupo Corona	X	X	X					X
Procter & Gamble			X	X				

Nota. Las x indican la herramienta que las empresas han trabajado más. Aplicar una herramienta no implica no aplicar las otras. (Osorio, Restrepo & Velandía, 2001).

Tomado de: (Arrieta , Romano , & Botero , Benchmarking about Lean Manufacturing in the Textile Sector in Medellín., 2010).

En la Tabla 5, se muestran algunas de las empresas pioneras en la aplicación de la metodología Lean Manufacturing en Colombia. En dicha tabla en las filas se listan las empresas, mientras que en las columnas se muestran las herramientas de la metodología Lean, las “X” indican que la empresa fue pionera en la aplicación de la herramienta que se muestra en la columna.

Por otro lado, Arrieta, Muñoz, Salcedo, & Sossa (2011), realizan una revisión de literatura enfocado en tesis y proyectos de grado sobre investigaciones que buscaban aplicar la metodología Lean Manufacturing en Colombia (Figura 2) . Este estudio se centró en analizar tesis y proyectos de grado en el período 2006-2010, a continuación, se muestran los principales hallazgos de dicha investigación: De las tesis analizadas, el 38% corresponden a tesis de pregrado, mientras que el 6% a tesis de posgrado. Del 56% restante no se obtuvo información sobre el nivel de formación asociado a estas.

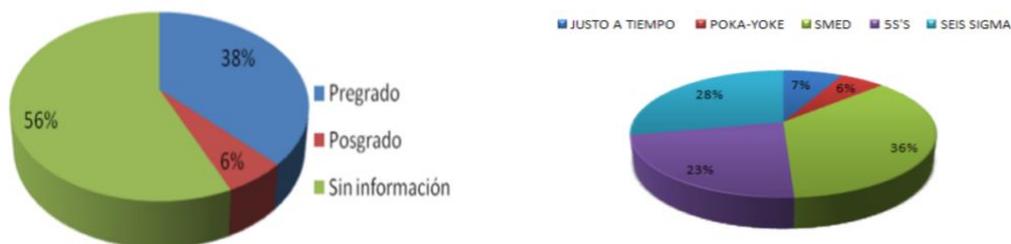


Figura 2. Numero de tesis presentadas por estudiantes de pregrado-posgrado (izq.); Número de tesis según tipo de herramienta Lean usada (der.). Tomado de: (Arrieta, Muñoz , Salcedo , & Sossa , 2011).

De acuerdo con la figura anterior, De las herramientas metodológicas de la filosofía Lean, la más usada fue la SMED (Single Minute Exchange of Die, también conocida en español como “cambio de matriz en menos de 10 minutos”) con un 36%, la segunda herramienta más usada fue la metodología seis sigma con un 28%, le siguen de cerca la metodología de las 5’S. En el caso de aplicación industrial, el sector en donde mayor aplicación se evidenció fue el automotriz, con un 19%, le siguen el sector de alimentos con un 17%, luego está el sector salud y servicios. Mientras que un 21% corresponde a otros sectores. (Ver Figura 3).

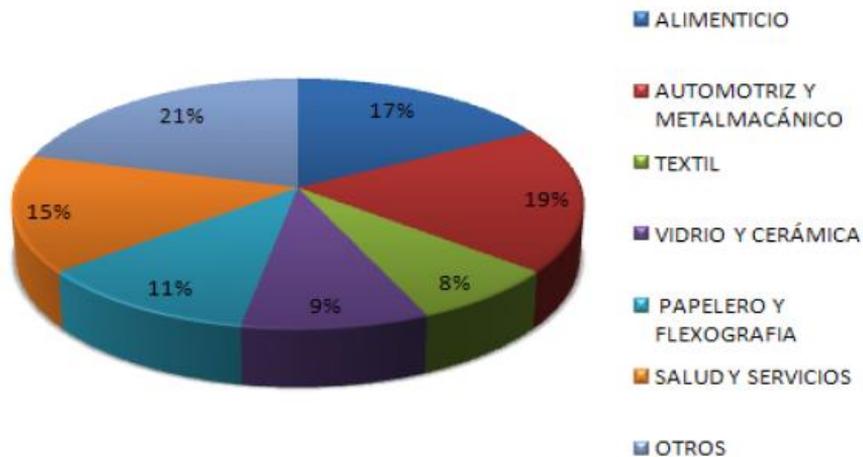


Figura 3. Número de tesis por sector industrial. Tomado de: (Arrieta, Muñoz , Salcedo , & Sossa , 2011).

A la hora de investigar sobre la aplicación de la metodología Lean Manufacturing se presenta el inconveniente de que existe poca información disponible en fuentes públicas sobre la aplicación de este tipo de metodologías en las industrias colombianas, debido entre otras cosas a que las empresas son muy celosas con la información. Otros autores no ceden derechos, lo cual contribuye a que sea poca la información a la que se tiene acceso y a que no sea muy actualizada. Como consecuencia, múltiples retos y desafíos son abordados por las organizaciones colombianas en la procura de atendimento de los requerimientos propios de los clientes, utilizando el poco recurso disponible en material académico y prácticas profesionales de la Manufactura Ágil, importantes en la aplicación de operaciones de Logística y transporte de mercancías y la producción de las mismas a nivel nacional.

Dada la gran variedad de productos que ingresan al país a bajos precios, producto, entre otras cosas, de los acuerdos comerciales suscritos con otras economías, las industrias colombianas tienen el reto de lograr tener procesos de producción eficientes, que permitan lograr la mayor productividad, con costos bajos. Adicionalmente se requiere que no solamente se produzca más y barato, sino que los productos respondan a las necesidades y requerimientos de los clientes. En este sentido, las técnicas y herramientas de la metodología Lean Manufacturing le permitirán a las empresas mejorar la productividad y convertirse en empresas de clase mundial, dado que el “Lean Manufacturing como filosofía busca que los procesos se revalúen constantemente para lograr la mejora continua de tal forma que se satisfagan las necesidades de los clientes, entendiendo que estas necesidades se revalúan constantemente por influencia de algunos factores como los cambios tecnológicos, la innovación en materiales, cambios sociales y culturales, entre otros”. (Osterman, 1994) (Moch, 1976)

El gran reto de las empresas colombianas es adaptarse a los cambios del mercado y de las necesidades del cliente y en este sentido, la metodología Lean Manufacturing puede aportar enormemente, dado que son pocas las empresas que usan este tipo de metodologías como filosofía.

## **5. CONSTRUCCIÓN ÁGIL (LEAN CONSTRUCTION) EN EL SECTOR CIVIL COLOMBIANO: CASO DE ESTUDIO**

La metodología ágil en el sector civil – también conocida como la metodología Lean Construction, ha ganado un lugar especial en la metodología de trabajo de las diferentes actividades del sector constructivo nacional. Este tipo de Metodología (Lean Construction), tiene sus raíces en el antiguo sistema de Producción Japonés de la empresa Toyota (*Toyota Production System-TPS*) y su filosofía de manufactura ágil –*Lean Manufacturing*, el cual tiene como objetivo “Optimizar la calidad de sus procesos productivos a partir de la mejora constante de las operaciones en el trabajo y la eliminación de gastos innecesarios que se puedan presentar en recursos naturales, humanos y empresariales”. (Ohno, 2000).

La evolución y adaptación de este tipo de tecnología a los modelos constructivos Colombianos se da gracias al grupo investigativo GESCON (Grupo de Investigación en Gestión de la construcción) de la Universidad EAFIT en la ciudad de Medellín, Colombia. Este equipo de trabajo, en conjunto

con CAMACOL (Cámara Colombiana de Construcción) se presentan como fortalezas de desarrollo Tecnológico y Académico en la gestión de la metodología Lean y en conjunto realizan la tarea de transformar el pensamiento de manufactura ágil implementado en Toyota, el cual está basado en procesos productivos, en herramientas asociadas a las actividades constructivas propias del sector civil colombiano, enfocada en actividades constructivas, siendo denominado finalmente como Lean Construction, el cual establece como meta el desarrollo de dos principios principales: El análisis e identificación de pérdidas en el sector de la construcción y la correcta gestión de la planificación de las actividades Constructivas (*Last Planner*).

Una de las principales debilidades en el sector de la construcción civil Colombiana es la generación de actividades que no generan valor en la transformación de recursos en el producto final, siendo en este caso el inmueble. De acuerdo con Koskela (1992) y Oglesby, Clarkson, Parker, & Gregory (1989), el uso no controlado en cuanto a consumo de materiales dentro de los proyectos de construcción es de 10% y el flujo de trabajo de los empleados (desplazamientos innecesarios) presenta una ineficiencia de 36%. Situación similar ocurre en el entorno nacional y, de acuerdo con Vertel (2009), un diagnóstico inicial concluía que la falta de instrucción a los trabajadores (71%) y falta de materiales necesarios para la ejecución de las actividades constructivas (29%), se presentaban como las dos principales falencias en las actividades analizadas al interior de los proyectos de construcción nacionales. Para solucionar lo anteriormente mencionado, la filosofía Lean Construction analiza desde su primera instancia analiza las pérdidas de tiempos y las categoriza de acuerdo a criterios definidos, como puede ser observado en la Figura 4. A seguir se establece una medición de tiempos de las principales causas actividades constructivas y se genera una categorización de acuerdo a las evidencias de tiempos no productivos generados (Botero, 2008). Finalmente, se define un plan estratégico de mejoramiento continuo de estas actividades que no generan valor y su transformación en tiempos productivos que contribuyan a la productividad y eficiencia de los proyectos de construcción civil colombianos.

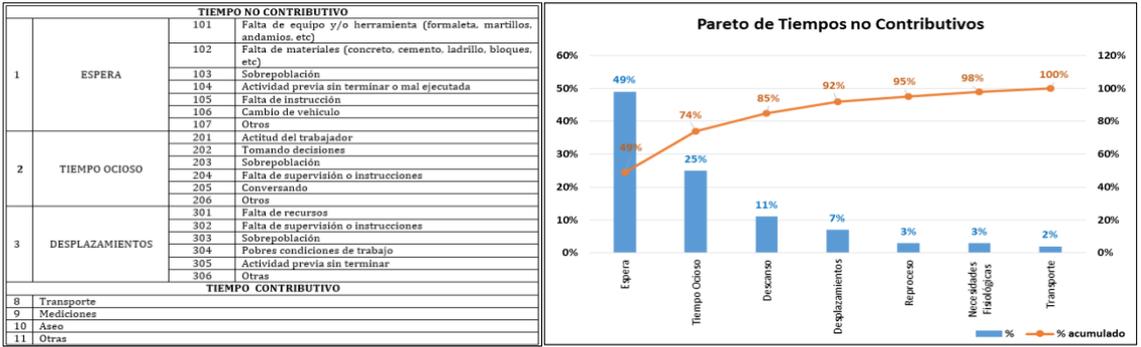


Figura 4. Categorías de desperdicios en obras de construcción civil y diagrama de Pareto de las causas de tiempos no contributivos en un proyecto de construcción Colombiano.

Elaboración de los autores

Un segundo abordaje en la Filosofía Lean Construction está enmarcado en la gestión, desarrollo, seguimiento y mejoramiento de la planeación de las actividades constructivas. Esta metodología, también conocida como el último planificador (*Last Planner*) es “un sistema planificador en la gestión colaborativa de la red de comunicaciones y relaciones demandados por el departamento administrativo con el objetivo de programar, producir y ejecutar los proyectos de construcción civil asociados”. (Mossman, 2005). Dentro del marco civil colombiano, la metodología está encuadrada en la interacción de dos instrumentos de medición: El planificador semanal y el planificador intermedio, como puede ser observado en la figura 5:

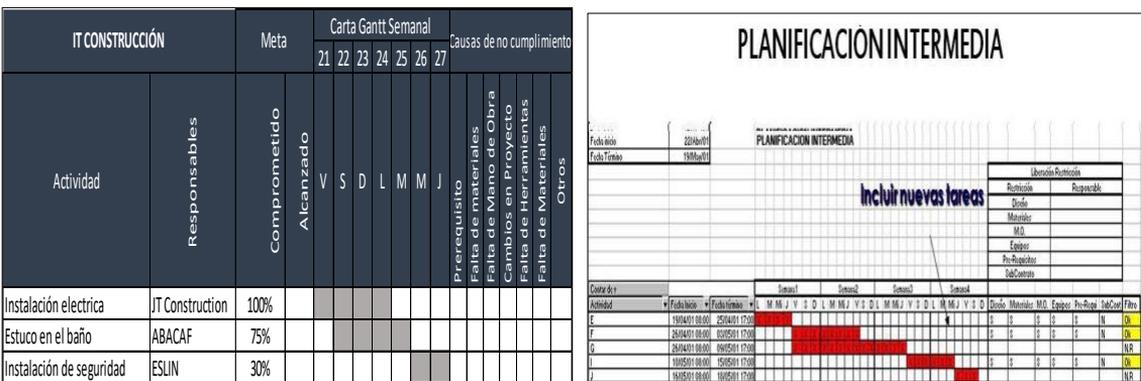


Figura 5. Planificador semanal e intermedio para las actividades de construcción civil en un proyecto Colombiano. (Botero, 2008)

De acuerdo con Cullen (2005) y Álvarez (2007) , el instrumento de planificación semanal (grafico izquierdo) es el responsable por definir las actividades a ser ejecutadas por los responsables (contratistas) en los proyectos de construcción en un plazo máximo de una semana. La definición de estos indicadores está asociada al avance de la obra y los requerimientos propios de planificación y entrega del proyecto (fecha de entrega final). En un primer paso el contratista, de acuerdo a su alcance operativo, define la meta semanal que desea cumplir (comprometido) y el administrativo del proyecto define si es acorde al ritmo y avance necesaria en el proyecto de construcción y llegan a un acuerdo de trabajo. Al concluir la semana, se evalúa (alcanzado) el porcentaje de cumplimiento de esta meta y se lleva un registro y control mensual. Caso el cumplimiento no sea alcanzado en su totalidad, se evalúan las causas de no cumplimiento asociadas y se genera un reporte por mes de las mismas con su respectivo plan de acción para el mejoramiento de estas. Como resultado se puede afirmar que este tipo de control a la planificación semanal descrito anteriormente abre la oportunidad para la formalización del trabajo en el sector civil, con la definición cuantificable de las actividades constructivas y la ejecución en un periodo de tiempo determinado (Pérez, Martínez, Revuelta & De La Hoz, 2018).

Como apoyo al proceso de planificación semanal se encuentra el planificador intermedio (grafico derecho), cuyo objetivo es “definir las actividades para los responsables administrativos de la organización con el objetivo de dar continuidad y flujo de operación a las actividades de construcción civil desde el área administrativa” (Ballard, 1997) (Jorgensen & Emmitt, 2006). Este planificador está definido en un horizonte de tiempo de 5 a 6 semanas de frecuencia.

Este tipo de metodologías de mejoramiento continuo, como es el caso de la filosofía Lean Construction, está enmarcada en la gestión organizacional y operacional de las actividades de construcción en la industria civil mundial. En el contexto colombiano, la implementación de estrategias de mejora en los procesos operativos del sector, demanda la oportunidad de suplir una necesidad específica y es la formalización y estructuración del sector civil colombiano por medio de herramientas ingenieriles de calidad, como lo es la presente metodología de trabajo. Su correcta implementación dependerá del nivel de aceptación y compromiso de los empleados al interior de la organización y su

articulación con los ejes externos que se adecuan a las necesidades propias de cada proyecto (contratistas, proveedores, transporte, etc.).

## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

La planeación, implementación y análisis de un nuevo sistema de gestión de calidad en el sector industrial por medio de la filosofía Lean Management requiere un cambio de pensamiento por parte de los integrantes de las empresas involucradas en el proceso. Realizar capacitaciones y reuniones de inducción en el proceso de formación es el inicio de los cambios que se pueden promover para implementar de manera exitosa el desarrollo de la metodología.

El enfoque de la metodología Lean Management sigue unos parámetros o metodología a implementar para lograr cambios positivos en el sector económico de Colombia; sin embargo, es importante destacar que el objetivo final de la investigación descriptiva a partir de los diversos escenarios planteados busca llevar a las organizaciones a niveles superiores en relación a la satisfacción de los requerimientos del cliente y superar las expectativas acerca del producto que se está ofreciendo con el aumento de la productividad de las actividades operacionales.

El pensamiento Lean tiene como característica reflejar una transparencia en los procesos operacionales de las diferentes industrias. Es importante que cada uno de los integrantes involucrados dentro de la organización conozcan y entiendan la nueva metodología con el fin de facilitar el control y mejoramiento de los procesos a partir de agentes motivacionales, plasmados en indicadores de desempeño de las actividades laborales y planes de reconocimiento por meritocracia en el trabajo. Lo anterior permite una identificación de las principales falencias en los puestos de trabajo y una promoción de compromiso, pro actividad y trabajo en equipo dentro de la empresa.

La diferenciación y análisis de los resultados obtenidos con respecto a la nueva competencia Lean es de vital importancia en el mejoramiento continuo operacional al interior de las organizaciones. El sistema de referenciación conocido como benchmarking es una pieza primordial dentro de los procesos operacionales a la hora de retroalimentar los resultados obtenidos y compararlos

de acuerdo al sector en el cual se compite; de esta forma se pueden establecer las diferentes estrategias a implementar para lograr procesos óptimos que permitan obtener una ventaja competitiva con respecto a las demás empresas del sector.

Es importante definir en el proceso de implementación del pensamiento Lean la integración y acompañamiento de dos tipos de conocimiento: El conocimiento tácito a partir de la experiencia, divulgado por los trabajadores al interior del área de trabajo en la organización y los conocimientos específicos a partir del estudio de nuevas e innovadoras estrategias de operación en la industria por parte de los nuevos profesionales entrantes. Lo anteriormente planteado permitirá lograr un mayor control de las planificaciones y técnicas de ingeniería en los diferentes sectores industriales logrando así un óptimo desempeño de las labores ejecutadas.

