

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y  
AGROINDUSTRIA**

**PROPUESTA DE MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS  
PARA DISMINUIR EL RIESGO DE MATERIAL PARTICULADO EN  
LOS TALLERES ACADÉMICOS DE SOLDADURA DEL  
INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO TSÁCHILA**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DE GRADO DE MAGÍSTER EN  
SEGURIDAD INDUSTRIAL CON MENCIÓN EN PREVENCIÓN DE RIESGOS  
LABORALES**

**ING. RICHARD GUSTAVO MAYORGA CHAVEZ**

**DIRECTOR: ING. RAFAEL ALONSO URIBE SOTO, PhD.**

**CO-DIRECTOR: ING. WILLIAM VILLACIS OÑATE, MSc.**

**Quito, septiembre 2022**

© Escuela Politécnica Nacional (2022)  
Reservados todos los derechos de reproducción

## DECLARACIÓN

Yo, Richard Gustavo Mayorga Chávez, con C.I. 1804534426, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



Firmado electrónicamente por:  
RICHARD GUSTAVO  
MAYORGA CHAVEZ

---

Ing. Richard Gustavo Mayorga Chávez

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el Ing. Richard Gustavo Mayorga Chávez, bajo mi supervisión.

---

Ing. Rafael A. Uribe Soto, PhD.

**DIRECTOR DE TESIS**

---

Ing. William E. Villacis Onate, MSc.

**CO-DIRECTOR DE TESIS**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

	<b>PÁGINA</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>10</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>11</b>
<b>1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>14</b>
1.1 Soldadura	15
1.2 Material particulado	18
1.3 Afecciones a la salud provocados por el proceso de soldadura	23
<b>2 PARTE EXPERIMENTAL</b>	<b>25</b>
2.1 Análisis de los factores de riesgo en el proceso de soldadura del taller académico	25
2.2 Determinación cuantitativa de los riesgos de exposición a material particulado	30
2.3 Determinación de un programa de actuación en la fuente, medio y receptor en el proceso de soldadura	36
<b>3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>46</b>
3.1 Identificación de los factores de riesgo en el proceso de soldadura	46
3.2 Determinación cuantitativa del riesgo de exposición al material particulado	51
3.3 Programa de actuación en la fuente, medio y receptor	53
<b>4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>61</b>
4.1 Conclusiones	61
4.2 Recomendaciones	63
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>64</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>67</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

		PÁGINA
<b>Tabla 1.1.</b>	Tipos de contaminantes químicos	20
<b>Tabla 2.1.</b>	Identificación de los factores de riesgo y determinación del nivel de deficiencia	26
<b>Tabla 2.2.</b>	Identificación de los factores de riesgo y determinación del nivel de exposición	27
<b>Tabla 2.3.</b>	Identificación de los factores de riesgo y determinación del nivel de probabilidad	27
<b>Tabla 2.4.</b>	Identificación de los factores de riesgo. Interpretación de los niveles de probabilidad	28
<b>Tabla 2.5.</b>	Identificación de los factores de riesgo y determinación nivel de consecuencia	28
<b>Tabla 2.6.</b>	Identificación de los factores de riesgo y determinación de nivel de riesgo	29
<b>Tabla 2.7.</b>	Identificación de los factores de riesgo y significado del nivel de riesgo	29
<b>Tabla 2.8.</b>	Identificación de los factores de riesgo y aceptabilidad del riesgo	29
<b>Tabla 2.9.</b>	Características del equipo medidor de gas múltiple MX6 iBRID	32
<b>Tabla 2.10.</b>	Especificaciones de las mediciones	34
<b>Tabla 2.11.</b>	Caudal en función del tipo de campana	38
<b>Tabla 2.12.</b>	Velocidad de captura del aire	39
<b>Tabla 2.13.</b>	Velocidad del del aire del ducto	41
<b>Tabla 2.14.</b>	Guía de número de tono	44
<b>Tabla 3.1.</b>	Aceptabilidad de los riesgos analizados	49
<b>Tabla 3.2.</b>	Dosis total de exposición	53
<b>Tabla AI.1.</b>	Matriz de riesgo GTC 45	68
<b>Tabla AII.2.</b>	Medición de la concentración de fosfina	70
<b>Tabla AII.3.</b>	Medición de la concentración de sulfuro de hidrógeno	72
<b>Tabla AII.4.</b>	Medición de la concentración de monóxido de carbono	74
<b>Tabla AII.5.</b>	Medición de la concentración de oxígeno	76

## ÍNDICE DE FIGURAS

		<b>PÁGINA</b>
<b>Figura 1.1.</b>	Soldadura por arco metálico con gas	16
<b>Figura 1.2.</b>	Campana de extracción localizada	22
<b>Figura 2.1.</b>	Jerarquización de riesgos existentes	31
<b>Figura 2.2.</b>	Diagrama de procesos de la evaluación de la exposición por inhalación de gases	33
<b>Figura 2.3.</b>	Vistas de una campana tipo techo	41
<b>Figura 2.4.</b>	Vista frontal de la sección piramidal de una campana extractora del tipo suspendida elevada, techo	44
<b>Figura 3.1.</b>	Identificación de los factores de riesgo y nivel de probabilidad	47
<b>Figura 3.2.</b>	Identificación de los factores de riesgo y nivel de riesgo	48
<b>Figura 3.3.</b>	Dimensionamiento de la campana extractora del tipo elevado, techo	56
<b>Figura 3.4.</b>	Vista isométrica de la campana extractora del tipo elevado, techo	56
<b>Figura 3.5.</b>	Comportamiento de los gases al interior de la campana	57
<b>Figura 3.6.</b>	Disipación de los gases de soldadura en todo el ambiente de trabajo	57
<b>Figura 3.7.</b>	Simulación de la evacuación de gases de soldadura	58
<b>Figura AIII.1.</b>	Medición de PH <sub>3</sub>	77
<b>Figura AIII.2.</b>	Medición de H <sub>2</sub> S	77
<b>Figura AIII.3.</b>	Medición de CO	78
<b>Figura AIII.4.</b>	Certificado de calibración del equipo de medición	80
<b>Figura AIV.1.</b>	Ficha técnica del monóxido de carbono	83
<b>Figura AV.1.6.</b>	Mesa de trabajo de soldadura	84
<b>Figura AV.2.</b>	Dimensiones de largo y ancho de la campana	86
<b>Figura AV.3.</b>	Dimensiones del ducto y sección piramidal	86
<b>Figura AVI.4.</b>	Ficha técnica de lente de seguridad	87
<b>Figura AVI.5.</b>	Ficha técnica de respirador N95	90
<b>Figura AVI.6.</b>	Ficha técnica de guantes de cuero	91

<b>Figura AVI.7.</b> Ficha técnica del calzado de seguridad	92
<b>Figura AVII.8.</b> Construcción de la campana	93
<b>Figura AVII.9.</b> Construcción de la sección piramidal	93
<b>Figura AVII.10.</b> Empotramiento de la campana al techo	93
<b>Figura AVII.11.</b> Fijación del ventilador	93
<b>Figura AVII.12.</b> Fijación del ducto de salida	94
<b>Figura AVII.13.</b> Vista exterior de la campana de extracción	94



## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>PÁGINA</b>
<b>ANEXO I</b>	
Matriz de riesgo GTC 45 aplicada al Taller de Soldadura del ISTT	68
<b>ANEXO II</b>	
Evaluación y cálculo de resultados de medición de gases de soldadura en el Instituto Superior Tecnológico Tsáchila	69
<b>ANEXO III</b>	
Mediciones de gases de humos de soldadura del Taller de Soldadura del Instituto Superior Tecnológico Tsáchila (descarga del Equipo Mx6 Ibrid)	77
<b>ANEXO IV</b>	
Hoja de seguridad de los compuestos químicos analizados (HDS)	81
<b>ANEXO V</b>	
Medidas de prevención en el medio	84
<b>ANEXO VI</b>	
Selección del equipo de protección personal	93
<b>ANEXO VII</b>	
Fotos de construcción e instalación de la campana extractora tipo elevada, techo. Taller académico de soldadura del instituto superior tecnológico tsáchila.	93

## RESUMEN

A continuación, se detalla la investigación de este proyecto de investigación cuya finalidad fue proponer medidas preventivas y correctivas para disminuir el riesgo de material particulado en los Talleres Académicos de Soldadura del Instituto Superior Tecnológico Tsáchila, ISTT, a fin de obtener valores límites de Riesgo Aceptables. Los talleres de soldaduras son espacios académicos destinados a las actividades prácticas estudiantiles y la ejecución de trabajos y proyectos de carácter investigativos haciendo énfasis en el desarrollo e innovación (I+D+i). En una primera fase, se analizaron los factores de riesgo acordes al tipo de soldadura utilizado en el taller, lo que permitió identificar los peligros in situ y poder valorar cualitativamente los riesgos existentes en seguridad industrial y salud ocupacional. En una segunda fase, se determinaron cuantitativamente los riesgos de exposición a material particulado. En una tercera y última fase, se desarrolló la propuesta de un programa de actuación en la fuente, medio y receptor. Se utilizó la matriz propuesta en la Guía Técnica Colombiana GTC-45, a fin de identificar la aceptabilidad del riesgo, los riesgos fueron ponderados en base a los niveles de probabilidad (NP), nivel de riesgo y de intervención (NR). Asimismo, la determinación de material particulado existente en el área de soldadura se realizó mediante el método MTA/MA-014/A11 y los criterios establecidos en las normas UNE-EN 689 y ANSI Z49.1:2012. Según la norma GTC-45, el riesgo “humos de soldadura” presenta un nivel de probabilidad de 24/40, catalogado con una probabilidad de riesgo “Muy Alta (MA)”, valor que lo posiciona en un “nivel de riesgo I”, generando una aceptabilidad de tipo NO ACEPTABLE, por consiguiente, el taller de soldadura se encuentra en una “Situación Crítica”. En cuanto a la determinación de los gases presentes en los humos de soldadura, se evidenció la presencia de fosfina ( $\text{PH}_3$ ) con una dosis de exposición superior a la unidad (3,32), factor que determina que existe en el taller académico de soldadura una sobreexposición al compuesto químico. En función de lo expuesto a fin de obtener valores límites de Riesgo Aceptables en el taller de soldadura, se proponen como medidas en la fuente: el establecimiento de responsabilidades, la elaboración y puesta en práctica de un manual de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos, sistemas de protección contra incendios y señalización, entre otros; en el medio se propone el diseño e instalación de una campana de extractora del tipo elevado, techo, para evacuar los gases generados en el proceso y con respecto al receptor se recomienda la capacitación en cuanto al manejo seguro de los equipos y el uso de lentes, ropa de protección y respiradores de acuerdo con la norma AWS-ANSI Z49, 2012.

## INTRODUCCIÓN

Los riesgos relacionados al proceso de soldadura son varios, entre los de mayor índole en accidentes son aquellos que se derivan del empleo de la corriente eléctrica que puede causar un corto circuito, quemaduras e incendio. De igual manera, producto del proceso de soldadura existen riesgos higiénicos que afectan a la salud, entre los cuales sobresalen los relacionados con la inhalación de material particulado proveniente de gases tóxicos y humos generados por soldaduras de tipo arco eléctrico. Entre los humos y gases generados resaltan los siguientes: humos (óxidos de hierro, cromo, manganeso, cobre, entre otros.) y gases (óxidos de carbono, de nitrógeno, etc). La forma de ingreso al organismo de estos compuestos es muy variable y es función del material base y de aporte del proceso de soldadura.

En los procesos de soldadura el material particulado es una variable importante para considerar, porque determina el grado de penetración o retención en el sistema respiratorio humano. El polvo metálico inhalado visible de tamaño mayor a 10  $\mu\text{m}$  es retenido en la nariz y la garganta, entre 1-10  $\mu\text{m}$  alcanza los bronquios y las partículas menores a 1  $\mu\text{m}$  alcanzan los pulmones. Esto significa que el 99 % de partículas finas llegan al pulmón (Iza, 2015).

El humo del óxido férrico se produce cuando se calientan los materiales que contienen hierro, como es el caso de las soldaduras con arco eléctrico. La exposición a los humos del óxido de hierro en exposición de corta duración puede causar la llamada “fiebre de los humos metálicos”, cuyos síntomas incluyen un sabor metálico, escalofríos, dolores, fiebre, tos y opresión en el pecho, también puede causar irritación mecánica. En una exposición prolongada o repetitiva, el humo o el polvo del óxido de hierro puede provocar siderosis (una forma de neumoconiosis) en un estadio benigno. La siderosis se manifiesta inicialmente con una sintomatología obstructiva, presentando tos, falta de aire o expectoración y en casos intensos puede evolucionar a una fibrosis pulmonar (Fidan, Esme y Unlu, 2002).

El presente trabajo de investigación se desarrolla en el taller de soldadura perteneciente al Instituto Superior Tecnológico Tsáchila, ISTT, espacio académico destinado a las actividades prácticas y al desarrollo de trabajos y proyectos de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) referentes a la soldadura de metales. Este taller académico se encuentra

ubicado en el Campus Universitario del ISTT en la ciudad de Santo Domingo, provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas.

Un taller académico institucional debe poseer condiciones seguras en sus operaciones de manufactura a fin de salvaguardar la seguridad del personal y minimizar los riesgos existentes, tanto de la población estudiantil como al personal docente, debido a la exposición a concentraciones peligrosas de diversos contaminantes, dentro de su atmósfera habitual de trabajo. En tal sentido, el problema de estudio radica en la presencia de material particulado en el aire ambiente del taller académico, material particulado generado en el proceso de soldadura GMAW (Gas Metal Arc Welding), lo que afecta a la seguridad y salud ocupacional de los usuarios debido al tiempo de exposición. Estudio que beneficiará de forma directa a un promedio de 40 a 60 estudiantes y 2 docentes por período académico.