El enfoque de un mejoramiento continuo a partir de técnicas de gestión de calidad debe estar acompañado de datos reales reflejados en gráficos estadísticos que permitan cuantificar las pérdidas de los procesos al interior de las empresas para poder realizar el respectivo control de las actividades que no generan valor para el cliente dentro del sector conocidas como pérdidas. Esto permite determinar con mayor exactitud las mejoras necesarias a implementar para aumentar la productividad en el sector.

La cultura de cambio ante el pensamiento tradicionalista de los trabajadores en cualquier sector de la producción es una barrera o desafío a cambiar por parte de los ingenieros industriales; sin embargo, es importante que el equipo administrativo de las empresas se presente como la entrada a través del apoyo y compromiso con la implementación de nuevas metodologías a ejecutar en el campo industrial.

Como proceso de formación para los ingenieros industriales, la filosofía Lean Management juega un papel fundamental en el desempeño de actitudes y aptitudes para los nuevos profesionales en el momento de crear estrategias que permitan a las organizaciones aumentar los niveles de productividad de las actividades realizadas y aumento del rendimiento mediante la participación proactiva en las actividades. Es importante que los diferentes integrantes de los proyectos industriales se comprometan con la implementación de la nueva metodología para que ésta pueda dar resultado donde la misma sea aplicada.

## **7. AGRADECIMIENTOS**

Un agradecimiento muy especial para los docentes de la Facultad de Ingeniería de la Corporación Universitaria Americana y a las personas que contribuyeron para la construcción del presente trabajo con sus valiosos aportes en el nivel detallado descriptivo de la presente investigación.

## Referencias

- Acevedo Tarazona, Á. (2015). Educación, reformas y movimientos universitarios en Colombia: apuestas y frustraciones por un proyecto modernizador en el siglo XX. *Revista de Estudios Sociales*, 102-112.
- Alagaraja, M. (2010). Lean Thinking as applied to the adult education environment. *International Journal of Human Resources Development and Management*, 51-62.
- Gamarra Chinchay, H. E., Yarin Achachagua, A. J., Yarin Achachagua, Y. H., & Palacios Aranda, M. (2011). *file:///C:/Users/JAINER%20A%20SANCHEZ%20S/Downloads/94-517-1-PB.pdf*. Retrieved 03 11, 2018, from *file:///C:/Users/JAINER%20A%20SANCHEZ%20S/Downloads/94-517-1-PB.pdf*: <http://revistas.uni.edu.pe/index.php/tecnia/article/view/94/166>
- Agudo Recarte, K. (2018, 03 11). <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/21932>. Retrieved from <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/21932>: <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/21932>
- Gonzalez, L., & Vargas, D. (2016). [http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/2854/Gonz%C3%A1lez\\_Laura\\_Daniela\\_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/2854/Gonz%C3%A1lez_Laura_Daniela_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Retrieved 03 11, 2018, from [http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/2854/Gonz%C3%A1lez\\_Laura\\_Daniela\\_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/2854/Gonz%C3%A1lez_Laura_Daniela_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y): <http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/handle/6789/2854>
- Moreno Jimenez, B. (2018, 03 5). [http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0465-546X2011000500002&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0465-546X2011000500002&script=sci_arttext&tlng=pt), versión On-line ISSN 1989-7790 versión impresa ISSN 0465-546X. Retrieved Marzo 05, 2018, from [http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0465-546X2011000500002&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0465-546X2011000500002&script=sci_arttext&tlng=pt)
- Lozada Cabellos, M. F. (2018, 03 05). *Unad*. Retrieved from <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/working/article/view/1909/2135>: <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/working/article/view/1909/2135>
- Soles, C. (2017, 03 05). [http://www.spentamexico.org/v7-n1/7\(1\)38-56.pdf](http://www.spentamexico.org/v7-n1/7(1)38-56.pdf). Retrieved from [http://www.spentamexico.org/v7-n1/7\(1\)38-56.pdf](http://www.spentamexico.org/v7-n1/7(1)38-56.pdf)

- Organizacion mundial de la salud. (2018, 03 09). [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/37881/1/9243561022\\_spa.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/37881/1/9243561022_spa.pdf). Retrieved from [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/37881/1/9243561022\\_spa.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/37881/1/9243561022_spa.pdf)
- Marulanda Ruiz, I. C. (2007). <https://es.slideshare.net/vladimirvargass/marulanda-i-2007-estres-laboral-enemigo-silencioso-de-la-salud-menta>. Retrieved from <https://es.slideshare.net/vladimirvargass/marulanda-i-2007-estres-laboral-enemigo-silencioso-de-la-salud-menta>
- DAES-ONU. (2012). *Gobierno Electronico. Encuesta 2012*. New York: Naciones Unidas.
- GUTIERREZ GAMBETTA, L. (2010, Agosto 6). *GOBIERNO ELECTRÓNICO Y GOBERNANZA ELECTRÓNICA (E-GOBIERNO, E-GOVERNANCE)*. Retrieved Mayo 1, 2014, from El blog de luisgutierrezgambetta: <http://luisgutierrezgambetta.obolog.es/gobierno-electronico-gobernanza-electronica-gobierno-governance-846083>
- AYUSO GARCIA, M., & MARTINEZ NAVARRO, V. (2005). Gobierno electrónico. Contenidos y organización de las sedes web de los parlamentos autonómicos. *Revista Española de Documentación Científica*, XXVIII(4), 462-478.
- RAMILO ARAUJO, M., & CRIADO GRANDE, J. (2003). Hacia una visión integrada del Gobierno Electrónico. *Ekonomiaz: Revista vasca de economía*(54), 206 - 225.
- RUELAS, A. L., & PEREZ ARÁMBULO, P. (2006). El gobierno electrónico: su estudio y perspectivas de desarrollo. *UNRevista*, I(3), 1-11.
- KAUFMAN, E. (2005). *E-Ciudadanía, Prácticas de buen gobierno y TIC*. Montevideo: IDRC.
- Social, Ministerio Proteccion. (2008). [http://www.saludcapital.gov.co/Documentos%20Salud%20Ocupacional/RESO L.%202646%20DE%202008%20RIESGO%20PSICOSOCIAL.pdf](http://www.saludcapital.gov.co/Documentos%20Salud%20Ocupacional/RESO%20L.%202646%20DE%202008%20RIESGO%20PSICOSOCIAL.pdf). Retrieved 03 11, 2018, from <http://www.saludcapital.gov.co/Documentos%20Salud%20Ocupacional/RESO L.%202646%20DE%202008%20RIESGO%20PSICOSOCIAL.pdf>

www.saludcapital.gov.co/.../RESOL.%202646%20DE%202008%20RIESGO  
%20PSIC...

Resolucion 2646 de 2008. (2017).  
*http://www.saludcapital.gov.co/Documentos%20Salud%20Ocupacional/RESO  
L.%202646%20DE%202008%20RIESGO%20PSICOSOCIAL.pdf*. Retrieved  
03 11, 2018, from  
*http://www.saludcapital.gov.co/Documentos%20Salud%20Ocupacional/RESO  
L.%202646%20DE%202008%20RIESGO%20PSICOSOCIAL.pdf*:  
*http://www.saludcapital.gov.co/Documentos%20Salud%20Ocupacional/RESO  
L.%202646%20DE%202008%20RIESGO%20PSICOSOCIAL.pdf*

Fernandez. (2012).

Peiro. (2001).

OMS (Organizacion Mundial de la Salud). (n.d.). Retrieved from  
*http://www.who.int/topics/risk\_factors/es/*:  
*http://www.who.int/topics/risk\_factors/es/*

Badia Montalvo, R. (1985).  
*http://iris.paho.org/xmlui/bitstream/handle/123456789/16964/v98n1p20.pdf?se  
quence=1*. Retrieved from  
*http://iris.paho.org/xmlui/bitstream/handle/123456789/16964/v98n1p20.pdf?se  
quence=1*:  
*http://iris.paho.org/xmlui/bitstream/handle/123456789/16964/v98n1p20.pdf?se  
quence=1*

Instituto Nacional de Seguridad Salud y Bienestar en el Trabajo. (n.d.).  
*http://www.insht.es/portal/site/RiesgosPsicosociales/menuitem.8f4bf744850fb2  
9681828b5c180311a0/?vgnextoid=afeb84fbb7819410VgnVCM100000813011  
0aRCRD*. Retrieved from  
*http://www.insht.es/portal/site/RiesgosPsicosociales/menuitem.8f4bf744850fb  
29681828b5c180311a0/?vgnextoid=afeb84fbb7819410VgnVCM10000081301  
10aRCRD*:  
*http://www.insht.es/portal/site/RiesgosPsicosociales/menuitem.8f4bf744850fb  
29681828b5c180311a0/?vgnextoid=afeb84fbb7819410VgnVCM10000081301  
10aRCRD*

Motor de Combustion Interna. (n.d.).  
*file:///C:/Users/JAINER%20A%20SANCHEZ%20S/Downloads/Motor%20de%  
20combusti%20C3%B3n%20interna.pdf*. Retrieved from  
*file:///C:/Users/JAINER%20A%20SANCHEZ%20S/Downloads/Motor%20de*

%20combusti%C3%B3n%20interna.pdf:  
file:///C:/Users/JAINER%20A%20SANCHEZ%20S/Downloads/Motor%20de  
%20combusti%C3%B3n%20interna.pdf

- Imai, M. (1988). "JIT/Toyota Production System Seminar" and "Basics of Kaizenw Seminar". *The Kaizenw Institute of America*.
- Twomey, K., Truemper, A., & Murphy, K. (2006). A portable sensing system for electronic tongue operations. *Sensors*, 1679-1696.
- Weinekotter, R. (2009). Compact and efficient continuous mixing processes for production of food and pharmaceutical powders. *Trends in Food Science and Technology*.
- Heymans, B. (2009). Lean manufacturing and the food industry. *European-Food-Scientist*.
- Fliedner, G. (2010). Sustainability: the new lean frontier. *Inventory Management*, 6-13.
- Jones, D. (1996). Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation. *Free Press*.
- Arora, V., & Kempkes, M. (2008). Industry perspective and roles. *Food Science and Technology International*, 455-457.
- White, R. (1999). JIT Manufacturing: a survey of implementation in small and large US manufacturers. *Management Science*, 1-15.
- Christou, I., & Ponis, S. (2008). Enhancing traditional ATP functionality in open source ERP systems: a case study from the food and beverages industry. *International Journal of Enterprise*, 18-33.
- Mason, R. (2008). Lean and green supply chain mapping :adapting a lean management tool to the needs of industrial ecology. *Prog. Ind. Ecol. Int. Journal*, 302-324.
- Lamming, R. (1993). Beyond Partnership. Strategies for Innovation and Lean Supply. *Hemel Hemp Hempstead: Prentice Hall*.
- Pil, F. (1996). The adoption of high-involvement. *Industrial Relations*, 423-455.
- Lamming, R. (1996). Squaring lean supply with supply chain management. *Journal Operations Prod. Management*, 183-196.
- MacDuffie, J. (1997). Creating lean suppliers: diffusing lean production throughout the supply chain. *Calif. Manage. Review*, 118-151.

- Quesada, M., & Arrieta, J. (2015). Study of the Application of Lean Manufacturing Techniques in Medellin Baking Industry. *EAFIT University*, 1-10.
- Chiavenato, A. (2014). Inicacion a la organizacion y tecnica comercial. *Organizaciones de alto desempeño*, 1-8.
- Suzaki, K. (1985). Japanese manufacturing techniques: their importance to US manufacturers. *Journal of Business Strategy*, 10-19.
- Biazzo, S. (2000). The assessment of work organization in lean production: the relevance of the worker's perspective. *Integrated Manufacturing system*, 6-15.
- Meredith, J., & McTavish, R. (1992). Organized manufacturing for superior market performance. *Long Range Planning*, 63-71.
- Acevedo Tarazona, Á. (2015). Educación, reformas y movimientos universitarios en Colombia: apuestas y frustraciones por un proyecto modernizador en el siglo XX. *Revista de Estudios Sociales*, 102-112.
- Toyota Motor Corporation. (2006). *Toyota traditions*. Retrieved from [www.toyota.co.jp](http://www.toyota.co.jp)
- Frausto Dávila, C. A., Topete, G. E., & Saldaña Valadez, A. M. (2015). La Metodología Lean como auxiliar en el desarrollo de competencias educativas y laborales. *Revista Electrónica ANFEI digital*, 1-13.
- Womack, J., & Jones, D. (1996). *Lean Thinking*. New York: Simon & Schuster.
- Emiliani, B. (2015). *Lean Teaching: A guide to become a better teacher*. Connecticut: CLBM, LLC.
- Dew, J. (2007). Quality goes to college. *Quality goes to college*, 40(4), 45-50.
- Hines, P., & Lethbridge, S. (2008, 12 23). New Development: Creating a Lean University. *Public Money & Management*(1), 53-56.
- Araújo, P. (2011). "Universidades Lean": Contribución para la reflexión. *Revista de Educación Superior*, XL(160), 135-154.
- Emiliani, M. (2004). Improving business school courses by applying Lean principles and practices. *Quality Assurance in Education*, 12(4), 175-187.
- University of St. Andrews Lean Team. (2011, Agosto). *Becoming Lean: Pocket Guide*. Retrieved from <http://www.st-andrews.ac.uk/media/BecomingLean%20%282%29.pdf>

- Alagaraja, M. (2010). Lean Thinking as applied to the adult education environment. *International Journal of Human Resources Development and Management*, 51-62.
- Monge, C., Cruz, J., & López, F. (2013). Impact of Lean Manufacturing, Sustainable Manufacturing and Continuous Improvement on Operational Efficiency and Environmental Responsibility in Mexico. *Información tecnológica*, 15-32.
- Escaida, I., Jara, P., & Letzkus, M. (2016). MEJORA DE PROCESOS PRODUCTIVOS MEDIANTE LEAN MANUFACTURING. *U. T. Chile, Ed.*, 26-55.
- Cua, K. (2000). A theory of integrated manufacturing practices relating total quality management, just-in-time and total productive maintenance. *A Dissertation Thesis from University of Minnesota*.
- Lee, S., & Ebrahimpour, M. (1984). Just-in-time production system. *International Journal of*, 3-15.
- Hay, E. (1988). *The Just-in-Time Breakthrough: Implementing the*. Wiley.
- Koufteros, X. (1998). Developing measures of time based manufacturing. *Journal of Operations Management*, 21-41.
- Arrieta, J. G., Romano, M. J., & Botero, V. E. (2010). Benchmarking about Lean Manufacturing in the Textile Sector in Medellín. *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, 141-170. Retrieved from <https://repository.eafit.edu.co/handle/10784/5007#.WZpQ5D6GPIV>
- Arrieta, J. G., Muñoz, J. D., Salcedo, A., & Sossa, S. (2011). *Lean Manufacturing Implementation in Colombian Industry. Literature Review of Thesis*. Medellín: 9th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology.
- Osterman, P. (1994). How common is workplace transformation and. *Industrial and Labor Relations Review*, 173-188.
- Moch, M. (1976). Structure and organizational resource allocation. *Administrative Science Quarterly*, 661-674.
- Ohno, T. (2000). El sistema de producción Toyota: más allá de la producción a gran escala. *Gestión*, 21-46.

- Koskela, L. (1992). Application of the New Production Philosophy to Construction. .  
*Stanford University*.
- Oglesby, F., Clarkson, H., Parker, H., & Gregory, H. (1989). Productivity Improvement in Construction. *Mac Graw Hill*, 11-25.
- Vertel, K. (2009). Implementación de las herramientas de medición de pérdidas y planificación semanal (last planner) una obra piloto de la empresa MARVAL S.A., bajo la metodología de lean construction. *Facultad de Ingeniería Industrial. Escuela de ingenierías y administración*, 60-81.
- Botero, L. (2008). Lean Construction: Construcción si pérdidas, análisis de procesos y filosofía lean construction. Cuaderno de Investigación. Publicaciones, ponencias patentes, registros y emprendimientos. *Legis*, 124-178.
- Mossman, A. (2005). Last Planner overview: collaborative program coordination. *Lean Construction Institute*, 24-67.
- Cullen, P. (2005). The application of lean principles to in-service support: A comparison between construction and the aerospace and defence sectors. *ean Construction Journal*, 87-104.
- Álvarez, M. (2007). Aplicación de Lean Construction en la toma de datos. *Revista Universidad EAFIT*, 62-77.
- Ballard, G. (1997). look ahead planning. *5th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC-5*.
- Jorgensen, B., & Emmitt, S. (2006). Lost in Transition: The Transfer of Lean Manufacturing to Construction Engineering. *onstruction and Architectural Management*, 383-398.
- Meredith, J. (1992). Organized manufacturing. *Long Range Planning*, 63-71.

# **EVALUACIÓN OCUPACIONAL DE MATERIALES PARTICULADOS: GASES Y VAPORES**

Harold Alexis Pérez Olivera<sup>24</sup>

David Martínez Consuegra<sup>25</sup>

Liseth Paola Fontalvo Rueda<sup>26</sup>

Bertha Inés Villalobos Toro<sup>27</sup>

---

<sup>24</sup> hperez@coruniamericana.edu.co

<sup>25</sup> dmartinez@coruniamericana.edu.co

<sup>26</sup> lfontalvo@coruniamericana.edu.co

<sup>27</sup> bvillalobos@coruniamericana.edu.co

## **INTRODUCCIÓN**

El componente particulado es una difícil combinación de fragmentos suspendidos en el aire las que cambian de magnitud y composición dependiendo de sus fuentes de transmisión. Numerosas de ellas se hallan en infinidad de desarrollos en sus distintas formas y estados físicos (ACGIH, 2001), también el oxígeno que respiramos tiene sustancias que entran a nuestro organismo demasiadas veces de forma inadvertida.

Conforme a la Organización Mundial de la Salud, entre el 1% y el 4% de defunciones de habitantes se imputa al componente particulado suspendido en el aire. Los efectos del componente particulado como contaminante al hábitat presente en el aire, ha transportado a cada vez más países incrementando en un esfuerzo por tomar precauciones efectivas que conduzcan a disminuir las emisiones de componentes particulados en industrias y transporte del parque automotor, por ejemplo.

Por otro lado, se está observando constantemente cómo los agentes químicos dañan a los habitantes en la salud, para de esta forma, implementar un sistema de control que permita la presencia de los habitantes de forma segura en los ambientes laborales.

### **1.7. JUSTIFICACIÓN**

Cada día son más las nuevas sustancias, bastante de esas se mezclan creando otros peligrosos y nuevos desarrollos que se manifiestan en el ámbito industrial (CIAS, 1981), al cual los trabajadores se exponen con riesgo de deteriorar su salud.

El conocimiento, la valoración y el control efectivo de estas sustancias son los principios para restaurar las mejores condiciones de trabajo que redundaran en el mantenimiento de la salud de los habitantes comprometidos.

## **1.8. MARCO CONCEPTUAL FRENTE A LOS AGENTES QUÍMICOS EN AMBIENTES LABORALES**

### **1.8.1. AGENTES QUÍMICOS**

Se considera como agente químico todo componente químico, por sí solo o mezclado, tal como se presenta en estado natural o es producido, utilizado o vertido, insertar el vertido como residuo, en una actividad laboral, se haya fabricado o no de modo intencional y se haya comercializado o no (UNE, 1995). Estos materiales al entrar en contacto con el organismo humano (por inhalación, absorción o ingestión), pueden causar intoxicación, ampollas o golpes, según el nivel de concentración y tiempo de exhibición del empleado.

Estos se clasifican de acuerdo con su estado físico en Aerosoles (partículas en difusión de tamaño inferior a 100 micras en un medio gaseoso como las neblinas, rocíos o nieblas, polvos, humos orgánicos, humos metálicos) y en Gases y Vapores (INSH, 2008).

Ahora bien, se considera que un agente químico es arriesgado, cuando éste puede representar un riesgo para la seguridad y salud de los empleados debido a sus propiedades fisicoquímicas, químicas o toxicológicas y a la manera en que se utiliza en el lugar de trabajo.

#### **1.8.1.1. Aerosoles**

Se denomina **aerosol** a una mezcla heterogénea de fragmentos sólidos o líquidos interrumpidos en un gas. Por tanto, el aerosol se refiere tanto a las partículas como al gas en la cual sus fragmentos están suspendidas. El tamaño de estas puede ser desde 0,002  $\mu\text{m}$  a más de 100  $\mu\text{m}$ , esto es, desde unas pocas partículas hasta el volumen en el que dichas moléculas no pueden permanecer suspendidas en el gas al menos durante unas horas.

Los aerosoles pueden ser de origen natural o debido a la actividad humana. Algunas se dan de forma natural, procedentes de los volcanes, las tormentas de polvo, los incendios forestales y de pastizales, y la pulverización de agua

marina. Las actividades humanas, como la quema de combustibles y los cambios de la superficie terrestre.

La mayor proporción de aerosoles que se presenta en la actividad humana es la inflamación de combustibles en motores térmicos para los vehículos y en centrales termoeléctricas para la creación de energía eléctrica, además del polvo generado en las obras de construcción y otras zonas de tierra donde el agua o la vegetación han sido eliminadas.

Los componentes químicos de los aerosoles dañan directamente a la manera en que interactúa la atmósfera con la radiación solar. Los componentes químicos de los estos, aumenta el índice de refracción global de la atmósfera. Dicho índice a su vez determina la cantidad de luz que es dispersada y la que es absorbida.

Los efectos sobre la salud de la inhalación de partículas en suspensión han sido considerablemente observados en animales y personas. Algunos de estos efectos presentan asma, cáncer de pulmón, problemas cardiovasculares, y muerte prematura. El nivel de las moléculas es uno de los principales determinantes de que estas entren en las vías respiratorias por inhalación (Generalitat valenciana, 2007). Las partículas de más nivel generalmente se filtran en la nariz y en la garganta y no causan problemas, pero los fragmentos de menos de unos 10 micrómetros ( $PM_{10}$ ) logran instalarse en los bronquios y en los pulmones y efectuar problemas de salud. El volumen de 10 micrómetros no representa una frontera exigente entre moléculas respirables y no respirables, pero es un tamaño aceptable por la mayoría de los organismos reguladores para el seguimiento de las partículas en suspensión en el aire. Del mismo modo, las partículas de menos de 2.5 micrómetros ( $PM_{2.5}$ ) tienden a insertar en el de intercambio de gases de las regiones del pulmón, y los fragmentos muy pequeñas (<100 nanómetros) pueden pasar a través de los pulmones y afectar a otros órganos.

Así mismo, hay pruebas de que las partículas de tamaño pequeño de 100 nanómetros pueden traspasar las membranas celulares. Por ejemplo, las partículas pueden ir en el cerebro (Prado, 2008). Se ha recomendado que las partículas pueden causar problemas en el cerebro igual a los encontrados en pacientes con Alzheimer.

Entre los Aerosoles más comunes se encuentran los siguientes:

### **Brumas o Neblinas.**

Pertenece a la suspensión en el aire de inferiores gotas de líquido apreciables a simple vista, originadas por la condensación de un estado gaseoso. Se crean en los procesos donde se evaporan superiores cantidades de líquido, o en la atmósfera, cuando la temperatura baja lo suficiente para condensar el vapor de agua ambiental. Su tamaño está comprendido entre 2 y 60 micrómetros.

### **Nieblas o Rocíos**

La Niebla corresponde a la difusión en el aire de pequeñas gotas líquidas, principalmente visibles a simple vista, originadas por la concentración del estado gaseoso o por dispersión de un líquido, mediante salpicaduras, atomización o espumación, borboteo o ebullición. Su altura oscila entre 10-2 y 5.10-2  $\mu\text{m}$ .

### **Polvos**

Polvo es un nombre genérico para las moléculas sólidas con un diámetro inferior a los 500 micrómetros (alternativamente, ver arena o gránulos) y, de manera más generalizada, es decir, materia fina. En la Tierra, el polvo que se halla en la atmósfera terrestre proveniente de muchas fuentes, por ejemplo: polvo del suelo alzado por el aire, erupciones volcánicas, incendios y polución. El polvo disperso en el aire es considerado un aerosol y puede tener problemas sobre la composición y comportamiento de la atmósfera frente a la radiación solar y efectos en el clima (Pérez, Martínez, Zapata & Porto, 2018).

En la industria, el polvo corresponde a la suspensión en el aire de pequeñas partículas sólidas procedentes de procesos de desintegración tales como trituración, molienda, perforación, explosión, corte, pulido, etc.

Su diámetro equivalente está comprendido entre  $10^{-2}$  y  $5 \cdot 10^{-2}$  m, pudiendo dividirse en dos grupos: polvo fino o materia en suspensión y polvo grueso o materia sedimentable.

El polvo es responsable de la enfermedad del pulmón, neumoconiosis que incluye a la enfermedad del pulmón negro, que se manifiesta entre los mineros del carbón. Todos estos riesgos han determinado la adopción de un número de leyes que regulan las condiciones ambientales en los lugares de trabajo.

El polvo puede tener origen metálico, mineral o vegetal, debido a sus efectos dañinos que se lo considera según su granulometría (tamaño de partículas).

### **Humos Orgánicos**

Corresponde a la suspensión en el aire de partículas sólidas generadas en procesos de combustión incompleta de materiales orgánicos, tales como humo de carbón, tabaco, leña, derivados del petróleo, entre otros.

Generalmente son esféricas, de tamaño inferior a  $100 \mu\text{m}$  y en forma de óxido debido a la reacción del metal caliente en contacto con el aire

### **Humos Metálicos**

Son generados por la suspensión en el aire de moléculas sólidas metálicas producidas en los procesos de sublimación de un hierro; poco a poco va acompañado de una reacción química, generalmente de oxidación. Su volumen es igual al del humo.



Ilustración 44. Humo metálico característico de los procesos de soldadura

A continuación se presenta una clasificación general de los elementos considerados como aerosoles de acuerdo con el tamaño característico de sus partículas.

Tabla 17. Tamaño de las partículas correspondientes a la clasificación de contaminantes (Fundación Mapfre, 1996)

<b>PARTÍCULAS</b>	<b>TAMAÑO INFERIOR us</b>	<b>TAMAÑO SUPERIOR us</b>
Aerosoles	0,005	50
Nieblas	1	500
Polvos y humo metálico	0,001	100
Polvo y humo metálico de fundición	0,1	100
Polvo de fundición	1	1.000
Niebla ácido sulfúrico	0,0005	0,008
Gases	0,001	0,4
Negro de humo	0,03	1
Humo de aceite	1	800
Cenizas		

### 1.8.1.2. Gases.

Se denomina gas al estado de agregar de la materia que no tiene forma ni tamaño propio. Su principal componente son fragmentos no unidas, expandidas y con poca atracción, haciendo que no tengan volumen y forma definida, provocando que este se expanda para ocupar todo el volumen del recipiente que la contiene (Caravanos, 2015). Pueden cambiar su estado físico únicamente por la modificación de la presión.

### 1.8.1.3. Vapores.

Fase gaseosa de algunas sustancias que se encuentran en estado sólido o líquido.

### 1.8.1.4. Clasificación de los agentes químicos de acuerdo con su efecto.

Los agentes químicos se pueden clasificar de acuerdo con los efectos que producen en el organismo de la siguiente forma: Irritantes, asfixiantes, anestésicos y narcóticos, tóxicos sistémicos, productores de neumoconiosis productores de alergias y cancerígenos (Grau & Moreno, 2000).

- **Irritantes:** Se denominan así a aquellos componentes químicos que producen una combustión por acción física o química en las zonas del cuerpo con las que entran en contacto con la piel y las mucosas del sistema respiratorio. Con el fin de poder evaluar la peligrosidad de los polvos para la salud humana se tienen en cuenta además del tamaño de las partículas, lo siguiente:, estas a su vez se dividen en:
  - **Irritantes del tracto** respiratorio superior, siendo estas muy solubles en medios acuosos (tanto ácidos como básicos). Irritantes del tracto respiratorio y tejido pulmonar, en si son sustancias de una moderada solubilidad en medios acuosos,

causa por la cual actúan sobre el sistema respiratorio (por ejemplo anhídrido de halógenos, ozono)

- **Irritantes del tejido pulmonar**, son sustancias insolubles en fluidos acuosos (por ejemplo fosgeno, dióxido de nitrógeno, etc.)
  
- **Neumoconióticos:** Se encuentran en forma de polvo o humo, y producen problemas respiratorios por disminuir la flexibilidad de los pulmones. Los más conocidos de ellos son: la sílice cristalina, el amianto, el óxido de hierro, el carbón. En este grupo hay que incluir también algunos polvos y fibras de origen vegetal como el algodón; el cáñamo y el bagazo de la caña de azúcar.
  
- **Tóxicos sistémicos:** Son los compuestos se va de la vía de entrada se diseminan por todo el organismo, produciendo distintos efectos, los cuales pueden ser específicos o selectivos para algunos órganos o sistemas, (por lo general hidrocarburos aromáticos, insecticidas, pesticidas, entre otros)
  
- **Anestésicos o narcóticos:** Son los que actúan a nivel del cerebro disminuyendo la actividad de este. En este grupo se hallan la mayor de los disolventes utilizados en la industria. Cabe señalar la importancia del hábito alcohólico en los trabajadores que utilizan este grupo de sustancias, pues su efecto se puede potenciar.
  
- **Cancerígenos:** Son sustancias que pueden generar o potenciar el desarrollo de un crecimiento desordenado de células, produciendo efectos mutagénicos, carcinógenos o teratogénicos como el benceno, asbesto, las anilinas y el cromo.

Estas sustancias y preparados se clasifican a su vez en tres categorías:

- **Primera categoría:** carcinogénicos para el ser humano, cuando se dispone de suficientes datos epidemiológicos para demostrar una relación de causa/efecto entre la exposición de seres humanos a tales sustancias o preparados y la aparición de cáncer.

- **Segunda categoría:** pueden considerarse como carcinogénicos para el ser humano cuando se dispone de datos suficientes para suponer que la exposición de seres humanos a ellos puede producir cáncer. Esta presunción, generalmente se fundamenta en estudios a largo plazo en animales y en otras informaciones apropiadas.
- **Tercera categoría:** preocupantes por sus posibles efectos carcinogénicos para el ser humano, cuando no se tiene la información suficiente para su clasificación como de segunda categoría aunque existen sospechas por pruebas con animales. Esta categoría comprende a su vez dos subcategorías:
  - No existen pruebas sobre la inducción de cáncer para incluirlos en la segunda categoría, y no es probable que más experimentación aporte la información necesaria
  - Clasificación provisional al no haberse investigado bastante y ser los datos disponibles no suficientes aunque sí con indicios sospechosos que los hace preocupante
- **Alérgicos:** Son sustancias que no hacen daño a toda la población sino a ciertas personas, requieren una disposición fisiológica, también solo se presenta en personas que se sensibilizaron recientemente, (por ejemplo monómeros, resinas, etc.)
- **Asfixiantes:** Son sustancias en estado gaseoso o de vapor que interfieren de distinta manera con el ingreso, transporte o utilización del oxígeno en el organismo. Estos se pueden clasificar en:
  - **Asfixiantes simples:** Son contaminantes químicos que sin presentar ningún tipo de efecto dado, por el simple hecho de estar presentes en el medio ambiente reducen la concentración de oxígeno en el aire (por ejemplo dióxido de carbono, nitrógeno, gases inertes, etc.)
  - **Asfixiantes químicos:** Son compuestos que impiden que el oxígeno puede llegar a las células, llegando así a bloquear algún mecanismo en el organismo, pudiendo actuar a nivel de la sangre, de las células

o como el caso del sulfuro de hidrógeno sobre el cerebro paralizando los músculos respiratorios

- **Muy Tóxicos:** si por inhalación, ingestión o penetración cutánea, en muy mínima cantidad, pueden llegar a producir efectos agudos o crónicos o incluso la muerte
- **Tóxicos:** por las vías de entrada, en pequeña cantidad, pueden provocar efectos agudos o crónicos o incluso la muerte
- **Nocivos:** si por tales vías de entrada, en cantidades no pequeñas, pueden provocar efectos agudos o crónicos, o incluso la muerte
- **Corrosivos:** al entrar en contacto con tejidos vivos, pueden ejercer una acción destructiva contra ellos
- **Sensibilizantes:** los que por inhalación o penetración cutánea, puedan ocasionar una reacción de hipersensibilización, de forma que una exposición posterior dé lugar a efectos negativos característicos
- **Tóxicos para la reproducción:** Los que por inhalación, ingestión o penetración cutánea, pueden producir efectos negativos no hereditarios en la descendencia, o aumentar la frecuencia de éstos, o afectar de forma negativa a la función o capacidad reproductora masculina o femenina. También se clasifican en tres categorías:
  - **Primera categoría,** se sabe ciertamente, a partir de los datos epidemiológicos, que perjudican la fertilidad de los seres humanos. Produce efectos negativos sobre la libido, comportamiento sexual, espermatogénesis u ovogénesis, actividad hormonal o respuesta fisiológica que puedan interferir la capacidad de fertilizar. La misma fertilización, el desarrollo del huevo fecundado hasta la fase de implantación, incluyendo ésta misma. Puesto que se dispone de suficientes pruebas para establecer una relación entre exposición y problemas de fertilidad, y también aquellos de los que se sabe ciertamente, a través de datos epidemiológicos, que producen toxicidad para el

desarrollo de seres humanos, es decir, cualquier efecto que interfiera el desarrollo normal tanto antes como después del nacimiento, (incluye efectos embriotóxicos, fetotóxicos y teratogénicos, entre otros), para ello existen muchas pruebas y así establecer una relación entre la exposición y la aparición de efectos tóxicos para el desarrollo de la descendencia.

- **Segunda categoría**, los que pueden considerarse como perjudiciales para la fertilidad de los seres humanos y tóxicos para el desarrollo de estos, ya que se dispone de datos suficientes para suponerlo firmemente para la exposición de seres humanos a partir de investigaciones con animales sin que se trate de consecuencias secundarias inespecíficas de otros efectos tóxicos en caso de que los hubiere.
- **Tercera categoría**, preocupantes para la fertilidad humana y los posibles efectos tóxicos en el desarrollo, ya que se poseen datos para ello con experimentación en animales pero no son suficientes para su clasificación en la segunda categoría.

La peligrosidad de un agente químico no viene dada por la toxicidad oral, sino por otros factores como la absorción cutánea y por vía respiratoria, así como la ausencia de olor y de irritación.

### **1.8.2. VALORES LÍMITE PERMISIBLES**

La evaluación de los riesgos suele ser más complicada en los casos en que el riesgo sea por la vía respiratoria y, por lo tanto, corresponda a la presencia de uno o varios contaminantes en el ambiente de trabajo. Presencia que en ocasiones no es el resultado de una diseminación del propio producto que se manipula, por pulverización, evaporación, difusión o simple dispersión en el caso de polvo o partículas, sino por la existencia de impurezas o de ciertos aditivos u otros materiales empleados o por la formación en el sitio, ya sea como producto intermedio de un proceso, el propio producto final o como subproducto que se desprende durante el mismo proceso o por la intervención de otros procesos, ya sean intencionados o no.