En este trabajo de investigación se pretende usar herramientas y métodos de evaluación de riesgo químico, para la medición de material particulado proveniente del humo de soldadura generado en el taller académico del ISTT, con la finalidad de disminuir el riesgo existente. Para la reducción del riesgo se propondrán medidas ingenieriles que intervengan directamente en el medio de propagación del material particulado, adaptadas a los requerimientos técnicos y de seguridad del taller de soldadura. Asimismo, se va a hacer énfasis en la aplicación de un programa de actuación en la fuente, medio y receptor, basado en la intervención del proceso de soldadura que actualmente se utiliza en el taller académico, la determinación de estrategias de medidas de seguridad ingenieriles que intervengan directamente en el medio de propagación del material particulado y la selección adecuada de EPP's.

En función de lo expuesto, el objetivo general del presente trabajo fue:

Proponer medidas preventivas y correctivas para disminuir el riesgo de material particulado en los talleres académicos de soldadura del Instituto Superior Tecnológico Tsáchila, a fin de obtener valores límites de riesgo aceptables.

A través de la consecución de los siguientes objetivos específicos:

- a) Analizar los factores de riesgo acordes al tipo de soldadura utilizado en el taller

académico del ISTT, a fin de identificar los peligros y valorar cualitativamente los riesgos en seguridad y salud ocupacional.

- b) Determinar cuantitativamente los riesgos de exposición a material particulado presentes en el taller académico de soldadura del ISTT, a fin de demostrar la conformidad con los valores límites de exposición profesional.
- c) Establecer un programa de actuación en la fuente, medio y receptor para disminuir el riesgo de inhalación de material particulado en el proceso de soldadura del ISTT.

# 1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

El estándar AWS-ANSI Z49.1 establece que en todo lugar donde se realicen prácticas o trabajos de soldadura, indistintamente del proceso de producción en el que se encuentre, se proveerá de una ventilación idónea.

A la fecha no se han desarrollado investigaciones relacionadas con la calidad del medio ambiente del taller de soldadura del ISTT. Con base en investigaciones previas se ha determinado que uno de los riesgos que genera más daño a la salud es la inhalación del material particulado, tal como lo demuestra el caso clínico analizado por Fidan et al. (2005), en donde el pulmón de un soldador presentó varios nódulos bilaterales con altos niveles de séricos de ferrita y ferritina, en el líquido de lavado bronco alveolar. Después de evitar la exposición directa de humos generados por el proceso soldadura, en el lapso de tres semanas, las lesiones pulmonares del soldador se redujeron drásticamente sin la necesidad de intervenciones terapéuticas. De igual forma, en el estudio realizado por Kern y Osłonik (2010), afirman que, debido a la inhalación de los humos de soldadura, en trabajadores parciales o por obra, estos pueden presentar síntomas sin alteraciones funcionales, pero con cambios morfológicos prominentes. Efectos pulmonares que no son atendidas a tiempo, debido a que las exposiciones no son consideradas como permanentes, causando grandes riesgos a la salud.

Un artículo publicado en la revista internacional *The Lancet* por el doctor Manolis Kogevinas del Instituto de Investigación Médica de Barcelona en 1999, reveló en un estudio con una población de 15 000 personas, que el 10-15 % de los casos de asma en los países industrializados se debe a gases producto del proceso de soldadura Iza (2015). Dicho estudio tuvo referencia a lo establecido por Oprya (2012), quien estudió las propiedades químicas del humo de soldadura. El humo de soldadura no afecta únicamente al sistema respiratorio tal como lo muestran Taj y Gliga (2021), en su estudio longitudinal a lo largo de seis años, en donde evaluaron a un grupo de trabajadores expuestos al humo de soldadura, concluyen en afectaciones sobre el sistema cardiovascular, evidenciando un aumento estadísticamente significativo en la presión arterial sistólica de 5,11 mmHg a 8,31 mmHg y la presión diastólica de 3,12 mmHg a 5,5 mmHg.

Según la caracterización ocupacional realizada por SENA (2010), para el sector de la soldadura el 29 % de las empresas que se dedican a esta área son microempresas. Aunque en el documento se menciona que el 83 % de los soldadores usan protección respiratoria, específicamente mascarillas con filtro, no se hace ninguna referencia a equipos de extracción (Sierra, 2015). En su investigación Jetkins y Pierce (2015), establecieron la distribución del tamaño de partícula de gas metal y humos de soldadura. En el año 2015, Pazmiño diseñó una campana extractora para reducir la concentración de gases y brindar todas las garantías de seguridad, así como, disminuir las afecciones respiratorias de todos los usuarios estudiantes y docentes.

A continuación, se presentan los aspectos teóricos fundamentales que dan sustento al presente trabajo de investigación:

## **1.1 SOLDADURA**

Se puede considerar que el proceso de soldadura es aquel que se realiza cuando dos piezas metálicas separadas entre sí se combinan y forman una sola pieza, al ser calentadas hasta una temperatura suficientemente alta para causar una fusión entre ambos materiales. Es frecuente que se añada un material de aporte comúnmente metálico, que al fundirse termina uniendo ambas piezas y al enfriarse hace que la unión quede fija (Pérez Porto y Gardey, 2016).

Según la norma ANSI/AWS A3.0 “La soldadura es una coalescencia localizada de metales o no metales producida por el calentamiento de materiales a la temperatura de soldadura, con o sin la aplicación de presión o por la aplicación de presión sola y con o sin el uso de material de aporte”.

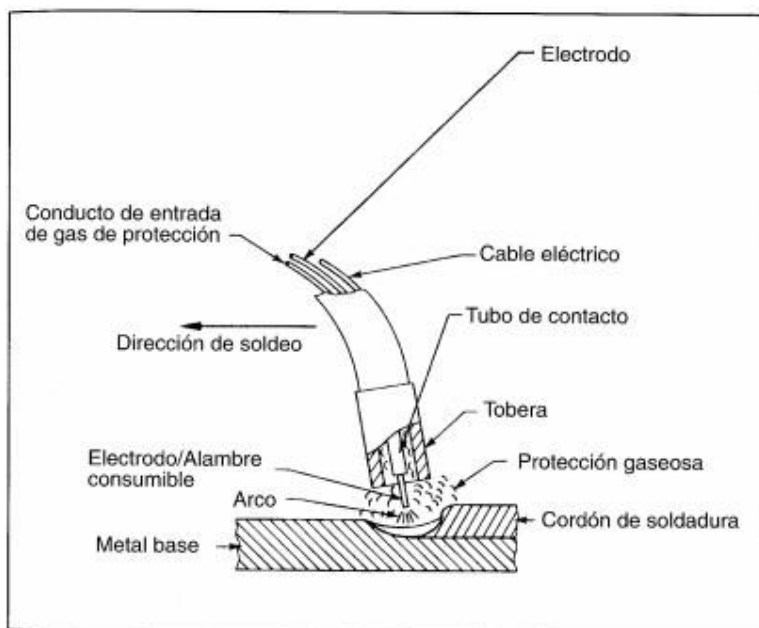
A fin de satisfacer las necesidades industriales relacionadas con el proceso de suelda existen varios tipos de soldadura, cada uno de ellos con diferentes características y aplicaciones, entre los tipos de soldadura con mayor aplicación industrial, se pueden encontrar:

- Soldadura por arco con electrodo revestido (SMAW)
- Soldadura por arco con metal y gas (GMAW)
- Soldadura de arco, tungsteno y gas (TIG)
- Soldadura por arco con núcleo fundente (FCAW)

- Soldadura por arco sumergido
- Soldadura con gas y electrodo de tungsteno (GTAW)
- Soldadura por arco de plasma

### 1.1.1 SOLDADURA POR ARCO METÁLICO CON PROTECCIÓN POR GAS

La soldadura por arco con metal y gas conocida también como GMAW (Gas Metalic Arc Welding) por sus siglas en inglés, es un proceso de soldadura en el cual el calor necesario es generado por un arco metálico que se establece entre un electrodo consumible y el metal que se va a soldar, adicional hace uso de un gas inerte para su protección de la atmósfera (Jeffus, 2009), de ahí se deriva la soldadura MIG (Metal Inert Gas). En la Figura 1.1 se observa el esquema general de la soldadura MIG, este tipo de suelda se caracteriza por la ausencia de un electrodo con recubrimiento, en ésta se usa un filamento de cobre, como material de aporte, que en conjunto con el amperaje necesario se encargan de unir las piezas metálicas. La presencia del gas genera una protección adicional al cordón de soldadura, para hacerlo más resistente a diferentes tipos de corrosiones.



**Figura 1.1.** Soldadura por arco metálico con gas

(Jeffus, 2009)



### 1.1.2 GASES GENERADOS DEL PROCESO DE SOLDADURA MIG

Los contaminantes químicos constituidos por materia inerte (orgánica, inorgánica, natural o sintética), en cualquiera de sus estados de agregación, cuya presencia se evidencie en importantes concentraciones en la atmósfera de trabajo, puede originar alteraciones en la salud de las personas expuestas, llegando incluso a ser irreversibles. Esta materia inerte al encontrarse de forma libre en el ambiente incrementa la posibilidad de ser inhalada por el personal que se encuentra dentro del taller de soldadura (Falagán, 2008).

Como resultado del proceso de suelda, al medio ambiente son emanados varios compuestos químicos generados del proceso de soldadura MIG, entre ellos los considerados como peligrosos, entre los cuales tenemos los que ocasionan mayores afecciones sobre la salud:

- **Fosfina (PH<sub>3</sub>):** Gas incoloro, inflamable, que explota a temperatura ambiente y que posee mal olor (olor a ajo o a pescado descompuesto). La fosfina existe solamente como un gas, pequeñas cantidades de este gas se producen naturalmente de la degradación de materia orgánica. En concentraciones altas, los vapores de fosfina pueden inflamarse espontáneamente en el aire, ésta reacciona con sustancias, tales como nitratos metálicos o halógenos, que se encuentran comúnmente en el aire. Se ha demostrado que cerca del 50 % de la concentración de la fosfina en el aire se degrada en aproximadamente un día (ATSDR, 2016).
- **Monóxido de carbono (CO):** Gas incoloro, sin olor ni sabor, no irritante, que se encuentra tanto en un ambiente cerrado como en un ambiente con ventilación o al aire libre. La soldadura tipo MIG utiliza un gas inerte como el argón y el CO<sub>2</sub> para la protección del arco de soldadura con la atmósfera, como resultado de la combustión de estos gases se produce la combustión incompleta del carbón, dando origen al monóxido de carbono que puede ser inhalado por los operarios de la suelda. Cuando una persona mantiene una exposición directa con este gas e incluso llega a inhalarlo, puede presentar varios síntomas como dolor de cabeza, náusea, vómitos, mareo, visión borrosa, confusión, dolor en el pecho, debilidad, falla cardíaca, dificultad para respirar, convulsiones y coma (ATSDR, 2016).

- **Sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S):** Gas inflamable, incoloro con un olor característico nauseabundo (olor a huevos podridos). Debido a su mal olor este gas puede ser percibido o detectado cuando se encuentra en pequeñas concentraciones, se le conoce comúnmente como ácido hidro sulfúrico o gas de alcantarilla. En la soldadura este gas se origina al soldar superficies con presencia de azufre (superficies oxidadas), que al entrar en combustión con el electrodo y por la presencia de hidrogeno en el ambiente generan el sulfuro de hidrógeno. La presencia de este gas, también se da cuando no se brinda un tratamiento adecuado en las superficies a soldar como un correcto desengrase o remoción de recubrimientos. La exposición a niveles bajos de este gas puede producir irritación de los ojos, la nariz o la garganta. También puede provocar dificultades respiratorias en personas asmáticas. Cuando la exposición es a concentraciones altas (mayores de 500 ppm) puede causar pérdida del conocimiento y posiblemente la muerte. (ATSDR, 2016).

## **1.2 MATERIAL PARTICULADO**

Se define como contaminantes primarios a aquellos que producen afecciones severas o nocivas al entrar en contacto con el cuerpo humano, como por ejemplo el material particulado, producto del proceso de suelda, el humo producto de la combustión de los metales y la emanación de los gases descritos en el apartado 1.1.2. Mientras que, al resto de contaminantes producidos por el proceso de soldadura, que no representan un alto riesgo no generan afectaciones significantes hacia el ser humano, los denominaremos contaminantes secundarios, entre ellos está el ozono, ácidos y sus derivados neutralizados (Pazmiño, 2015).

### **1.2.1 PARTICULAS PRESENTES EN EL AMBIENTE**

En los ambientes de trabajo donde predomina la mecanización de elementos mecánicos, es común la presencia de diferentes tipos de material particulado en el ambiente laboral, estas partículas son el resultado de varios procesos como el desprendimiento y arranque de viruta, humos y gases de soldadura, etc. La propagación de partículas sólidas en una atmosfera de trabajo puede ser catalogada con diferentes términos en función del tamaño de la partícula:

- **Polvos:** Son partículas esféricas con un tamaño variable que va desde la décima parte de una micra hasta aproximadamente las 25  $\mu\text{m}$ . Los polvos sin importar las fuerzas electrostáticas o las generadas por efecto de las corrientes de aire, no se segregan o descomponen en el aire y sedimentan por acción de la gravedad, en ausencia de corrientes de aire o campos electrostáticos (Falagán, 2008).
- **Humos:** Son un conjunto de partículas sólidas esféricas, suspendidas en el aire y cuyo origen son el resultado de los denominados procesos incompletos, de la combustión de materiales derivados del carbón o el petróleo. Su tamaño generalmente es inferior a 0,1  $\mu\text{m}$  (Falagán, 2008).
- **Humos metálicos:** Son partículas esféricas metálicas generadas en procesos de condensación del estado gaseoso, que surge por la fusión, sublimación o volatilización del metal. Se presentan generalmente en forma de óxidos, ya que proceden de esta reacción química al interaccionar el vapor caliente con el aire. Su tamaño es similar al del humo ( $\varnothing < 0,1 \mu\text{m}$ ) (Falagán, 2008).
- **Gases:** Son fluidos amorfos que al expandirse ocupan todo el espacio del recinto que los contiene, estos permanecen en condiciones de una atmósfera de presión y temperatura ambiente. Sus partículas son de tamaño molecular y por tanto se pueden mover por transferencia de masa, por difusión, por la variación de la densidad e incluso por la influencia de la fuerza gravitacional entre moléculas, (Falagán, 2008).