En estos casos es imprescindible determinar la *naturaleza, grado y duración de la exposición* de los trabajadores a los diferentes agentes para poder evaluar los correspondientes riesgos y después tomar las medidas a que hubiera lugar. Esta evaluación debe repetirse a intervalos regulares y siempre que se produzca un cambio de las condiciones de trabajo que pueda suponer una alteración de la exposición. Para realizar la evaluación del riesgo se deben tener en cuenta todos los factores que puedan influir, como otras vías de entrada al organismo, principalmente a través de la piel, efectos aditivos o sinérgicos por la existencia de otros agentes, anteriores exposiciones, en particular si se dan efectos acumulativos, tipo de trabajo (grandes esfuerzos, ciertos ritmos de trabajo o condiciones termo higrométricas, pueden provocar, por ejemplo, una respiración más acelerada, y por lo tanto la incorporación de una dosis mayor de contaminante), estado biológico de las personas (embarazo, hipersensibilidad, tratamiento médico), ciertos hábitos (si son fumadores, higiene personal con productos agresivos, maquillaje, etc.) y otros datos, recogidos en particular a través de la vigilancia médica.

Para valorar el riesgo se comparan los resultados de la exposición con el criterio escogido de valoración. En los casos ambientales en el trabajo en general se recurre, si ello es necesario, a la medición de concentraciones ambientales del contaminante como dato numérico de base. El criterio de valoración establece valores de referencia con los que se comparan los resultados de la evaluación de la exposición.

El establecimiento de los valores de referencia se realiza a partir de datos epidemiológicos, ensayos toxicológicos, estudios de extrapolación química y otras investigaciones, y requiere la determinación previa de los efectos admisibles en relación con el conjunto de una población de referencia que se toma como normal, lo que se traduce en una dosis máxima tolerable. A partir de este dato y en relación con una jornada de trabajo tipo o cualquier otro período de tiempo de referencia, teniendo en cuenta la relación entre la concentración existente en el ambiente y la dosis incorporada al organismo, se puede fijar un **valor-límite de exposición**.

En general, pueden ser de dos tipos: "puntuales" o "ponderados" respecto un período de tiempo predeterminado. Los primeros se denominan

**concentraciones máximas permisibles** o valores *techo* y los segundos **valores promedio máximos permisibles de exposición**.

Las **concentraciones máximas permisibles** es el valor máximo de concentración del contaminante presente en el ambiente que no debe superarse en ningún instante.

Los **valores promedio máximos permisibles** de exposición, son los valores máximos para la concentración de contaminante presente en el ambiente, promediada durante un período de tiempo tomado como referencia, que generalmente suele ser de ocho horas diarias, aunque también suele ser cuarenta horas semanales o en ciertos casos, anuales, trimestrales, mensuales, etc.

En la práctica de la higiene industrial, se suelen utilizar los siguientes términos:

**Exposición:** es la presencia de un agente químico en el aire del entorno del área de trabajo en el que respira el trabajador. Se expresa por la concentración durante un período de tiempo de referencia.

**Valor techo:** es la concentración máxima permisible. Se suele fijar para prevenir efectos agudos y no debe ser superado en ningún instante.

**Valor-límite de exposición:** Es el máximo ponderado, se suele expresar en términos de concentración promedio ponderada de la exposición durante un período de ocho horas. Se fija para prevenir efectos crónicos y sirve de referencia para adoptar medidas preventivas. Si se fija con carácter legal, no debe sobrepasarse nunca.

Los criterios de valoración corresponden a las normas con las cuales se comparan los resultados al evaluar un ambiente de trabajo, con el ánimo de obtener un diagnóstico sobre las condiciones de riesgo a las cuales se encuentra un grupo de trabajadores dado su entorno y tipo de trabajo. Para ello es importante tener claridad sobre los siguientes conceptos:

**Valores límites ambientales:** son valores de referencia para las concentraciones de los agentes químicos en el aire, y representan condiciones a las cuales se cree, basándose en los conocimientos actuales, que la mayoría de

los trabajadores pueden estar expuestos día tras día, durante toda su vida laboral, sin sufrir efectos adversos para su salud.

- a. **Valor límite ambiental para la exposición diaria:** es el valor límite de la concentración media, medida o calculada de forma ponderada con respecto al tiempo para la jornada laboral real y referida a una jornada estándar de ocho horas diarias.
- b. **Valor límite ambiental para exposiciones de corta duración:** es el valor límite de la concentración para cualquier período de quince minutos a lo largo de la jornada laboral, a excepción de aquellos agentes químicos para los que se especifique un período de referencia inferior.

**Valor límite biológico:** es el límite de la concentración, en el medio biológico adecuado, de un agente químico, o de uno de sus metabolitos, o de otro biológico directa o indirectamente relacionado con los efectos de la exposición del trabajador al agente en cuestión.

En Colombia adoptaron los estándares establecidos por la ACGIH (Conferencia Gubernamental Americana de Higienistas Industriales) a través de la Resolución 2400 de 1979 del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social.

Entre los criterios de evaluación ambiental se encuentran los siguientes:

#### **1.8.2.1. TLV – TWA. Valor Umbral Límite – Media Ponderada en el Tiempo.**

Corresponde a la concentración límite de tiempo para una jornada normal de 8 horas y 40 semanas de trabajo, a la cual gran parte de los trabajadores pueden estar expuestos repetidamente, día tras día, sin sufrir ningún tipo de efectos.

#### **1.8.2.2. TLV – STEL. Valor Umbral Límite – Límite de exposición corta duración.**

Concentración límite a la que los trabajadores pueden estar expuestos durante 15 minutos sin sufrir irritación, lesión crónica o irreversible en los tejidos o

narcosis importante. La exposición STEL no debe ser mayor de 15 minutos y no debe repetirse más de 4 veces al día.

Este límite de exposición no es independiente, sino un complemento de la medida ponderada durante la exposición en sustancias irritantes, corrosivas y altamente hidrosolubles.

### **1.8.2.3. TLV-C. Valor Umbral Límite – Techo.**

Corresponde a la concentración límite a la cual no puede ser expuesta persona alguna ni siquiera por un instante y se fijan para aquellas sustancias asfixiantes y narcóticas.

Los TLV's vienen expresados en términos de volumen de contaminante por volumen de aire (ppm) y en términos de peso del contaminante por volumen de aire ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) simultáneamente.

Para el análisis de las condiciones de un entorno laboral respecto a la presencia de agentes químicos, en especial del tipo particulado, se procede a la realización de tres tipos diferentes de estudios: las mediciones de evaluación inicial de la concentración media examinada en el tiempo, las mediciones de evaluación inicial de la concentración en el tiempo o en el espacio o las mediciones de comparación con los valores límite de exposición laboral.

#### **a. Mediciones de evaluación inicial de la concentración media ponderada en el tiempo**

Son mediciones para obtener información cuantitativa aproximada sobre los niveles de exposición, para decidir si existe un problema de exposición y, en el caso de que exista, evaluar su posible gravedad. Pueden utilizarse también para determinar si la exposición está claramente por debajo o por encima del valor límite de exposición laboral.

#### **b. Mediciones de evaluación inicial de la concentración en el tiempo o en el espacio**

Se utilizan para:

- Proporcionar información sobre las probables pautas de la concentración de los agentes químicos en el aire.
- Identificar los lugares y periodos de exposición elevada.
- Proporcionar información sobre la localización e intensidad de las fuentes de emisión.
- Estimar la eficacia de la ventilación o de otras medidas técnicas.

### **c. Mediciones de comparación con los valores límite de exposición laboral y mediciones periódicas**

Las medidas comparativas con los valores límite se utilizan para obtener resultados, de precisión y exactitud conocida de la concentración media de un agente químico en el aire que puede ser inhalado por el trabajador.

Las mediciones periódicas se utilizan para determinar si las condiciones de exposición han cambiado desde su comparación con los valores límite o si las medidas de control continúan siendo eficaces. Dado que la composición de la atmósfera y las condiciones ambientales del lugar de trabajo habrán sido investigadas durante la evaluación de la exposición laboral, pueden ser adecuados, para las mediciones periódicas, procedimientos con menor selectividad.

### **1.8.3. CONTROL DE RIESGO POR AGENTES QUÍMICOS**

Como primera medida preventiva, las organizaciones deben determinar si existen o no, agentes químicos peligrosos en el lugar de trabajo. En tal caso, se debe proceder a evaluar los riesgos para la salud y seguridad de los trabajadores, originados por dichos agentes, considerando y analizando conjuntamente los siguientes elementos:

- a. Las propiedades que generan peligro en la presencia o uso de agentes químicos contaminantes, así como cualquier otra información necesaria para la evaluación de los riesgos, que deba facilitar el proveedor, o que pueda obtenerse de éste o de cualquier otra fuente de información de fácil acceso (hojas de seguridad de los productos). Esta información

debe incluir la ficha de datos de seguridad y, cuando proceda, la evaluación de los riesgos para los usuarios, contempladas en la normativa sobre comercialización de agentes químicos peligrosos.

La Hoja de Seguridad de un producto o material permite comunicar, en forma muy completa y clara, los peligros que ofrecen los productos químicos tanto para el ser humano como para la infraestructura y los ecosistemas (salud, ambiente y seguridad). También informa acerca de las precauciones requeridas y las medidas a tomar en casos de emergencia.

- b. Los valores límites permisibles ambientales y biológicos.
- c. Las cantidades utilizadas o almacenadas de los agentes químicos.
- d. El tipo, nivel y duración de la exposición de los trabajadores a los agentes y cualquier otro factor que condicione la magnitud de los riesgos derivados de dicha exposición, así como las exposiciones accidentales
- e. Cualquier otra condición de trabajo que influya sobre otros riesgos relacionados con la presencia de los agentes en el lugar de trabajo y, específicamente, con los peligros de incendio o explosión
- f. La identificación de medidas preventivas adoptadas o que deban adoptarse.
- g. Las conclusiones de los resultados de la vigilancia de la salud de los trabajadores que, en su caso, se haya realizado y los accidentes o incidentes causados o potenciados por la presencia de los agentes en el lugar de trabajo.

#### **1.8.3.1. Principios generales para la prevención de los riesgos por agentes químicos.**

Los riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores en trabajos en los que haya presente actividades con agentes químicos peligrosos se eliminarán o reducirán al mínimo mediante:

- a. El diseño y organización de los sistemas de operación en el lugar de trabajo.
- b. La correcta selección e instalación de los equipos de trabajo.
- c. El establecimiento de los procedimientos adecuados para el uso y mantenimiento de los equipos utilizados para trabajar con agentes químicos peligrosos, así como para la realización de cualquier actividad con agentes químicos peligrosos, o con residuos que los contengan, incluidas la manipulación, el almacenamiento y el traslado de los mismos en el lugar de trabajo.
- d. La adopción de medidas higiénicas adecuadas, tanto personales como de orden y limpieza.
- e. La reducción de las cantidades de agentes químicos peligrosos presentes en el lugar de trabajo al mínimo necesario para el tipo de trabajo que se trate.
- f. La reducción al mínimo número de trabajadores expuestos o que puedan estarlo.
- g. La reducción de la duración e intensidad de las exposiciones.

Adicionalmente, como medida preventiva en la manipulación de los productos químicos se deberá en primer lugar realizar un listado de todo lo que se utilice y proceder a una recopilación de datos, fundamentalmente las fichas de datos de seguridad que el fabricante o distribuidor debe suministrar. Una base fundamental para la evaluación de los riesgos será la información concreta de los riesgos y de las precauciones a tomar según el tipo de operación en que se utilice cada producto.

Tanto los recipientes que se utilicen en el trabajo como los que sean destinados para el almacenamiento, depósitos, tuberías y otras instalaciones de productos químicos que revistan peligrosidad, deberán etiquetarse de la misma manera que los envases originales, por lo menos con su denominación, pictogramas e indicaciones de peligro, frases de riesgo y precauciones, salvo aquellas situaciones en que el recipiente se utiliza por un corto espacio de tiempo o

cambia a menudo de contenido o es utilizado por personas muy especializadas que conozcan de antemano los riesgos y precauciones a tomar. En determinadas ocasiones deberá utilizarse una señalización adecuada, que según el caso podrá sustituir o no, en todo o en parte, al etiquetado. Por supuesto que todos los recipientes, depósitos, tuberías y análogos, deberán estar formados del material apropiado, revisados y mantenidos para evitar todo tipo de fuga y vertido.

Igual de importante es el de marcar y utilizar las señales preventivas en los locales de trabajo relacionadas con el uso y/o presencia de agentes o materiales químicos peligrosos de manera tal que el trabajador conozca, entienda y aplique procedimientos seguros de trabajo adecuados al tipo y características de cada material. Entre otras, se utilizan las señales que se presentan en la ilustración 15.

Ilustración 45. Señales preventivas para el uso y manipulación de agentes químicos peligrosos



Cobra importancia en el proceso preventivo en actividades laborales expuestas a este tipo de agentes, el uso de equipos de protección personal. Son diseñados y producidos para dar una protección especial al canal respiratorio sobre todo

de la posibilidad de que ingrese partículas residuales ya sea de líquido o gases circundantes en el ambiente. Entre estos tenemos las mascarillas, y las máscaras o respiradores.

Para determinar el equipo más adecuado es necesario conocer muy bien el tipo de agente al que se está expuesto y decidir qué tipo de equipo de protección es el más conveniente al nivel de riesgo. Para ello se utiliza comúnmente la Tasa de Riesgo, la cual se consigue de la siguiente manera:

$$\text{Tasa de Riesgo} = \frac{\text{Concentración del contaminante en el aire}}{\text{TLV (Valor Límite Permisible)}}$$

Luego, se selecciona un protector de acuerdo a las especificaciones del resultado obtenido por la tasa de riesgo. Cada fabricante otorga diferentes factores de protección para sus productos. Por ejemplo.

FP Semi-máscara Doble Cartucho = 10

FP Máscara con doble cartucho = 50

Los equipos se pueden clasificar así:

**Dependientes del medio ambiente** (utilizan un filtro para retener la contaminación dispersa en el aire)

- Barbijos
- Respiradores
- Máscaras Faciales



Ilustración 46. Filtro Buco nasal Estándar

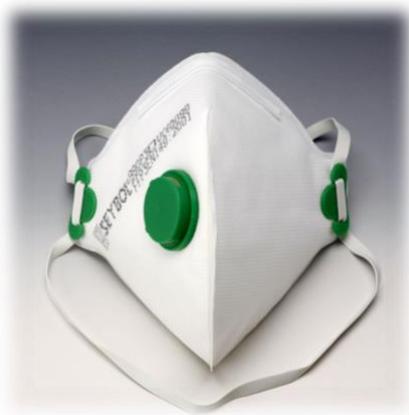


Ilustración 47. Filtro buco nasal de alta eficiencia



Ilustración 48. Semimáscara con filtro



Ilustración 49. Máscara con filtro

**Independientes del medio ambiente** (son aquellos que proporcionan aire al usuario). Entre estos componentes se encuentran los siguientes:

- Equipos autónomos portátiles de circuito abierto o cerrado.
- Equipo de succión pulmonar forzada.
- Equipo de aire comprimido con cilindro y compresor



Ilustración 50. Equipo Autónomo portátil

## **1.9. EVALUACIÓN DE AMBIENTES DE TRABAJO EXPUESTOS A AGENTES QUÍMICOS.**

Para efectos de analizar un puesto de trabajo o entorno laboral expuesto a agentes químicos se debe proceder inicialmente de la siguiente manera:

- Condiciones del entorno laboral (Productos orgánicos, productos semielaborados y bienes de consumo)
- Establecer los lugares en los cuales se genera el producto en sí y las formas en la que se origina
- Enumerar los trabajadores afectados
- Ciclos de trabajo y duración de los mismos

- Identificación de los métodos utilizados (en caso de tenerlos) para el control de los agentes de riesgo.

### 1.9.1. EQUIPOS DE MEDICIÓN

La medición de locales de trabajo en presencia de gases y vapores peligrosos, se utiliza la máquina de succionar para el análisis particular y de campo, dicho caudal se establece en los parámetros requeridos para cierta impureza teniendo en cuenta las normas impuestas por NIOS (Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional de Estados Unidos).



Ilustración 51. Bomba de caudal constante

Este equipo cuenta con una unidad de captación la cual está compuesta por un filtro cuya naturaleza y porosidad depende del agente contaminante que se desee monitorear.

Cuenta también con un soporte de celulosa que actúa como soporte físico del filtro para que éste no sufra deterioros. Igualmente lo compone una porta filtro, llamado también casetes, normalmente de poliestireno, en los que se coloca el filtro sobre el soporte de celulosa.

El equipo cuenta también con un tubo flexible de silicona, un adaptador y un termómetro y manómetro para convertir el volumen de muestreo a condiciones normales (25°C y 760 Hg).

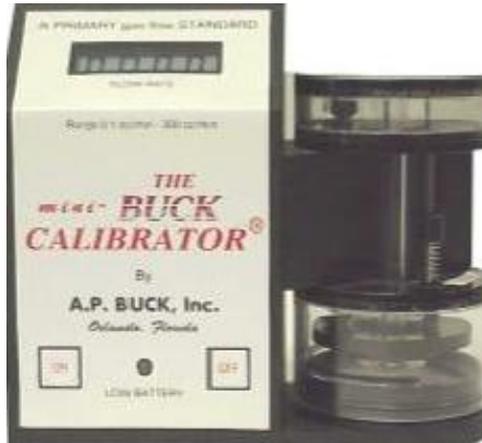


Ilustración 52. Bomba de Succión Buck – Equipos de muestreo IOM

Otros equipos utilizados son la Bomba de Succión Buck, los equipos de muestreo IOM, el GSP 3,5, el Button, entre otros.



Ilustración 53. Equipo de Muestreo Button y GSP 3,5

## **1.9.2. PROCEDIMIENTO PARA LA TOMA DE LA MUESTRA**

La calibración de la bomba debe realizarse al caudal necesario al tipo de equipo de muestreo elegido y utilizando los accesorios de calibración que indique el fabricante, normalmente acoplando un adaptador.

Se coloca la bomba de aspiración, ya calibrada, en el trabajador (por ejemplo en la parte posterior de la cintura asegurándola con un cinturón apropiado). La bomba debe ser capaz de mantener el caudal necesario durante todo el tiempo de muestreo.

Se une la bomba al equipo de muestreo con un tubo de plástico que se fijará al arnés o a la vestimenta del trabajador de forma segura, de manera que el equipo de muestreo quede sujeto a la altura de la zona del cuello en la “zona de respiración” del trabajador. Es necesario asegurarse de que la posición en la que se coloca el equipo de muestreo reflejará la exposición del trabajador.

Se retira la tapa protectora del equipo de muestreo y se pone la bomba en funcionamiento, iniciándose la captación de la muestra y se anota la hora de inicio del muestreo.

Debe realizarse controles regulares al equipo y aplicar los ajustes necesarios de la supuración en el momento que se requiera. Un declive en la supuración obedece a errores en las cargas, cierre en el tubo de plástico o atracción en el colador

En la formación, observar regularmente el adecuado manejo del artefacto de succión. Si se encuentran irregularidades o cambios en el caudal preliminar, se requiere establecer de nuevo dicho artefacto y eliminar el espécimen

Pasado dicho tiempo necesario para la muestreo, se detiene el artefacto seccionador y se anotan todos los datos relevantes de la toma de muestras (cronología de espécimen, acervo, grados ambiental, humedad, tención si no se logra identificar la tensión, se valorara la elevación del lugar). Para cada conjunto de 20 espécimen o división, llevara un colador blanco, este se sujeta a la misma receta y evolución de los otros..... Se maneja a manera que pueda

dirigir la cualidad de los coladores y la probable infección recibida en el proceso

Se procede entonces a retirar con cuidado el equipo de muestreo y se sella. Es necesario seguir las instrucciones del fabricante respecto a la posición en que deba mantenerse el equipo una vez tomada la muestra. Se etiqueta de forma clara con la cifra identificada del espécimen

Asignada Se mide de nuevo el caudal de la bomba de aspiración una vez finalizada la toma de muestra. La muestra tomada puede ser válida si los caudales medidos antes y después de tomar la muestra difieren en más del 5%.

Los filtros deben ser remitidos al laboratorio para su análisis. Las bombas, mangueras, porta filtros, y soportes de filtros deberán ser sometidos a un procedimiento de limpieza, antes de ser guardados para su próximo uso.

Un tiempo de toma de muestra suficientemente largo asegurará que el depósito de material particulado sea suficiente y, por tanto, mejorará la exactitud de la determinación gravimétrica. La duración del muestreo debe ser tan larga como las condiciones permitan y debe ser representativa de la jornada de trabajo de los trabajadores expuestos. Se utilizará la estrategia de muestreo adecuada en cada caso.

El transporte de las muestras, junto con los blancos, al laboratorio se realizará en envases protegidos para evitar cualquier tipo de daño o pérdida de su contenido; el envase se etiquetará para asegurar que se manejará adecuadamente durante su transporte. Es necesario ser muy cuidadoso en el manejo de la muestra durante el transporte para evitar pérdidas de muestra, sobre todo para elevadas cargas de muestra.

### **1.9.3. ACTIVIDAD PRÁCTICA**

Identifique un puesto de trabajo o ambiente laboral expuesto a materiales particulados. Determine:

- La estrategia más adecuada de muestreo
- Realice una evaluación ambiental para determinar la concentración de la sustancia

- Calcule la concentración por el método gravimétrico
- Compare la concentración hallada en el sitio de trabajo con los TLV y calcule el grado de riesgo
- Determine las medidas de control eficientes que permitan eliminar la presencia del contaminante en el ambiente, o reducir su grado de concentración hasta límites relativamente seguros.

## Referencias.

- Gamarra Chinchay, H. E., Yarin Achachagua, A. J., Yarin Achachagua, Y. H., & Palacios Aranda, M. (2011). *file:///C:/Users/JAINER%20A%20SANCHEZ%20S/Downloads/94-517-1-PB.pdf*. Recuperado el 11 de 03 de 2018, de *file:///C:/Users/JAINER%20A%20SANCHEZ%20S/Downloads/94-517-1-PB.pdf*: <http://revistas.uni.edu.pe/index.php/tecnia/article/view/94/166>
- Agudo Recarte, K. (11 de 03 de 2018). <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/21932>. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/21932>: <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/21932>
- Gonzalez, L., & Vargas, D. (2016). [http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/2854/Gonz%C3%A1lez\\_Laura\\_Daniela\\_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/2854/Gonz%C3%A1lez_Laura_Daniela_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Recuperado el 11 de 03 de 2018, de [http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/2854/Gonz%C3%A1lez\\_Laura\\_Daniela\\_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/2854/Gonz%C3%A1lez_Laura_Daniela_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y): <http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/handle/6789/2854>
- Moreno Jimenez, B. (5 de 03 de 2018). [http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0465-546X2011000500002&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0465-546X2011000500002&script=sci_arttext&tlng=pt), versión On-line ISSN 1989-7790 versión impresa ISSN 0465-546X. Recuperado el 05 de Marzo de 2018, de [http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0465-546X2011000500002&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0465-546X2011000500002&script=sci_arttext&tlng=pt)
- Lozada Cabellos, M. F. (05 de 03 de 2018). *Unad*. Obtenido de <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/working/article/view/1909/2135>: <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/working/article/view/1909/2135>
- Soles, C. (05 de 03 de 2017). [http://www.spentamexico.org/v7-n1/7\(1\)38-56.pdf](http://www.spentamexico.org/v7-n1/7(1)38-56.pdf). Obtenido de [http://www.spentamexico.org/v7-n1/7\(1\)38-56.pdf](http://www.spentamexico.org/v7-n1/7(1)38-56.pdf)
- Organizacion mundial de la salud. (09 de 03 de 2018). [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/37881/1/9243561022\\_spa.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/37881/1/9243561022_spa.pdf). Obtenido de [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/37881/1/9243561022\\_spa.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/37881/1/9243561022_spa.pdf): [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/37881/1/9243561022\\_spa.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/37881/1/9243561022_spa.pdf)
- Marulanda Ruiz, I. C. (2007). <https://es.slideshare.net/vladimirvargass/marulanda-i-2007-estres-laboral-enemigo-silencioso-de-la-salud-menta>. Obtenido de

<https://es.slideshare.net/vladimirvargass/marulanda-i-2007-estres-laboral-enemigo-silencioso-de-la-salud-menta>:

<https://es.slideshare.net/vladimirvargass/marulanda-i-2007-estres-laboral-enemigo-silencioso-de-la-salud-menta>

DAES-ONU. (2012). *Gobierno Electronico. Encuesta 2012*. New York: Naciones Unidas.

GUTIERREZ GAMBETTA, L. (6 de Agosto de 2010). *GOBIERNO ELECTRÓNICO Y GOBERNANZA ELECTRÓNICA (E-GOBIERNO, E-GOVERNANCE)*. Recuperado el 1 de Mayo de 2014, de El blog de luisgutierrezgambetta: <http://luisgutierrezgambetta.obolog.es/gobierno-electronico-gobernanza-electronica-gobierno-governance-846083>

AYUSO GARCIA, M., & MARTINEZ NAVARRO, V. (2005). Gobierno electrónico. Contenidos y organización de las sedes web de los parlamentos autonómicos. *Revista Española de Documentación Científica*, XXVIII(4), 462-478.

RAMILO ARAUJO, M., & CRIADO GRANDE, J. (2003). Hacia una visión integrada del Gobierno Electrónico. *Ekonomiaz: Revista vasca de economía*(54), 206 - 225.

RUELAS, A. L., & PEREZ ARÁMBULO, P. (2006). El gobierno electrónico: su estudio y perspectivas de desarrollo. *UNirevista*, I(3), 1-11.

KAUFMAN, E. (2005). *E-Ciudadanía, Prácticas de buen gobierno y TIC*. Montevideo: IDRC.

Social, Ministerio Proteccion. (2008). <http://www.saludcapital.gov.co/Documentos%20Salud%20Ocupacional/RESOL.%202646%20DE%202008%20RIESGO%20PSICOSOCIAL.pdf>. Recuperado el 11 de 03 de 2018, de <http://www.saludcapital.gov.co/Documentos%20Salud%20Ocupacional/RESOL.%202646%20DE%202008%20RIESGO%20PSICOSOCIAL.pdf>: [www.saludcapital.gov.co/.../RESOL.%202646%20DE%202008%20RIESGO%20PSIC...](http://www.saludcapital.gov.co/.../RESOL.%202646%20DE%202008%20RIESGO%20PSIC...)

Resolucion 2646 de 2008. (2017). <http://www.saludcapital.gov.co/Documentos%20Salud%20Ocupacional/RESOL.%202646%20DE%202008%20RIESGO%20PSICOSOCIAL.pdf>. Recuperado el 11 de 03 de 2018, de <http://www.saludcapital.gov.co/Documentos%20Salud%20Ocupacional/RESOL.%202646%20DE%202008%20RIESGO%20PSICOSOCIAL.pdf>:

[http://www.saludcapital.gov.co/Documentos%20Salud%20Ocupacional/RESO L.%202646%20DE%202008%20RIESGO%20PSICOSOCIAL.pdf](http://www.saludcapital.gov.co/Documentos%20Salud%20Ocupacional/RESO%20L.%202646%20DE%202008%20RIESGO%20PSICOSOCIAL.pdf)

Fernandez. (2012).

Peiro. (2001).

OMS (Organizacion Mundial de la Salud). (s.f.). Obtenido de [http://www.who.int/topics/risk\\_factors/es/](http://www.who.int/topics/risk_factors/es/):  
[http://www.who.int/topics/risk\\_factors/es/](http://www.who.int/topics/risk_factors/es/)

Badia Montalvo, R. (1985).  
<http://iris.paho.org/xmlui/bitstream/handle/123456789/16964/v98n1p20.pdf?sequence=1>. Obtenido de <http://iris.paho.org/xmlui/bitstream/handle/123456789/16964/v98n1p20.pdf?sequence=1>:  
<http://iris.paho.org/xmlui/bitstream/handle/123456789/16964/v98n1p20.pdf?sequence=1>

Instituto Nacional de Seguridad Salud y Bienestar en el Trabajo. (s.f.).  
<http://www.insht.es/portal/site/RiesgosPsicosociales/menuitem.8f4bf744850fb29681828b5c180311a0/?vgnextoid=afeb84fbb7819410VgnVCM1000008130110aRCRD>. Obtenido de <http://www.insht.es/portal/site/RiesgosPsicosociales/menuitem.8f4bf744850fb29681828b5c180311a0/?vgnextoid=afeb84fbb7819410VgnVCM1000008130110aRCRD>:  
<http://www.insht.es/portal/site/RiesgosPsicosociales/menuitem.8f4bf744850fb29681828b5c180311a0/?vgnextoid=afeb84fbb7819410VgnVCM1000008130110aRCRD>

Motor de Combustion Interna. (s.f.).  
<file:///C:/Users/JAINER%20A%20SANCHEZ%20S/Downloads/Motor%20de%20combusti%C3%B3n%20interna.pdf>. Obtenido de <file:///C:/Users/JAINER%20A%20SANCHEZ%20S/Downloads/Motor%20de%20combusti%C3%B3n%20interna.pdf>:  
<file:///C:/Users/JAINER%20A%20SANCHEZ%20S/Downloads/Motor%20de%20combusti%C3%B3n%20interna.pdf>

Imai, M. (1988). "JIT/Toyota Production System Seminar" and "Basics of Kaizenw Seminar". *The Kaizenw Institute of America*.

Twomey, K., Truemper, A., & Murphy, K. (2006). A portable sensing system for electronic tongue operations. *Sensors*, 1679-1696.

- Weinekötter, R. (2009). Compact and efficient continuous mixing processes for production of food and pharmaceutical powders. *Trends in Food Science and Technology*.
- Heymans, B. (2009). Lean manufacturing and the food industry. *European-Food-Scientist*.
- Fliedner, G. (2010). Sustainability: the new lean frontier. *Inventory Management*, 6-13.
- Jones, D. (1996). Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation. *Free Press*.
- Arora, V., & Kempkes, M. (2008). Industry perspective and roles. *Food Science and Technology International*, 455-457.
- White, R. (1999). JIT Manufacturing: a survey of implementation in small and large US manufacturers. *Management Science*, 1-15.
- Christou, I., & Ponis, S. (2008). Enhancing traditional ATP functionality in open source ERP systems: a case study from the food and beverages industry. *International Journal of Enterprise*, 18-33.
- Mason, R. (2008). Lean and green supply chain mapping :adapting a lean management tool to the needs of industrial ecology. *Prog. Ind. Ecol. Int. Journal*, 302-324.
- Lamming, R. (1993). Beyond Partnership. Strategies for Innovation and Lean Supply. *Hemel Hemp Hempstead: Prentice Hall*.
- Pil, F. (1996). The adoption of high-involvement. *Industrial Relations*, 423-455.
- Lamming, R. (1996). Squaring lean supply with supply chain management. *Journal Operations Prod. Management*, 183-196.
- MacDuffie, J. (1997). Creating lean suppliers: diffusing lean production throughout the supply chain. *Calif. Manage. Review*, 118-151.
- Quesada, M., & Arrieta, J. (2015). Study of the Application of Lean Manufacturing Techniques in Medellin Baking Industry. *EAFIT University*, 1-10.
- Chiavenato, A. (2014). Inicacion a la organizacion y tecnica comercial. *Organizaciones de alto desempeño*, 1-8.
- Suzaki, K. (1985). Japanese manufacturing techniques: their importance to US manufacturers. *Journal of Business Strategy*, 10-19.

- Biazzo, S. (2000). The assessment of work organization in lean production: the relevance of the worker's perspective. *Integrated Manufacturing system*, 6-15.
- Meredith, J., & McTavish, R. (1992). Organized manufacturing for superior market performance. *Long Range Planning*, 63-71.
- Acevedo Tarazona, Á. (2015). Educación, reformas y movimientos universitarios en Colombia: apuestas y frustraciones por un proyecto modernizador en el siglo XX. *Revista de Estudios Sociales*, 102-112.
- Toyota Motor Corporation. (2006). *Toyota traditions*. Obtenido de [www.toyota.co.jp](http://www.toyota.co.jp)
- Frausto Dávila, C. A., Topete, G. E., & Saldaña Valadez, A. M. (2015). La Metodología Lean como auxiliar en el desarrollo de competencias educativas y laborales. *Revista Electrónica ANFEI digital*, 1-13.
- Womack, J., & Jones, D. (1996). *Lean Thinking*. New York: Simon & Schuster.
- Emiliani, B. (2015). *Lean Teaching: A guide to become a better teacher*. Connecticut: CLBM, LLC.
- Dew, J. (2007). Quality goes to college. *Quality goes to college*, 40(4), 45-50.
- Hines, P., & Lethbridge, S. (23 de 12 de 2008). New Development: Creating a Lean University. *Public Money & Management*(1), 53-56.
- Araújo, P. (2011). "Universidades Lean": Contribución para la reflexión. *Revista de Educación Superior*, XL(160), 135-154.
- Emiliani, M. (2004). Improving business school courses by applying Lean principles and practices. *Quality Assurance in Education*, 12(4), 175-187.
- University of St. Andrews Lean Team. (Agosto de 2011). *Becoming Lean: Pocket Guide*. Obtenido de <http://www.st-andrews.ac.uk/media/BecomingLean%20%282%29.pdf>
- Alagaraja, M. (2010). Lean Thinking as applied to the adult education environment. *International Journal of Human Resources Development and Management*, 51-62.
- Monge, C., Cruz, J., & López, F. (2013). Impact of Lean Manufacturing, Sustainable Manufacturing and Continuous Improvement on Operational Efficiency and Environmental Responsibility in Mexico. *Información tecnológica*, 15-32.