A continuación, en la Tabla 1.1 se detallan de manera general los tipos de contaminantes químicos existentes en distintas áreas de trabajo, con sus ejemplos más representativos:

**Tabla 1.1.** Tipos de contaminantes químicos

<b>TIPOS DE CONTAMINANTES QUÍMICOS</b>		
<b>SÓLIDOS</b>	Polvo	Óxidos metálicos, metales, sílice, madera, etc.
	Humo	Petróleo, asfalto, carbón, etc.
	Humo metálico	Plomo, plata, cobalto, magnesio, cobre, níquel, titanio, cromo, hierro, cadmio, etc.
<b>GASEOSOS</b>	Gas	Monóxido de carbono, fosfina, ozono, dióxido de carbono, etc.
	Vapor	Cetonas, éteres, alcoholes, derivados clorados, etc.

Fuente: (Falagán, 2008)

### 1.2.2 FACTORES DE RIESGOS HIGIÉNICOS POR SOLDADURA

Velásquez (2009) mencionó que se puede llegar a apreciar que todos los trabajos con soldadura eléctrica u otros procesos similares tienen riesgos de contaminación, los que más comúnmente se identifican son:

- **Contaminantes químicos:** Humos metálicos, gases, contaminantes producidos por el proceso de suelda de piezas por recubrimientos. El humo se produce por la condensación de vapores que se forman partículas sólidas, estas partículas son muy pequeñas, por lo cual tiende a aglomerarse. Se ha llegado a encontrar que estas partículas pueden llegar a tener un diámetro de 1  $\mu\text{m}$  o inferior, lo cual nos hace saber que las partículas del humo en este rango de dimensiones llegan a ser respirable (Gomes y Prado, 2017).
- **Contaminantes físicos:** Radiaciones no ionizantes, calor y ruido, entre otros.

### 1.2.3 GENERACIÓN DE HUMOS

Carrillo (2011) considera que el proceso de generación de humos es el resultado de la interacción de diferentes fenómenos físicos y químicos, como la temperatura de la superficie

del metal fundido y la reacción química entre el metal fundido y los gases de la atmosfera de protección.

Menéndez (2015) mencionó que los procesos de soldadura, en algunos casos, pueden requerir de gases tóxicos como protección en el baño de fusión en pequeñas cantidades, pero a su vez la combustión generada en la soldadura también tiene la capacidad de producir gases que son contaminantes, el más común es la presencia de CO<sub>2</sub>. La mayoría del humo se produce en la superficie del electrodo a través del arco eléctrico. Se entiende que el baño fusión de soldadura opera a una temperatura ligeramente inferior a la temperatura de suelta, ya que los metales utilizados para soldar llegan a fundirse o hervir a menor temperatura.

#### **1.2.4 MEDIDAS DE CONTROL PARA LA EXPOSICION A GASES DE SOLDADURA**

Según el manual de operación propuesto por la empresa Lincoln Electric (2016), a continuación, se detallan las medidas de seguridad que se recomiendan para reducir los riesgos por la exposición a gases de soldadura:

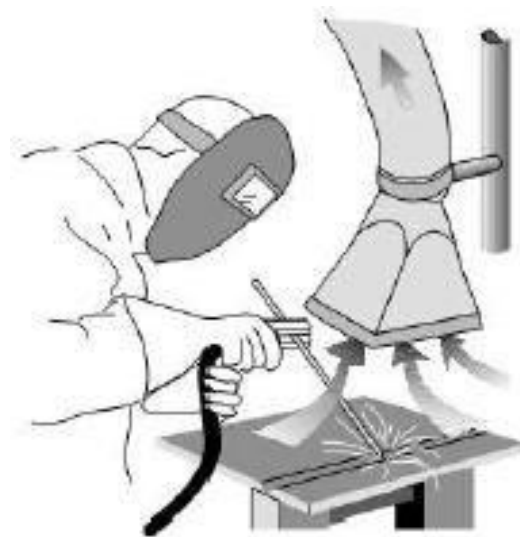
- Mantenga los humos y los gases fuera de su zona de respiración y del espacio de trabajo en general.
- Usar suficiente ventilación y/o extracción en la zona del arco eléctrico de soldadura, para mantener los humos y los gases fuera de su zona de respiración y del espacio de trabajo. Con la ventilación adecuada se debe conseguir:
  - Evitar al máximo que los humos recién generados se dirijan a las vías respiratorias del soldador, para ello normalmente será necesario aplicar la extracción localizada.
  - Evitar que en el ambiente general del local lleguen a alcanzarse concentraciones significativas de contaminantes, esto se conseguirá mediante la ventilación y extracción general.

#### **1.2.5 EXTRACCIÓN LOCALIZADA**

La extracción localizada consiste en crear corrientes de aire que actúen directamente sobre el foco de contaminación, generalmente se aspiran los humos de soldadura. Es el método

básico para solucionar los problemas de contaminación por humos de soldadura (Gomes y Prado, 2017).

En la Figura 1.2. se observa una imagen de un equipo de extracción localizada. Las campanas de extracción localizada permiten situar su boca de aspiración de forma que actúe convenientemente sobre el punto de soldadura, mediante fijaciones magnéticas o por brazos articulados, acoplados al conducto con el que están conectadas al ventilador, con lo que se consigue una captación eficaz de los humos (Espinoza, 2014).



**Figura 1.2.** Campana de extracción localizada  
(Velas y Suarez, 2015)

Las campanas de extractoras son dispositivos que sirven para la captación y evacuación de humos, gases y vapores de cualquier origen. Son usadas para evitar la acumulación de gases nocivos, tóxicos u olores desagradables que tienen la capacidad de generar afectaciones a los usuarios que se encuentren en contacto con dichos gases. Según la aplicación a la que se desee implementar pueden variar el tipo, dimensión y características. Para el ámbito industrial con mención en la metalmecánica las campanas de mayor utilidad son las de techo y de abertura plana, la principal diferencia entre ambas, es que la de tipo techo se coloca en la parte superior del foco del contaminante y al ser de una mayor dimensión tiene la capacidad de captar los contaminantes de más de un foco de contaminación a la vez (Sierra, 2015).