- Escalda, I., Jara, P., & Letzkus, M. (2016). MEJORA DE PROCESOS PRODUCTIVOS MEDIANTE LEAN MANUFACTURING. *U. T. Chile, Ed.*, 26-55.
- Cua, K. (2000). A theory of integrated manufacturing practices relating total quality management, just-in-time and total productive maintenance. *A Dissertation Thesis from University of Minnesota*.
- Lee, S., & Ebrahimpour, M. (1984). Just-in-time production system. *International Journal of*, 3-15.
- Hay, E. (1988). *The Just-in-Time Breakthrough: Implementing the*. Wiley.
- Koufteros, X. (1998). Developing measures of time based manufacturing. *Journal of Operations Management*, 21-41.
- Arrieta, J. G., Romano, M. J., & Botero, V. E. (2010). Benchmarking about Lean Manufacturing in the Textile Sector in Medellin. *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, 141-170. Obtenido de <https://repository.eafit.edu.co/handle/10784/5007#.WZpQ5D6GPiV>
- Arrieta, J. G., Muñoz, J. D., Salcedo, A., & Sossa, S. (2011). *Lean Manufacturing Implementation in Colombian Industry. Literature Review of Thesis*. Medellín: 9th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology.
- Osterman, P. (1994). How common is workplace transformation and. *Industrial and Labor Relations Review*, 173-188.
- Moch, M. (1976). Structure and organizational resource allocation. *Administrative Science Quarterly*, 661-674.
- Ohno, T. (2000). El sistema de producción Toyota: más allá de la producción a gran escala. *Gestión*, 21-46.
- Koskela, L. (1992). Application of the New Production Philosophy to Construction. *Stanford University*.
- Oglesby, F., Clarkson, H., Parker, H., & Gregory, H. (1989). Productivity Improvement in Construction. *Mac Graw Hill*, 11-25.
- Vertel, K. (2009). Implementación de las herramientas de medición de pérdidas y planificación semanal (last planner) una obra piloto de la empresa MARVAL

- S.A., bajo la metodología de lean construction. *Facultad de Ingeniería Industrial. Escuela de ingenierías y administración*, 60-81.
- Botero, L. (2008). Lean Construction: Construcción sin pérdidas, análisis de procesos y filosofía lean construction. Cuaderno de Investigación. Publicaciones, ponencias, patentes, registros y emprendimientos. *Legis*, 124-178.
- Mossman, A. (2005). Last Planner overview: collaborative program coordination. *Lean Construction Institute*, 24-67.
- Cullen, P. (2005). The application of lean principles to in-service support: A comparison between construction and the aerospace and defence sectors. *Lean Construction Journal*, 87-104.
- Álvarez, M. (2007). Aplicación de Lean Construction en la toma de datos. *Revista Universidad EAFIT*, 62-77.
- Ballard, G. (1997). Look ahead planning. *5th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC-5*.
- Jorgensen, B., & Emmitt, S. (2006). Lost in Transition: The Transfer of Lean Manufacturing to Construction Engineering. *Construction and Architectural Management*, 383-398.
- Meredith, J. (1992). Organized manufacturing. *Long Range Planning*, 63-71.
- ACGIH. (2001). *TLVs and BEIs. Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents Biological Exposure Indices*. Cincinnati: American Conference of Governmental Industrial Hygienists.
- CIAS. (1981). *4. CONSEJO INTERAMERICANO DE SEGURIDAD Manual de Fundamentos de Higiene Industrial. Primera Edición en español*. Englewood: Consejo Interamericano de Seguridad.
- UNE. (1995). UNE-EN-482. Atmósferas en el lugar de trabajo. Requisitos generales relativos al funcionamiento de los procedimientos de medición de contaminantes químicos.
- INSH. (2008). *Límites de Exposición profesional para agentes químicos en España*. Madrid: Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo.
- Generalitat valenciana. (2007). *Conselleria D'Economia, Hisenda i Ocupacio. Legislación y normas sobre seguridad en el Trabajo. Agentes Químicos*. Valencia: Generalitat valenciana.

Prado, C. (2008). *Toma de Muestras personales de la fracción inhalable de material particulado*. Instituto de Seguridad y Salud Laboral. Madrid: Instituto de Seguridad y Salud Laboral.

Fundación Mapfre. (1996). *Manual de Higiene Industrial*. Editorial Mapfre (Cuarta ed.). Madrid: Mapfre.

Caravanos, J. (2015). *Quantitative Industrial Hygiene: a formula Workbook*. *Publicación: ACGIH*. New York: ACGIH.

Grau, M., & Moreno, D. (2000). *Prevención de Riesgos por Agentes Químicos*. Madrid: E.T.S.I.I.

# **FUEGO Y EXPLOSIONES EN ESPACIOS CONFINADOS**

Harold Alexis Pérez Olivera<sup>28</sup>

David Martínez Consuegra<sup>29</sup>

Yunehiry Esther Zapata Saavedra

Andrés Porto Solano<sup>30</sup>

---

<sup>28</sup> hperez@coruniamericana.edu.co

<sup>29</sup> dmartinez@coruniamericana.edu.co

<sup>30</sup> aporto@coruniamericana.edu.co

## **Resumen**

La acumulación de sustancias tóxicas o inflamables y escasez de oxígeno, es una de las características principales que vuelve a los espacios confinados (C.E.V., 2008), un lugar altamente peligroso y con un riesgo alto de que ocurra un incendio y una explosión, es por eso que estos lugares cuentan con ciertos parámetros y medidas de prevención que el trabajador debe de cumplir para su seguridad ya que los accidente por incendio y explosión en espacios confinado muchas veces son mortales.

**Palabras claves:** espacios confinados, incendio y explosiones, gases inflamables, atmósfera.

## **Introducción:**

Los espacios confinados son uno de los lugares de trabajo donde siempre está presente el riesgo de un incendio y explosión, este artículo describe cuales son los gases peligrosos mas comunes en estos lugares de trabajo, y las medidas de protección que se usan, los procedimientos que se tienen que tener en cuenta ya que estos espacios son muy inestables y debe tener siempre un monitoreo para eliminar la posibilidad de un accidente, y el procedimiento que se tiene que hacer en casos de una emergencia.

En todo lugar de trabajo que tenga en su ambiente una concentración de un gas inflamables ya sea metano u otro gas que combinado con una atmosfera rica en oxígeno y que no tenga ninguna medida de prevención puede presentar un riesgo de fuego y explosiones, y se puede convertir en un potencial intrínseco de pérdidas humanas y económicas importante por eso que, se debe tener en cuenta las características específicas del lugar del trabajo para identificar cuando se presente el riesgo de fuego y explosiones. Los lugares que presenta una atmosfera peligrosa e inestables y que son potenciales a que ocurra un incendio o una explosión (Saldaña, 2016), son los espacios confinados.

Para entrar en contexto con el tema a desarrollar, primero hay que definir los términos de fuego, explosión y espacios confinados:

**Fuego:** es una combustión caracterizada por una emisión de calor acompañada de humo, llamas o ambos.

**Explosiones:** son una nube de gas inflamable que se halla en un espacio amplío, cuya onda de presión alcanza una sobrepresión máxima del orden de 1 bar en la zona de ignición.

**Espacio confinado** se entiende por cualquier espacio con abertura limitada de entrada, salida y ventilación natural desfavorable, en el que pueden acumularse contaminantes tóxicos, inflamables o tener una atmósfera deficiente de oxígeno y que no está concebido para ser ocupado continuamente por los trabajadores, (Ministerio de relaciones laborales).

Según datos de la (NIOSH, 2011), se producen unas 200 muertes anuales debido al trabajo en espacios confinados (EC), tanto en la industria, agricultura y en actividades domésticas, de estas muertes, dos tercios se deben a atmósferas peligrosas, que en el 70 por ciento de los casos ya existían antes de entrar en el EC. En cuanto a accidentabilidad general en EC, los accidentes más frecuentes se deben a las siguientes causas: Condiciones atmosféricas, explosiones, incendios y caídas.

Los espacios confinados se encuentran en casi todos los lugares de trabajo y no siempre son pequeños (NIOSH, 2011), pueden estar en altura o bajo el suelo, algunos son abiertos y otros, cerrados y entre el múltiple riesgo para la salud y la seguridad de los trabajadores. Las características de estos espacios que generalmente son cerrados y con mala ventilación, se pueden generar atmósferas inflamables por la presencia de productos o procesos químicos que desprende gases o vapores que alcanzan el rango de inflamabilidad o explosividad (Pérez, Martínez, Fontalvo & Villalobos, 2018). Es por lo que siempre está presente la amenaza del riesgo de fuego y explosión, para tener este riesgo controlado se deben implementar medidas de prevención y planes de emergencia, principalmente antes de que se realice un trabajo en espacios confinados hay que determinar si su condición y componente es peligrosa según su clase.

### **Clases de espacios confinados:**

Riesgos existentes, según las (Icontec, 2007).

- Clase A hacen referencia a los espacios que reportan condiciones atmosféricas desfavorables las cuales pueden volverse peligrosa de manera inmediata para la vida y la salud de la persona.
- Clase B determina que los espacios que contienen atmosferas o condiciones que son o pueden volverse inmediatamente peligrosas, pero no constituyen una amenaza inmediata contra la vida si se toman medidas preventivas.
- Clase C son los espacios confinados con atmosferas o condiciones contaminadas o que pueden estar contaminadas, aunque no a un nivel peligroso que constituyan amenaza inmediata contra la vida.

**Tipos de fuegos según la normativa (UNE, 2005):**

- Clase A: Fuego de materiales combustibles sólidos (madera, tejidos, papel, plástico, etc.). Para su extinción requieren de enfriamiento, o sea se elimina el componente temperatura. El agua es la sustancia extintora ideal. Se usan matafuegos Clase A, ABC o AB.
- Clase B: Fuego de líquidos combustibles (pinturas, grasas, solventes, naftas, etc.). Se apagan eliminando el oxígeno o interrumpiendo la reacción en cadena que se produce durante la combustión. Se usan matafuegos BC, ABC, AFFF (espuma).
- Clase C: Fuego de equipos eléctricos bajo tensión. El agente extintor no debe ser conductor de la electricidad por lo que no se pueden usar soluciones acuosas (matafuegos de agua o espuma). Se usan matafuegos Clase BC ó ABC. (Una vez cortada la corriente, se puede usar agua o extintores Clase A o espuma química AFFF).
- Clase D: Fuego originado por metales inflamables. Los matafuegos cargados con agente extintor de polvo clase D, son especialmente

apropiados para la protección de incendios son haya un riesgo con metales inflamables (sodio, magnesio, potasio, entre otros).

- Clase K: Fuego de aceites vegetales o grasas animales. Requieren extintores especiales para fuegos Clase K, que contienen una solución acuosa de acetato de potasio que en contacto con el fuego producen un efecto de saponificación que enfría y aísla el combustible del oxígeno.

### **Tipo de explosiones:**

Existen dos tipos.

Explosiones físicas: esta reacción no supone cambios en la naturaleza química básica de la sustancia que hay en el recipiente (Menendez, 2006).

Explosiones químicas: son aquellas en las que la generación de gases a alta presión es el resultado de las reacciones que hacen cambiar la naturaleza química del combustible.

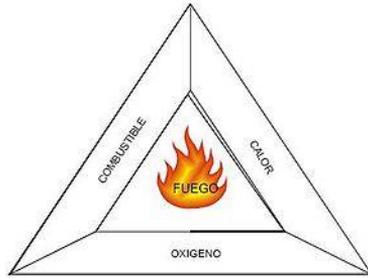
Después de determinar la clasificación de los términos expuestos, queda un interrogante *¿Cómo se produce un incendio y una explosión en un espacio confinado?*

Principalmente para que se produzca un incendio se necesita tres elementos para iniciarse, definiéndose, así como el triángulo del fuego.

**El combustible:** se trata del elemento principal de la combustión, puede encontrarse en estado sólido, líquido o gaseoso.

**El comburente:** el comburente principal en la mayoría de los casos es el oxígeno.

**La energía de activación:** es la energía necesaria para iniciar la combustión, puede ser una chispa, una fuente de calor, una corriente eléctrica, etc.



Así mismo para generarse una explosión es necesario la liberación de grandes cantidades de volúmenes de gases, que al expandirse provoca una liberación violenta de energía lo cual produce un aumento, de la presión con desprendimiento de calor, luz y gases.

Entonces, teniendo los tres componentes del triángulo del fuego y la presencia de un gas que libere una violenta energía, siendo esto lo necesario para que se produzca un incendio y una explosión en un espacio confinado que, dado a sus características de su atmosfera desfavorable, siempre hay presencia de los componentes mencionado, en pocas palabras siempre está el riesgo de un incendio y una explosión.

En los espacios confinados siempre hay presencia de gases tóxicos que es lo que vuelve su atmosfera peligrosa, los más comunes son:

### **Monóxido de carbono (CO):**

- Gas incoloro e inodoro generado por la combustión de combustibles comunes con un suministro insuficiente de aire o donde la combustión es incompleta.
- Llamado el asesino silencioso, el envenenamiento con CO puede ocurrir repentinamente.
- No es detectable olfativamente.

### **Sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S):**

- Este gas incoloro huele como huevos podridos, pero el olor no se toma como advertencia porque la sensibilidad al olor desaparece rápidamente después de respirar una pequeña cantidad de gas.
- Se encuentra en alcantarillas o tratamientos de aguas de albañal y en operaciones petroquímicas.
- Inflamable y explosivo en altas concentraciones.

### **Dióxido de Azufre SO<sub>2</sub>:**

- La combustión de sulfuro o componentes que lo contienen produce este gas.
- Exposiciones severas resultan de tanques de autos cargados o no cargados, cilindros o líneas rotas o con pérdidas y fumigación de barcos.

### **Amoníaco (NH<sub>3</sub>):**

- Es un fuerte irritante que puede producir la muerte por espasmo bronquial.
- Puede ser explosivo si los contenidos de un tanque o sistema de refrigeración son descargados en una llama abierta.

### **Ácido Hidrocianhídrico (HCN):**

- Veneno extremadamente rápido que interfiere con el sistema respiratorio de las células y causa asfixia química.
- El HCN líquido es un irritante de los ojos y la piel.

Dada su peligrosidad, los trabajadores que realizan su labor en espacios confinados deben cumplir ciertas medidas de prevención ya que los accidentes en estos espacios la mayoría son mortales.

### **1. Control de entrada y salida.**

Se controlará el acceso a cualquier recinto confinado mediante permisos de entrada por escrito, de modo que sólo entren personas autorizadas, por un tiempo limitado, y que cuenten con un procedimiento previamente formalizado antes de la entrada.

Siempre se deberá designar la figura de supervisor de entrada, el cual se encarga de verificar las condiciones de la entrada, confirmar que el permiso de entrada está cumplimentado, y cancelar este en caso de existir condiciones de trabajo inseguras.

### **2. Evaluación de la peligrosidad de la atmósfera interior, mediciones y equipo de medida.**

Evidentemente, si el principal riesgo existente en un espacio confinado consiste en la potencial existencia de una atmósfera peligrosa, bien por deficiencia de oxígeno, o bien por presencia de contaminantes tóxicos o sustancias inflamables (INSHT, 1993), una medida preventiva básica consistirá en la identificación de dichas sustancias, y en la evaluación de su peligrosidad en función de su concentración.

Es decir, es imprescindible realizar mediciones de los agentes peligrosos presentes y determinar su concentración. Se compararán las concentraciones medidas con los valores límites de referencia (% mínimo y máximo de O<sub>2</sub>,

Valores Límite Ambientales o VLA y límites IPVS de agentes químicos, y Límite Inferiores de Explosividad o LIE de gases y vapores inflamables o explosivos).

### **3. Ventilación natural y forzada.**

A ventilación es una de las medidas preventivas fundamentales para asegurar la inocuidad de la atmósfera interior del espacio confinado, tanto previa a la realización de los trabajos (en caso de ambiente contaminado), como durante los trabajos (porque requiere una renovación del ambiente interior).

El objetivo de la ventilación es obtener, por tanto, una atmósfera interior con una concentración de contaminantes o sustancias inflamables presentes inferior a sus respectivos límites de exposición e inflamabilidad, a la vez que una concentración de oxígeno apropiada.

### **Protección individual respiratoria. Equipos filtrantes, aislantes y de auto salvamento.**

Los equipos de protección respiratoria (EPR) son otra medida preventiva eficaz, que se debe alternar con las anteriores.

Los EPR son equipos de protección individual de las vías respiratorias en los que la protección contra los contaminantes se obtiene reduciendo la concentración de éstos en la zona de inhalación por debajo de los niveles de exposición recomendados.

Existen varios tipos o clases de EPR, según establece la (UNE, 2005)

**Equipos dependientes del medio ambiente o equipos filtrantes.** El aire inhalado pasa a través de un filtro donde se eliminan los contaminantes.

### **Equipos independientes del medio ambiente o equipos aislantes.**

Proporcionan protección tanto para atmósferas contaminadas como para la deficiencia de oxígeno. Suministran un gas no contaminado respirable (aire u oxígeno).

**Equipos de evacuación, escape o auto salvamento**, los cuales pueden ser a su vez filtrantes o respiratorios aislantes, pues están diseñados para permitir la huida de una atmósfera peligrosa en caso de emergencia, no para trabajar con ellos.

Si el espacio está suficientemente ventilado y se puede asegurar renovación de aire, no es necesario utilizar protección respiratoria, pero si mantener vigilancia con instrumentos (medidos de oxígeno, monóxido de carbono y gas combustible). En los casos que no sea posible obtener una atmósfera segura, los trabajadores deberán portar equipos con suministro de aire. Otros elementos de protección que se deben utilizar:

- Guantes de cuero, caucho, PVC o Neopreno (según el material que se vaya a manipular).
- Botas, preferiblemente con puntera de seguridad.
- Overol de Tyvek con PVC cuando se vayan a hacer limpiezas que generen salpicaduras de productos químicos (solventes, ácidos, bases o materiales corrosivos)
- Arnés de seguridad y cuerda salvavidas.

Además de los EPP Y EPR, también hay que tener en cuenta los equipos que se utilizan que son especiales para los trabajos en espacios confinados.

Equipos de trabajo necesarios para el acceso:

- Detector de gases multiparamétrico.
- Trípode.
- Equipo de iluminación portátil apto para su uso en atmósferas explosivas (ATEX)
- Escaleras manuales
- Toda persona que ingresa a un recinto confinado, denominada entrante, deberá estar acompañada de un ayudante en el exterior; ambos deberán portar equipo de comunicación portátil, que les permita mantenerse en contacto permanente.
- En caso de que el trabajo sea suspendido por más de una hora, se deberá en forma obligatoria, repetir las mediciones de control de la atmósfera.
- Será responsabilidad del ayudante ordenar la evacuación siempre que perciba algún riesgo u otras actividades que interfieran con las labores de los entrantes.
- Bajo ninguna circunstancia se debe usar gas de oxígeno para corregir una deficiencia de oxígeno en un espacio confinado, dado el riesgo de producir una atmósfera más rica en oxígeno con los peligros que esto acarrea.
- No se deberá permitir trabajos que involucren materiales volátiles en las áreas cercanas a la zona confinada, que puedan generar contaminación del aire empleado para la ventilación en esta última.
- El responsable del trabajo, debe asegurarse de que en el espacio confinado no existan líneas paralelas que transporten productos como gas natural, combustibles o redes eléctricas o de teléfono que puedan afectar la seguridad del área.
- Todo el personal debe contar con los elementos de protección personal adecuados.