### **1.3 AFECCIONES A LA SALUD PROVOCADOS POR EL PROCESO DE SOLDADURA**

Como se indicó en el apartado 1.2.1 se ha determinado que uno de los riesgos que genera más daño a la salud es la inhalación del material particulado. Asimismo, se reveló que el 10-15 % de los casos de asma en los países industrializados se debe a los gases producto del proceso de soldadura.

#### **1.3.1 EFECTOS A LA SALUD A CORTO PLAZO**

Bernaola (2012) detalla que la exposición a gases metálicos (tales como cinc, magnesio, cobre, y óxido de cobre) pueden causar la denominada fiebre de los humos metálicos. Los síntomas de la fiebre de los humos metálicos pueden ocurrir de 4 a 12 h después de su exposición, puede incluir escalofríos, sed, fiebre, dolores musculares, dolor en el pecho, tos, dificultad para respirar, cansancio, náusea y un sabor metálico en la boca.

El humo de la soldadura también puede irritar los ojos, la nariz, el pecho y las vías respiratorias; y causar tos, dificultad para respirar, falta de aliento, bronquitis, edema pulmonar y neumonitis. Efectos gastrointestinales, tales como náusea, pérdida de apetito, vómitos, calambres y digestión lenta también han sido asociados con el humo de la soldadura (Bernaola, 2012).

Los rayos ultravioletas que son despedidos al momento de soldar también pueden reaccionar con disolventes de hidrocarburos clorados para formar gas fosgeno. Incluso una cantidad muy pequeña de fosgeno puede ser mortal. Los primeros síntomas de la exposición, tal como mareos, escalofríos y tos, usualmente tardan de cinco a seis horas en aparecer. Por seguridad, se recomienda que la soldadura al arco eléctrico nunca se realice a una distancia menor a 6 m del depósito de disolventes o equipo para quitar grasa (Bernaola, 2012)

#### **1.3.2 EFECTOS A LA SALUD A LARGO PLAZO**

Los estudios de Castillo (2011), han llegado a la conclusión que los soldadores tienen un mayor riesgo de cáncer del pulmón y posiblemente cáncer de la laringe y de las vías urinarias.

Estos resultados no son sorprendentes en vista de las grandes cantidades de sustancias tóxicas en el humo de la soldadura, ya que estos humos incluyen a los agentes causantes de cáncer, tales como el cadmio, níquel, berilio, cromo y arsénico. Otros problemas de salud que al parecer están relacionados con la soldadura incluyen: enfermedades del corazón, de la piel, pérdida de audición, gastritis crónica, gastro duodenitis y úlceras del estómago e intestino delgado.

Los soldados también pueden experimentar problemas respiratorios crónicos, incluyendo bronquitis, asma, neumonía, enfisema, neumoconiosis, capacidad disminuida de los pulmones, silicosis y siderosis, las cuales son enfermedades relacionadas con la inhalación de polvos contaminados (Benitez y Salazar, 2018).



## **2 PARTE EXPERIMENTAL**

El taller de soldadura perteneciente a la carrera de Mecánica Industrial del Instituto Superior Tecnológico Tsáchila es considerado un espacio destinado a las prácticas y desarrollo de trabajos y proyectos de investigación y desarrollo e innovación (I+D+i) referentes a soldadura de metales y no metales. En la malla curricular de la carrera de mecánica industrial vigente hasta el periodo II-2022, la asignatura de “soldadura” posee un total de 180 horas académicas por cada periodo académico; los cuales se dividen en 72 horas para el componente práctico y 72 horas para el componente docente (al ser un instituto de formación técnica y tecnológica ambos componentes son desarrollados en su totalidad dentro del taller de soldadura, según la distribución del plan de carrera vigente), dejando únicamente el componente autónomo con un total de 36 horas académicas, que son destinadas para el componente teórico de la asignatura, horas no son impartidas dentro del taller de soldadura.

Con el propósito de alcanzar los objetivos propuestos en esta investigación, la misma se orientó bajo el enfoque de proyecto factible, el cual, “consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales; asimismo, puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos”. (Domínguez Granda, 2016)

De esta manera, este tipo de proyectos implica las etapas de diagnóstico, planteamiento y fundamentación de la propuesta, el procedimiento metodológico, las actividades y los recursos necesarios para su ejecución, el análisis y las conclusiones sobre la viabilidad y realización del proyecto; y en caso de su desarrollo, la ejecución de la propuesta y la evaluación tanto del proceso como de sus resultados (Domínguez Granda, 2016). En tal sentido, se plantearon las siguientes fases de desarrollo:

### **2.1 ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE RIESGO EN EL PROCESO DE SOLDADURA DEL TALLER ACADÉMICO**

Se realiza la identificación de los peligros y valoración cualitativa de los riesgos en seguridad y salud ocupacional de acuerdo con el procedimiento establecido en la norma GTC-45, en los procesos, lugares, actividades, tareas y población académica expuesta. Se

clasifican las tareas y actividades en función del proceso, procedimientos usados, manipulación de cargas, manejo de equipos y herramientas.

Posteriormente se identifican de manera general los peligros existentes de toda naturaleza (mecánicos, físicos, químicos, ergonómicos), y en especial, los asociados al material particulado generado durante el proceso de soldadura. Para ello se los clasifica según el daño que se puedan causar, junto al efecto que ocasiona el mismo. Se realiza la valoración de los riesgos a fin de identificar los tipos de controles existentes, ya sea en la fuente, medio o individuo, para así valorar cualitativamente el riesgo aplicando los criterios de aceptabilidad, para lograr una correcta evaluación de los riesgos encontrados en función de los niveles de probabilidad, consecuencia, deficiencia y exposición.

Para la identificación de los factores de riesgo, se utiliza la matriz propuesta en la Guía Técnica Colombiana GTC-45, se consideró un promedio de 60 estudiantes por cada periodo académico, según el historial de matriculación. Los riesgos fueron ponderados en base a los niveles de deficiencia (ND) que se muestran a continuación en la Tabla 2.1.

**Tabla 2.1.** Identificación de los factores de riesgo y determinación del nivel de deficiencia

Nivel de deficiencia	Valor de ND	Significado
Muy Alto (MA)	10	Se ha(n) detectado peligro(s) que determina(n) como posible la generación de incidentes o consecuencias muy significativas, o la eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes respecto al riesgo es nula o no existe, o ambos.
Alto (A)	6	Se ha(n) detectado algún(os) peligro(s) que pueden dar lugar a consecuencias significativa(s), o la eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes es baja, o ambos.
Medio (M)	2	Se han detectado peligros que pueden dar lugar a consecuencias poco significativas o de menor importancia, o la eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes es moderada, o ambos.
Bajo (B)	No se asigna valor	No se ha detectado consecuencia alguna, o la eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes es alta, o ambos. El riesgo está controlado. Estos peligros se clasifican directamente en el nivel de riesgo y de intervención cuatro (IV)

La identificación de los factores de riesgo asociados al nivel de exposición (NE) se determinó con base en lo expuesto en la Tabla 2.2.