- En los puntos de acceso deben instalarse señales de advertencia y barreras para prevenir el ingreso no autorizado.
- Se debe limitar y controlar el número de personas dentro del espacio confinado en todo momento. El registro de entrada y salida de personal estará bajo el encargo del ayudante de la labor y persona encargada del área de seguridad y salud en el trabajo.
- No está permitido el uso de dióxido de carbono y extintores de halón cuando puedan producir atmósferas asfixiantes o peligrosas para la salud.
- Se debe evitar en lo posible el uso de material inflamable.
- El acceso a espacios confinados debe realizarse a través de escaleras fijas y portátiles seguras y estables, para evitar lesiones por caídas a distinto nivel. Las escaleras colgantes de cuerda con peldaños de madera, o similares, deben desecharse como equipo de trabajo.
- Las escaleras, plataformas, andamios y otros aparejos deben cumplir con lo estipulado en instrucción de seguridad para Trabajos en alturas.
- Cuando existan mangueras en las que se maneje alta presión, sustancias calientes o cualquier otro riesgo, debe existir una válvula accesible para el cierre por parte del supervisor encargado del trabajo.
- Los tanques de gas, oxígeno y reguladores utilizados para trabajos de soldadura, deben estar fuera del espacio confinado. Las válvulas de cierre deben de estar accesibles para el supervisor encargado del trabajo.
- La iluminación eléctrica que se utilice en espacios confinados debe ser de bajo voltaje (12 o 24 Voltios directos), o con guirnalda fija de 220 V con disyuntor diferencial que este fuera del alcance del personal.
- Se deben utilizar herramientas que no produzcan chispas en espacios confinados donde se puedan acumular polvos o vapores explosivos.

- Se deben utilizar herramientas adecuadas para la apertura y cierre de las tapas de registro para evitar fatiga excesiva por sobreesfuerzos o posturas desfavorables.
- Los equipos y materiales necesarios para los trabajos a realizar en los recintos confinados, se bajarán por medios mecánicos, siempre que sea posible. Se deberán utilizar dispositivos para la bajada y subida de equipos y materiales, que eviten su transporte manual.
- No deben existir materiales y equipo depositados junto a las bocas de entrada al recinto y durante su transporte al interior para evitar caída de objetos mientras se trabaja.
- Se deberá colocar defensas alrededor de la boca de entrada, para evitar la caída de objetos y/o personas.
- Los equipos eléctricos portátiles y las luminarias utilizadas, deberán estar protegidos por el sistema de separación de circuitos, o por el empleo de pequeñas tensiones de seguridad, de acuerdo con las Instrucciones Técnicas Complementarias MIE BT021 y MIE BT027 del Reglamento Electrotécnico para baja Tensión.
- Se utilizarán herramientas neumáticas siempre que sea posible. Cuando se usen herramientas eléctricas, estas deben contar con un GFCI.
- No se debe usar nitrógeno para movilizar herramientas neumáticas
- Se evitará el suministro eléctrico no necesario para las tareas que se desarrollan. Se verificará periódicamente el estado de los cables y conexiones.
- No se permitirá la entrada a espacios confinados en días de lluvia.

El Departamento de Seguridad y Salud en el Trabajo, deberá realizar vigilancia permanente durante todo el proceso, aplicando mediciones continuas para

evaluar posibles condiciones cambiantes. Estas se deben realizar haciendo estaciones y dando el tiempo adecuado para el muestreo.

## Referencias:

- Gamarra Chinchay, H. E., Yarin Achachagua, A. J., Yarin Achachagua, Y. H., & Palacios Aranda, M. (2011). *file:///C:/Users/JAINER%20A%20SANCHEZ%20S/Downloads/94-517-1-PB.pdf*. Recuperado el 11 de 03 de 2018, de *file:///C:/Users/JAINER%20A%20SANCHEZ%20S/Downloads/94-517-1-PB.pdf*: <http://revistas.uni.edu.pe/index.php/tecnia/article/view/94/166>
- Agudo Recarte, K. (11 de 03 de 2018). <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/21932>. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/21932>: <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/21932>
- Gonzalez, L., & Vargas, D. (2016). [http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/2854/Gonz%C3%A1lez\\_Laura\\_Daniela\\_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/2854/Gonz%C3%A1lez_Laura_Daniela_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Recuperado el 11 de 03 de 2018, de [http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/2854/Gonz%C3%A1lez\\_Laura\\_Daniela\\_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/2854/Gonz%C3%A1lez_Laura_Daniela_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y): <http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/handle/6789/2854>
- Moreno Jimenez, B. (5 de 03 de 2018). [http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0465-546X2011000500002&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0465-546X2011000500002&script=sci_arttext&tlng=pt), versión On-line ISSN 1989-7790 versión impresa ISSN 0465-546X. Recuperado el 05 de Marzo de 2018, de [http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0465-546X2011000500002&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0465-546X2011000500002&script=sci_arttext&tlng=pt)
- Lozada Cabellos, M. F. (05 de 03 de 2018). *Unad*. Obtenido de <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/working/article/view/1909/2135>: <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/working/article/view/1909/2135>
- Soles, C. (05 de 03 de 2017). [http://www.spentamexico.org/v7-n1/7\(1\)38-56.pdf](http://www.spentamexico.org/v7-n1/7(1)38-56.pdf). Obtenido de [http://www.spentamexico.org/v7-n1/7\(1\)38-56.pdf](http://www.spentamexico.org/v7-n1/7(1)38-56.pdf)
- Organizacion mundial de la salud. (09 de 03 de 2018). [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/37881/1/9243561022\\_spa.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/37881/1/9243561022_spa.pdf). Obtenido de [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/37881/1/9243561022\\_spa.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/37881/1/9243561022_spa.pdf): [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/37881/1/9243561022\\_spa.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/37881/1/9243561022_spa.pdf)
- Marulanda Ruiz, I. C. (2007). <https://es.slideshare.net/vladimirvargass/marulanda-i-2007-estres-laboral-enemigo-silencioso-de-la-salud-menta>. Obtenido de

<https://es.slideshare.net/vladimirvargass/marulanda-i-2007-estres-laboral-enemigo-silencioso-de-la-salud-menta>:

<https://es.slideshare.net/vladimirvargass/marulanda-i-2007-estres-laboral-enemigo-silencioso-de-la-salud-menta>

DAES-ONU. (2012). *Gobierno Electronico. Encuesta 2012*. New York: Naciones Unidas.

GUTIERREZ GAMBETTA, L. (6 de Agosto de 2010). *GOBIERNO ELECTRÓNICO Y GOBERNANZA ELECTRÓNICA (E-GOBIERNO, E-GOVERNANCE)*. Recuperado el 1 de Mayo de 2014, de El blog de luisgutierrezgambetta: <http://luisgutierrezgambetta.obolog.es/gobierno-electronico-gobernanza-electronica-gobierno-governance-846083>

AYUSO GARCIA, M., & MARTINEZ NAVARRO, V. (2005). Gobierno electrónico. Contenidos y organización de las sedes web de los parlamentos autonómicos. *Revista Española de Documentación Científica*, XXVIII(4), 462-478.

RAMILO ARAUJO, M., & CRIADO GRANDE, J. (2003). Hacia una visión integrada del Gobierno Electrónico. *Ekonomiaz: Revista vasca de economía*(54), 206 - 225.

RUELAS, A. L., & PEREZ ARÁMBULO, P. (2006). El gobierno electrónico: su estudio y perspectivas de desarrollo. *UNirevista*, I(3), 1-11.

KAUFMAN, E. (2005). *E-Ciudadanía, Prácticas de buen gobierno y TIC*. Montevideo: IDRC.

Social, Ministerio Proteccion. (2008). <http://www.saludcapital.gov.co/Documentos%20Salud%20Ocupacional/RESOL.%202646%20DE%202008%20RIESGO%20PSICOSOCIAL.pdf>. Recuperado el 11 de 03 de 2018, de <http://www.saludcapital.gov.co/Documentos%20Salud%20Ocupacional/RESOL.%202646%20DE%202008%20RIESGO%20PSICOSOCIAL.pdf>: [www.saludcapital.gov.co/.../RESOL.%202646%20DE%202008%20RIESGO%20PSIC...](http://www.saludcapital.gov.co/.../RESOL.%202646%20DE%202008%20RIESGO%20PSIC...)

Resolucion 2646 de 2008. (2017). <http://www.saludcapital.gov.co/Documentos%20Salud%20Ocupacional/RESOL.%202646%20DE%202008%20RIESGO%20PSICOSOCIAL.pdf>. Recuperado el 11 de 03 de 2018, de <http://www.saludcapital.gov.co/Documentos%20Salud%20Ocupacional/RESOL.%202646%20DE%202008%20RIESGO%20PSICOSOCIAL.pdf>:

[http://www.saludcapital.gov.co/Documentos%20Salud%20Ocupacional/RESO L.%202646%20DE%202008%20RIESGO%20PSICOSOCIAL.pdf](http://www.saludcapital.gov.co/Documentos%20Salud%20Ocupacional/RESO%20L.%202646%20DE%202008%20RIESGO%20PSICOSOCIAL.pdf)

Fernandez. (2012).

Peiro. (2001).

OMS (Organizacion Mundial de la Salud). (s.f.). Obtenido de [http://www.who.int/topics/risk\\_factors/es/](http://www.who.int/topics/risk_factors/es/):  
[http://www.who.int/topics/risk\\_factors/es/](http://www.who.int/topics/risk_factors/es/)

Badia Montalvo, R. (1985). <http://iris.paho.org/xmlui/bitstream/handle/123456789/16964/v98n1p20.pdf?sequence=1>. Obtenido de <http://iris.paho.org/xmlui/bitstream/handle/123456789/16964/v98n1p20.pdf?sequence=1>:  
<http://iris.paho.org/xmlui/bitstream/handle/123456789/16964/v98n1p20.pdf?sequence=1>

Instituto Nacional de Seguridad Salud y Bienestar en el Trabajo. (s.f.). <http://www.insht.es/portal/site/RiesgosPsicosociales/menuitem.8f4bf744850fb29681828b5c180311a0/?vgnextoid=afeb84fbb7819410VgnVCM1000008130110aRCRD>. Obtenido de <http://www.insht.es/portal/site/RiesgosPsicosociales/menuitem.8f4bf744850fb29681828b5c180311a0/?vgnextoid=afeb84fbb7819410VgnVCM1000008130110aRCRD>:  
<http://www.insht.es/portal/site/RiesgosPsicosociales/menuitem.8f4bf744850fb29681828b5c180311a0/?vgnextoid=afeb84fbb7819410VgnVCM1000008130110aRCRD>

Motor de Combustion Interna. (s.f.). <file:///C:/Users/JAINER%20A%20SANCHEZ%20S/Downloads/Motor%20de%20combusti%C3%B3n%20interna.pdf>. Obtenido de <file:///C:/Users/JAINER%20A%20SANCHEZ%20S/Downloads/Motor%20de%20combusti%C3%B3n%20interna.pdf>:  
<file:///C:/Users/JAINER%20A%20SANCHEZ%20S/Downloads/Motor%20de%20combusti%C3%B3n%20interna.pdf>

Imai, M. (1988). "JIT/Toyota Production System Seminar" and "Basics of Kaizenw Seminar". *The Kaizenw Institute of America*.

Twomey, K., Truemper, A., & Murphy, K. (2006). A portable sensing system for electronic tongue operations. *Sensors*, 1679-1696.

- Weinekötter, R. (2009). Compact and efficient continuous mixing processes for production of food and pharmaceutical powders. *Trends in Food Science and Technology*.
- Heymans, B. (2009). Lean manufacturing and the food industry. *European-Food-Scientist*.
- Fliedner, G. (2010). Sustainability: the new lean frontier. *Inventory Management*, 6-13.
- Jones, D. (1996). Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation. *Free Press*.
- Arora, V., & Kempkes, M. (2008). Industry perspective and roles. *Food Science and Technology International*, 455-457.
- White, R. (1999). JIT Manufacturing: a survey of implementation in small and large US manufacturers. *Management Science*, 1-15.
- Christou, I., & Ponis, S. (2008). Enhancing traditional ATP functionality in open source ERP systems: a case study from the food and beverages industry. *International Journal of Enterprise*, 18-33.
- Mason, R. (2008). Lean and green supply chain mapping :adapting a lean management tool to the needs of industrial ecology. *Prog. Ind. Ecol. Int. Journal*, 302-324.
- Lamming, R. (1993). Beyond Partnership. Strategies for Innovation and Lean Supply. *Hemel Hemp Hempstead: Prentice Hall*.
- Pil, F. (1996). The adoption of high-involvement. *Industrial Relations*, 423-455.
- Lamming, R. (1996). Squaring lean supply with supply chain management. *Journal Operations Prod. Management*, 183-196.
- MacDuffie, J. (1997). Creating lean suppliers: diffusing lean production throughout the supply chain. *Calif. Manage. Review*, 118-151.
- Quesada, M., & Arrieta, J. (2015). Study of the Application of Lean Manufacturing Techniques in Medellin Baking Industry. *EAFIT University*, 1-10.
- Chiavenato, A. (2014). Inicacion a la organizacion y tecnica comercial. *Organizaciones de alto desempeño*, 1-8.
- Suzaki, K. (1985). Japanese manufacturing techniques: their importance to US manufacturers. *Journal of Business Strategy*, 10-19.

- Biazzo, S. (2000). The assessment of work organization in lean production: the relevance of the worker's perspective. *Integrated Manufacturing system*, 6-15.
- Meredith, J., & McTavish, R. (1992). Organized manufacturing for superior market performance. *Long Range Planning*, 63-71.
- Acevedo Tarazona, Á. (2015). Educación, reformas y movimientos universitarios en Colombia: apuestas y frustraciones por un proyecto modernizador en el siglo XX. *Revista de Estudios Sociales*, 102-112.
- Toyota Motor Corporation. (2006). *Toyota traditions*. Obtenido de [www.toyota.co.jp](http://www.toyota.co.jp)
- Frausto Dávila, C. A., Topete, G. E., & Saldaña Valadez, A. M. (2015). La Metodología Lean como auxiliar en el desarrollo de competencias educativas y laborales. *Revista Electrónica ANFEI digital*, 1-13.
- Womack, J., & Jones, D. (1996). *Lean Thinking*. New York: Simon & Schuster.
- Emiliani, B. (2015). *Lean Teaching: A guide to become a better teacher*. Connecticut: CLBM, LLC.
- Dew, J. (2007). Quality goes to college. *Quality goes to college*, 40(4), 45-50.
- Hines, P., & Lethbridge, S. (23 de 12 de 2008). New Development: Creating a Lean University. *Public Money & Management*(1), 53-56.
- Araújo, P. (2011). "Universidades Lean": Contribución para la reflexión. *Revista de Educación Superior*, XL(160), 135-154.
- Emiliani, M. (2004). Improving business school courses by applying Lean principles and practices. *Quality Assurance in Education*, 12(4), 175-187.
- University of St. Andrews Lean Team. (Agosto de 2011). *Becoming Lean: Pocket Guide*. Obtenido de <http://www.st-andrews.ac.uk/media/BecomingLean%20%282%29.pdf>
- Alagaraja, M. (2010). Lean Thinking as applied to the adult education environment. *International Journal of Human Resources Development and Management*, 51-62.
- Monge, C., Cruz, J., & López, F. (2013). Impact of Lean Manufacturing, Sustainable Manufacturing and Continuous Improvement on Operational Efficiency and Environmental Responsibility in Mexico. *Información tecnológica*, 15-32.

- Escalda, I., Jara, P., & Letzkus, M. (2016). MEJORA DE PROCESOS PRODUCTIVOS MEDIANTE LEAN MANUFACTURING. *U. T. Chile, Ed.*, 26-55.
- Cua, K. (2000). A theory of integrated manufacturing practices relating total quality management, just-in-time and total productive maintenance. *A Dissertation Thesis from University of Minnesota*.
- Lee, S., & Ebrahimpour, M. (1984). Just-in-time production system. *International Journal of*, 3-15.
- Hay, E. (1988). *The Just-in-Time Breakthrough: Implementing the*. Wiley.
- Koufteros, X. (1998). Developing measures of time based manufacturing. *Journal of Operations Management*, 21-41.
- Arrieta, J. G., Romano, M. J., & Botero, V. E. (2010). Benchmarking about Lean Manufacturing in the Textile Sector in Medellin. *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, 141-170. Obtenido de <https://repository.eafit.edu.co/handle/10784/5007#.WZpQ5D6GPiV>
- Arrieta, J. G., Muñoz, J. D., Salcedo, A., & Sossa, S. (2011). *Lean Manufacturing Implementation in Colombian Industry. Literature Review of Thesis*. Medellín: 9th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology.
- Osterman, P. (1994). How common is workplace transformation and. *Industrial and Labor Relations Review*, 173-188.
- Moch, M. (1976). Structure and organizational resource allocation. *Administrative Science Quarterly*, 661-674.
- Ohno, T. (2000). El sistema de producción Toyota: más allá de la producción a gran escala. *Gestión*, 21-46.
- Koskela, L. (1992). Application of the New Production Philosophy to Construction. *Stanford University*.
- Oglesby, F., Clarkson, H., Parker, H., & Gregory, H. (1989). Productivity Improvement in Construction. *Mac Graw Hill*, 11-25.
- Vertel, K. (2009). Implementación de las herramientas de medición de pérdidas y planificación semanal (last planner) una obra piloto de la empresa MARVAL

- S.A., bajo la metodología de lean construction. *Facultad de Ingeniería Industrial. Escuela de ingenierías y administración*, 60-81.
- Botero, L. (2008). Lean Construction: Construcción sin pérdidas, análisis de procesos y filosofía lean construction. Cuaderno de Investigación. Publicaciones, ponencias, patentes, registros y emprendimientos. *Legis*, 124-178.
- Mossman, A. (2005). Last Planner overview: collaborative program coordination. *Lean Construction Institute*, 24-67.
- Cullen, P. (2005). The application of lean principles to in-service support: A comparison between construction and the aerospace and defence sectors. *Lean Construction Journal*, 87-104.
- Álvarez, M. (2007). Aplicación de Lean Construction en la toma de datos. *Revista Universidad EAFIT*, 62-77.
- Ballard, G. (1997). Look ahead planning. *5th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC-5*.
- Jorgensen, B., & Emmitt, S. (2006). Lost in Transition: The Transfer of Lean Manufacturing to Construction Engineering. *Construction and Architectural Management*, 383-398.
- Meredith, J. (1992). Organized manufacturing. *Long Range Planning*, 63-71.
- ACGIH. (2001). *TLVs and BEIs. Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents Biological Exposure Indices*. Cincinnati: American Conference of Governmental Industrial Hygienists.
- CIAS. (1981). *4. CONSEJO INTERAMERICANO DE SEGURIDAD Manual de Fundamentos de Higiene Industrial. Primera Edición en español*. Englewood: Consejo Interamericano de Seguridad.
- UNE. (1995). UNE-EN-482. Atmósferas en el lugar de trabajo. Requisitos generales relativos al funcionamiento de los procedimientos de medición de contaminantes químicos.
- INSH. (2008). *Límites de Exposición profesional para agentes químicos en España*. Madrid: Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo.
- Generalitat valenciana. (2007). *Conselleria D'Economia, Hisenda i Ocupacio. Legislación y normas sobre seguridad en el Trabajo. Agentes Químicos*. Valencia: Generalitat valenciana.

- Prado, C. (2008). *Toma de Muestras personales de la fracción inhalable de material particulado*. Instituto de Seguridad y Salud Laboral. Madrid: Instituto de Seguridad y Salud Laboral.
- Fundación Mapfre. (1996). *Manual de Higiene Industrial*. Editorial Mapfre (Cuarta ed.). Madrid: Mapfre.
- Caravanos, J. (2015). *Quantitative Industrial Hygiene: a formula Workbook*. Publicación: ACGIH. New York: ACGIH.
- Grau, M., & Moreno, D. (2000). *Prevención de Riesgos por Agentes Químicos*. Madrid: E.T.S.II.
- C.E.V. (2008). *Riesgos de trabajar en espacios confinados: curso específico*. Valencia: Confederación empresarial valenciana.
- Saldaña, M. (2016). *Incendios Explosiones Y Explosivos*. CDMX: Flores Editor.
- NIOSH. (2011). *Prevención de muertes de trabajadores por derrumbes en zanjas*.
- Icontec. (2007). NTC\_OHSAS 18001:2007, Numeral 4.3.1. “Identificación de peligros, valoración de riesgos y determinación de los controles” Numeral 4.4.6. “Control Operacional”. Bogota D.C.: Icontec.
- UNE. (2005). UNE-EN 2:1994/A1:2005.
- Menendez, F. (2006). *Higiene industrial: manual para la formación del especialista*. Madrid: Lex Nova.
- INSHT. (1993). *NTP 321: Explosiones de nubes de vapor no confinadas: Evaluación de la sobrepresión*.
- García, B. (2012). *Trabajos en espacios confinados*, Bárbara García Gogénola, Fundación Confemetal, 2012. Madrid: Fundación Confemetal.

# **SINDROME DEL TUNEL CARPIANO EN LOS TRABAJADORES DEL ÁREA DE MOTORES EN BARRANQUILLA**

Milena Rosa Martínez Vergara

José Rafael Palacio Angulo

Jesús Rafael Cohen Jiménez<sup>31</sup>

Jairo Martínez Consuegra<sup>32</sup>

Pablo Andrés Palencia Domínguez

---

<sup>31</sup> [jcohen@coruniamericana.edu.co](mailto:jcohen@coruniamericana.edu.co)

<sup>32</sup> [dmartinez@coruniamericana.edu.co](mailto:dmartinez@coruniamericana.edu.co)

## **INTRODUCCIÓN:**

En este proyecto de investigación como finalidad tiene determinar los factores de riesgos del túnel carpiano, causas y consecuencias en los trabajadores del área de reparación y mantenimiento de los motores náuticos en la ciudad de barranquilla, considerando que es un riesgo que genera discapacidad, ausentismo y discapacidad laboral. Logramos destacar los temas que llaman la atención de los ergonomistas son: los movimientos repetitivos, micro traumatismos repetitivos o acumulativos. Numerosas instituciones de Salud Laboral han intentado hacer una aproximación a lo que se debe entender como movimiento repetitivo, no habiéndose alcanzado un acuerdo claro respecto al período de tiempo límite que define un movimiento repetitivo.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN:**

Con respecto al tema del Síndrome del Túnel Carpiano, los problemas que afectan a la población trabajadora en todas las áreas laborales son los movimientos repetitivos, el desarrollo de tareas con carga física, arrojan un sin número de patologías que afectan directamente a los a los trabajadores de cualquier área de una empresa los cuales están presentes en todos los sectores económicos. La presencia de los síntomas del síndrome del túnel carpiano de los empleados del taller de motores náuticos en la ciudad de Barranquilla se generan debido a que el desarrollo de las actividades, permanecen más de ocho horas diarias trabajando en una postura sedente y movimientos repetitivos; el análisis de la problemática a desarrollada en el cuerpo del trabajo, encontramos lesiones osteomusculares relacionadas con los movimientos repetitivos, como dolor en los brazos, edemas y tendinitis, que puede producir ausentismo laboral e incapacidades permanentes.

En la actualidad, según se ha comprobado con estudios recientes realizados en el país por el Ministerio de la Protección Social en Colombia, las enfermedades osteomusculares ocupan el primer lugar en la tabla de enfermedad profesional, siendo el Síndrome del Túnel del Carpiano la primera causa de morbilidad profesional con cifras que aumentan cada año. Es por esto que se hace necesaria la realización de estudios que permitan conocer el comportamiento de las variables epidemiológicas de esta patología con el fin de aumentar la información existente que permitan tomar medidas por parte del Sistema General de Riesgos Laborales en pro de disminuir la prevalencia de los casos de síndrome del túnel del carpo (STC) presentados cada año en este proyecto (Martínez, Cohen, Jiménez & Martínez, 2018).

## **MARCO TEÓRICO**

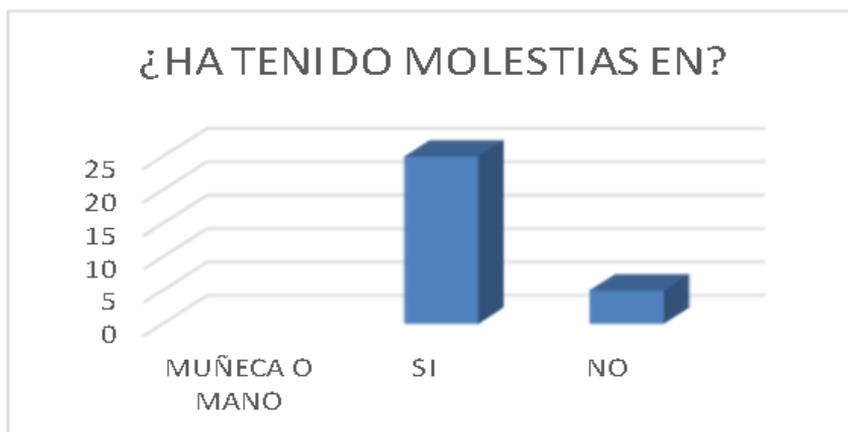
El síndrome del túnel carpiano (STC) conocida también como parálisis tardía del nervio mediano es una lesión compresiva de dicho nervio por múltiples causas. Definido como una Neuropatía Periférica que presenta manifestaciones sensitivas, motoras y tróficas y por consiguiente afectas desde el punto de vista físico, psíquico, el túnel del carpo este, está formado por los huesos del carpo y el retináculo flexor. Esta disfunción puede asociarse a múltiples causas, tales como: traumatismos ocupacionales repetitivos, lesiones de muñeca, neuropatías, artritis reumatoide, embarazo u otras condiciones. Los síntomas incluyen dolor tipo quemazón y parestesias alrededor de la cara ventral de la mano y en los tres primeros dedos (asimismo, puede irradiarse proximalmente). En 1833 Ormerand cita por primera vez STC relacionado con los paréntesis y el dolor nocturno, otro precursor del STC señala Laboret en 1835 quien hizo un estudio *posmortem*. Paget en 1854 relaciona el cuadro clínico del STC con la postura viciosa del radio y en 1913 Marie descubre el Pseudoneuroma del nervio mediano en autopsia. Learmon realizó la primera operación exitosa en 1930.

## METODOLOGÍA

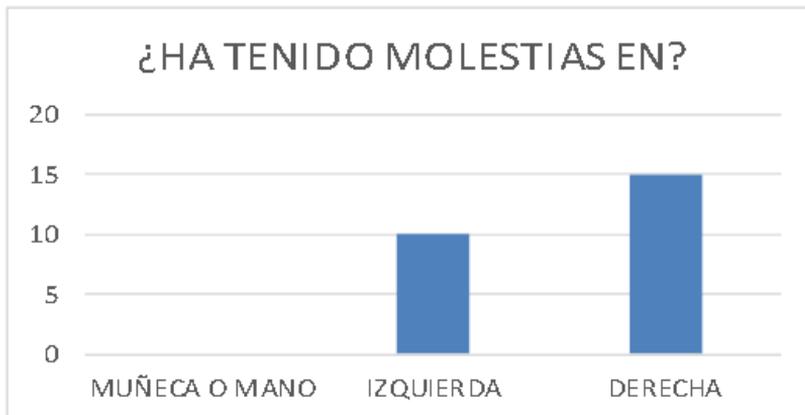
La metodología a utilizar en este proyecto es de tipo Transversal ya que se busca evaluar las afecciones por medio del Cuestionario Nórdico de Kuorinka dentro de las instalaciones de la empresa Motores de Borja la cual inicio el 1 de Febrero de 2018 y finalizo el 28 de marzo de 2018, dirigido a 30 trabajadores en el área de los talleres de ensamble y mantenimiento de motores náuticos, para luego cuantificar gráficamente y arroje resultados que nos indiquen el grado de afectación y las condiciones laborales de las áreas especificando los riesgos biomecánicas y ergonómicos por movimientos repetitivos afectando el túnel carpiano a los que estos se están expuestos.

## RESULTADOS

MUÑECA O MANO	SI	NO
	25	5



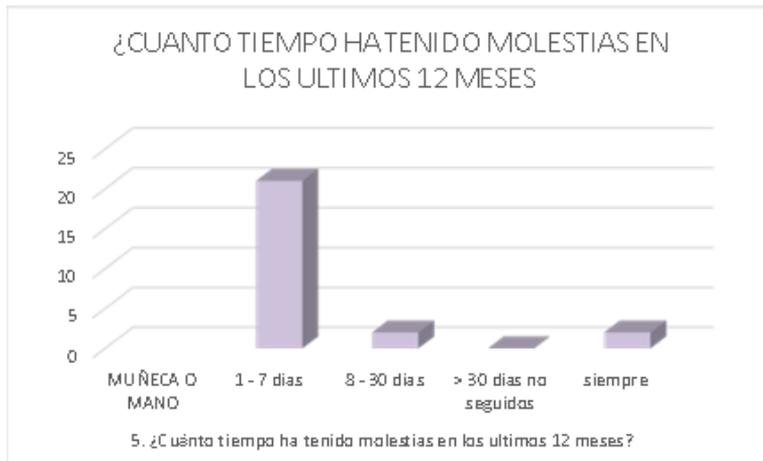
MUÑECA O MANO	IZQUIERDA	DERECHA
	10	15



MUÑECA O MANO	
2. ¿Desde hace cuánto tiempo?	< a 1 año
	1 - 5 años
	6 - 10 años
	> a 11 años



5. ¿Cuánto tiempo ha tenido molestias en los últimos 12 meses? MUÑECA O MANO  
 1 - 7 días  
 8 - 30 días  
 > 30 días no seguidos  
 siempre



5.1 ¿Cuánto tiempo ha tenido molestias en los últimos 12 meses? MUÑECA O MANO DE IZQUIERDA

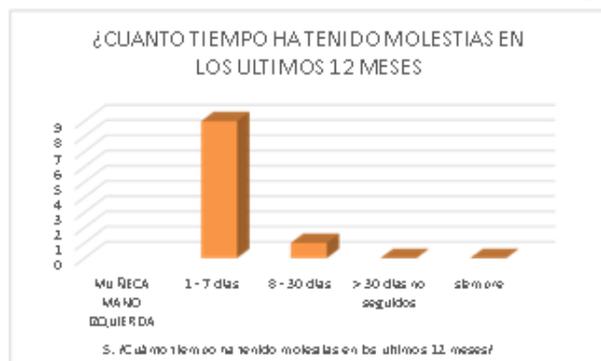
21	1 - 7 días	11
2	8 - 30 días	2
0	> 30 días no seguidos	0
2	siempre	2



5. ¿Cuánto tiempo ha tenido molestias en los últimos 12 meses?

MUÑECA MANO IZQUIERDA

1 - 7 días	9
8 - 30 días	1
> 30 días no seguidos	0
siempre	0



6. ¿Cuánto dura cada episodio?

MUÑECA O MANO

< 1 hora	6
1 - 24 horas	14
1 - 7 días	3
1 - 4 semanas	0
> 1 mes	2



8. ¿Ha recibido tratamiento por estas molestias en los últimos 12 meses?

MUÑECA O MANO

SI 25

NO 5

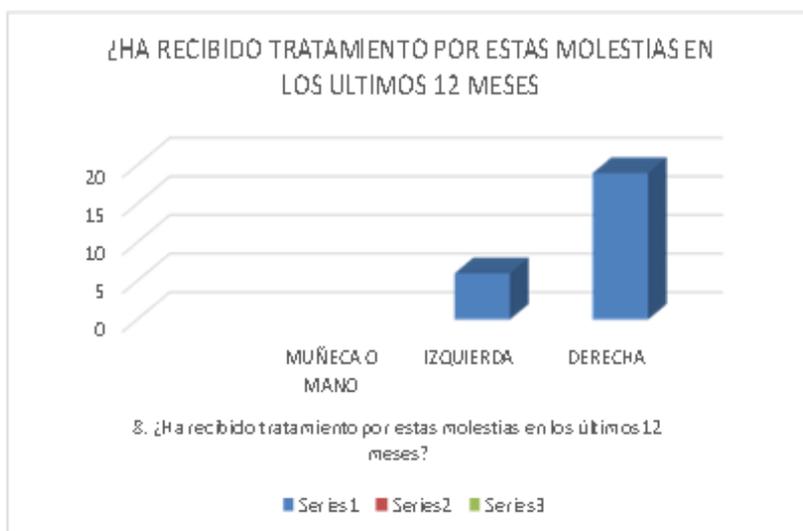


8. ¿Ha recibido tratamiento por estas molestias en los últimos 12 meses?

MUÑECA O MANO

IZQUIERDA 6

DERECHA 19



## CONCLUSION

Por medio del instrumento aplicado se logró identificar el grado de afectación de problemas Osteomusculares y del síndrome del túnel carpiano en la población trabajadores en el área de ensamble de motores. Aplicada la encuesta se dieron los siguientes resultados:

Se encontró el caso de una persona que ya había sido operada por presentar la enfermedad del síndrome del túnel carpiano.

Se da más incidencia en problemas Dorsal o Lumbar y Muñeca o Mano

Según los resultados las incidencias se dan más por el trabajo y algo que es de resaltar algunos manifestaron que uso del celular también les ha generado dolores en las manos, de echo que han dejado de manipularlos con menos frecuencia para que esto no afecte en sus labores.

## Referencias

- Carbonell García, Isabel Dra, Lambert Matos Ramón Lic. Rev cubana (1996) .Hig Epidemial v.34 n.2 Ciudad de la Habana Mayo-ago. Centro Provincial de Higiene y Epidemiología de Santiago de Cuba Interrelación de la epidemiología con la economía de salud
- El Espectador 2008 .Túnel Carpiano Ata las Manos de más trabajadores. <https://www.elespectador.com/noticias/salud/articulo-tunel-carpiano-ata-manos-de-mas-trabajadores>
- Fermin Garmiendia Garcia, Felipe William Diaz Silva, Dario Rostan Rey (2014). Revista Habanera de Ciencias Médicas volumen 13 # 5. Síndrome del Túnel Carpiano
- Francisco Palencia Sánchez, Oscar García, Marta Isabel Riaño Casallas (2013). Carga de la Enfermedad Atribuible al Síndrome de Túnel del Carpo en la Población Trabajadora Colombiana: Una Aproximación a los Costos Indirectos de una Enfermedad.
- Gutiérrez Rubio A. Del Barrio Mendoza A. Ruiz Frutos C (2008). Factores de riesgo y patología lumbar ocupacional. Universidad de Huelva. Centro de Seguridad e Higiene en el Trabajo de Huelva
- Guillén Fonseca Martha (2006). Ergonomía y la relación con los factores de riesgo en salud ocupacional. Rev. Cubana Enfermer v.22 n.4 Ciudad de la Habana
- Kafury Goeta, Alavro Antonio (2016). Manejo endoscópico del Síndrome Tuner del Carpo. Revista de la Universidad Industrial de Santader.
- Maricarmen Rellos, (2016). Milenio.com aumentan caso de jóvenes con el Síndrome del Túnel Carpiano. Derechos reservados grupo Milenio 2018
- Noguera Hernando E. (1991) Lumbalgia: problemática actual. Encuentros Médicos. Pamplona-Sevilla.

Martínez, D., Cohen, J., Jiménez, F. & Martínez, D. (2018). CASO: Factores de riesgos laborales en las pequeñas empresas metalmecánicas de Barranquilla Colombia. En Porto, A., Villalobos, B. & Pérez, H. (Comp.). Higiene y seguridad en el trabajo: análisis, evaluación y control. Barranquilla, Colombia: Sello Editorial Coruniamericana.