En la Tabla 2.3 se describen los factores de riesgo asociados al nivel de probabilidad (NP), calculados en consideración a lo expuesto en las Tablas 2.1-2.2. Este nivel NP es interpretado según lo expuesto en la Tabla 2.4.

**Tabla 2.2.** Identificación de los factores de riesgo y determinación del nivel de exposición

<b>Nivel de exposición</b>	<b>Valor de NE</b>	<b>Significado</b>
Continua (EC)	4	La situación de exposición se presenta sin interrupción o varias veces con tiempo prolongado durante la jornada laboral.
Frecuente (EF)	3	La situación de exposición se presenta varias veces durante la jornada laboral por tiempos cortos.
Ocasional (EO)	2	La situación de exposición se presenta alguna vez durante la jornada laboral y por un periodo de tiempo corto.
Esporádica (EE)	1	La situación de exposición se presenta de manera eventual.

(ICONTEC, 2012)

**Tabla 2.3.** Identificación de los factores de riesgo y determinación del nivel de probabilidad

<b>Niveles de probabilidad</b>		<b>Nivel de exposición (NE)</b>			
		<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>Nivel de deficiencia (ND)</b>	<b>10</b>	40	30	20	10
	<b>6</b>	24	18	12	6
	<b>2</b>	8	6	4	2

(ICONTEC, 2012)

**Tabla 2.4.** Identificación de los factores de riesgo. Interpretación de los niveles de probabilidad

<b>Nivel de probabilidad</b>	<b>Valor de NP</b>	<b>Significado</b>
Muy Alto (MA)	Entre 40 y 24	Situación deficiente con exposición continua, o muy deficiente con exposición frecuente. Normalmente la materialización del riesgo ocurre con frecuencia.
Alto (A)	Entre 20 y 10	Situación deficiente con exposición frecuente u ocasional, o bien situación muy deficiente con exposición ocasional o esporádica. La materialización del riesgo es posible que suceda varias veces en la vida laboral.
Medio (M)	Entre 8 y 6	Situación deficiente con exposición esporádica, o bien situación mejorable con exposición continuada o frecuente. Es posible que suceda el daño alguna vez.
Bajo (B)	Entre 4 y 2	Situación mejorable con exposición ocasional o esporádica, o situación sin anomalía destacable con cualquier nivel de exposición. No es esperable que se materialice el riesgo, aunque puede ser concebible.

(ICONTEC, 2012)

Para la identificación de los factores de riesgo asociados al nivel de consecuencia (NC) se determinó en base a lo expuesto en la Tabla 2.5. En la Tabla 2.6 se describe la determinación del nivel de riesgo asociados al nivel de riesgo y de intervención (NR), calculados en consideración a lo expuesto en las Tablas 2.3-2.5. Este nivel NR es interpretado según lo expuesto en la Tabla 2.7. Con la evaluación de riesgos culminada, se logró identificar la aceptabilidad del riesgo mediante la Tabla 2.8.

**Tabla 2.5.** Identificación de los factores de riesgo y determinación nivel de consecuencia

<b>Nivel de consecuencias</b>	<b>NC</b>	<b>Significado daños personales</b>
Mortal o Catastrófico (M)	100	Muerte(s)
Muy grave (MG)	60	Lesiones o enfermedades graves irreparables (Incapacidad permanente parcial o invalidez).
Grave (G)	25	Lesiones o enfermedades con incapacidad laboral temporal.
Leve (L)	10	Lesiones o enfermedades que no requieren incapacidad.

(ICONTEC, 2012)

**Tabla 2.6.** Identificación de los factores de riesgo y determinación de nivel de riesgo

Nivel de riesgo y de intervención		Nivel de probabilidad (NP)			
		40 – 24	20 – 10	8 – 6	4 – 2
Nivel de consecuencias (NC)	100	I 4 000 - 2 400	I 2 000 – 1 000	I 800 - 600	II 400 - 200
	60	I 2 400 -1 440	I 1 200 - 600	II 480 - 360	II 240 III 120
	25	I 1 000 - 600	II 500 - 250	II 200 - 150	III 100 - 50
	10	II 400 - 240	II 200 III 100	III 80 - 60	III 40 IV 20

(ICONTEC, 2012)

**Tabla 2.7.** Identificación de los factores de riesgo y significado del nivel de riesgo

Nivel de riesgo	Valor de NR	Significado
I	4 000 - 600	Situación crítica. Suspender actividades hasta que el riesgo esté bajo control. Intervención urgente.
II	500 - 150	Corregir y adoptar medidas de control de inmediato
III	120 - 40	Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad.
IV	20	Mantener las medidas de control existentes, pero se deberían considerar soluciones o mejoras y se deben hacer comprobaciones periódicas para asegurar que el riesgo aún es aceptable.

(ICONTEC, 2012)

**Tabla 2.8.** Identificación de los factores de riesgo y aceptabilidad del riesgo

Nivel de riesgo	Significado
I	No aceptable
II	No aceptable o aceptable con control específico
III	Mejorable
IV	Aceptable

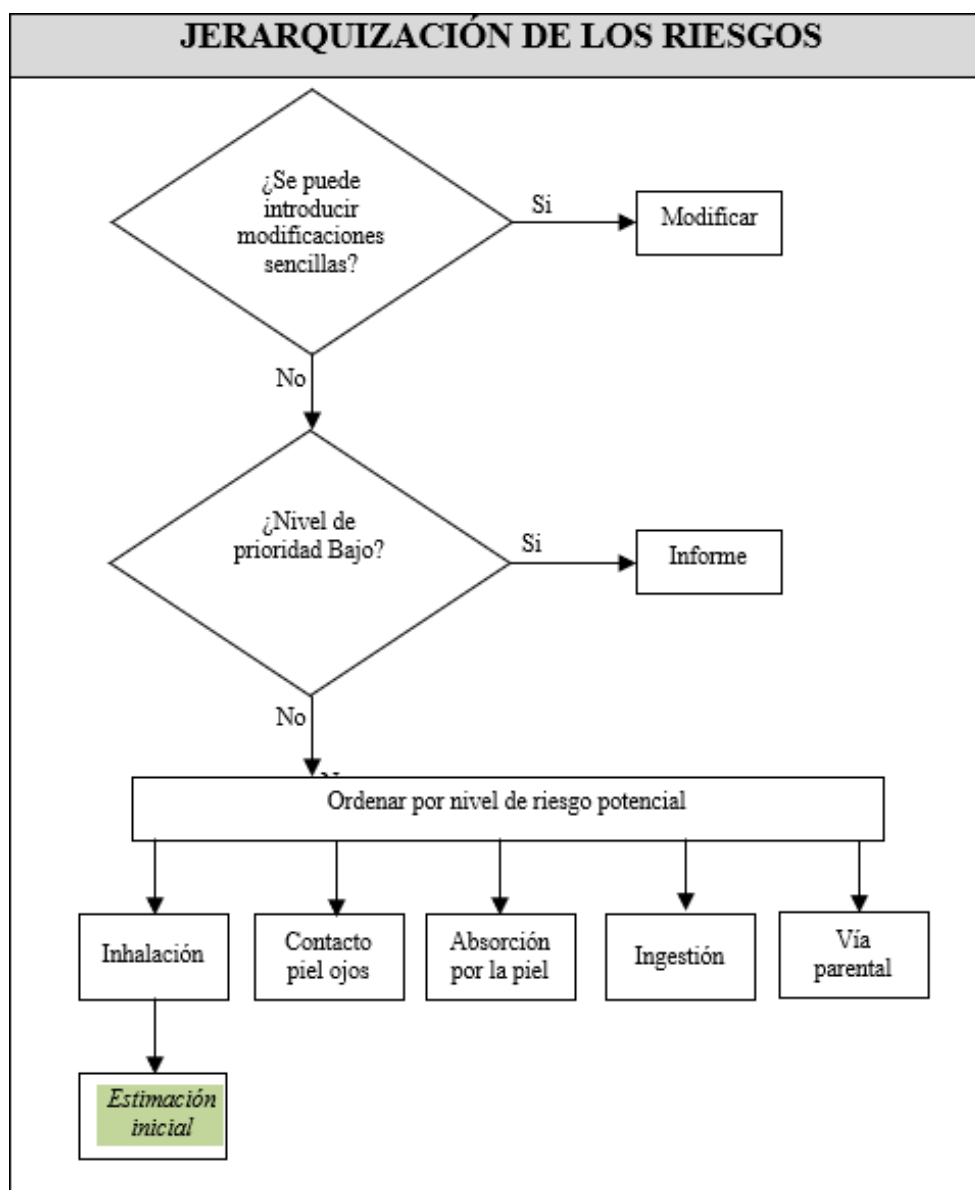
(ICONTEC, 2012)

## **2.2 DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE LOS RIESGOS DE EXPOSICIÓN A MATERIAL PARTICULADO**

La determinación de material particulado existente en el área de soldadura se realiza mediante el método de toma de muestras y análisis MTA/MA-014/A11, el cual describe el procedimiento a seguir y el equipo necesario para la determinación gravimétrica del contaminante químico suspendido en el aire de los lugares de trabajo que se desean evaluar. Este método se puede aplicar en todo tipo de material particulado que requiera una determinación gravimétrica, según la norma UNE 81599, que incluye los humos de soldadura. El equipo que se utiliza capta una o varias de las fracciones de aerosol que se definen en la norma UNE-EN 481-482 y debe cumplir los requisitos de la norma UNE-EN 13205 y el documento técnico CEN/TR 15230.

Finalmente se utiliza el criterio de la norma UNE-EN 689: Exposición en el lugar de trabajo. Medición de la exposición por inhalación de agentes químicos, para la determinación del tiempo de muestreo durante la jornada de trabajo. Al conocer el valor obtenido de la concentración de los gases y al compararlo con el valor límite establecido para dicho compuesto químico, se puede llegar a la conclusión de que exista una exposición aceptable, exposición inaceptable o una situación de no decisión (INSHT, 2010).

A continuación, en la Figura 2.1 se detalla el diagrama de flujo que describe el método de jerarquización de riesgos, con base en la norma INSHT.



**Figura 2.1.** Jerarquización de riesgos existentes

### 2.2.1 EQUIPO DE MEDICIÓN

Se utilizó el monitor de gases múltiples MX6 iBRID de la nueva generación de equipos de la casa comercial Industrial Scientific Corporation, para los instrumentos de supervisión de múltiples gases, manuales y acoplables. Este equipo dispone de bomba de succión, incluye hasta cinco sensores con compensación de temperatura para controlar hasta seis gases ambientales, en todo el intervalo de temperatura del instrumento. La opción de sensor PID determina 116 compuestos orgánicos distintos. Cuenta con alarmas visuales STEL, TWA, monitor LCD de lectura directa, puerto de comunicaciones IR y software para descarga de distintas sesiones y eventos simultáneos. De esta forma, cumple con normativas UNE-EN

60079, UEN-EN 50303, UEN-EN 50271, en la Tabla 2.9 se puede visualizar una imagen del equipo y se detallan las características técnicas del mismo.

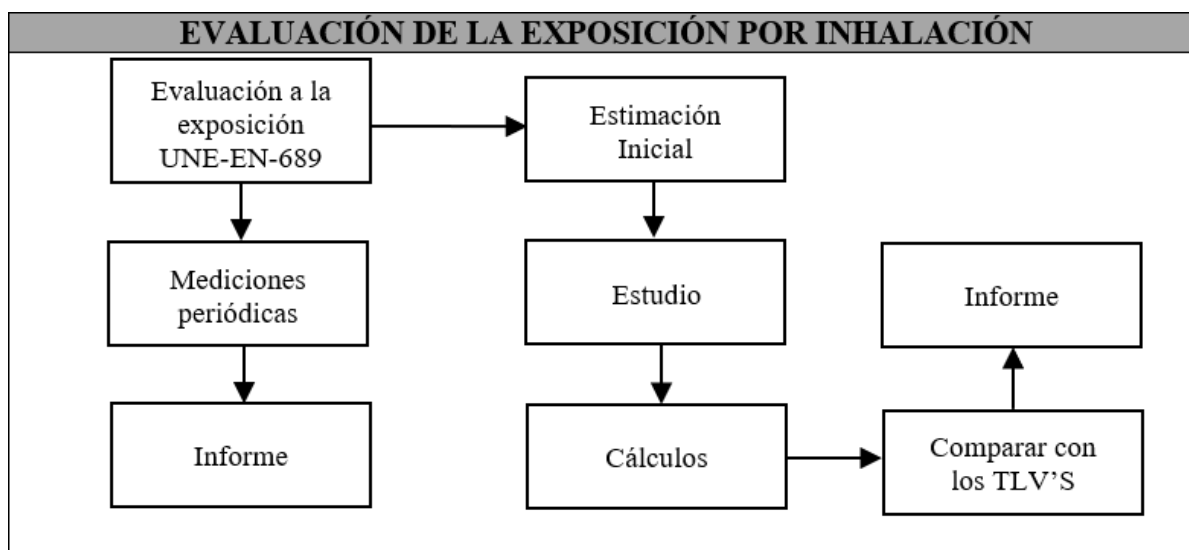
**Tabla 2.9.** Características del equipo medidor de gas múltiple MX6 iBRID

Equipo medidor de gas múltiple MX6 iBRID (Industrial Scientific Corporation)	
	
Ítem	Característica
Tipo de batería	Placa de sensor
SN del SENSOR	01002892
Número de serie	1306GCT-2KU
Gas de calibración:	ISOBUTILENO 10 ppm
Fabricante	Industrial Scientific
Número de serie:	130935W-001
Tipo:	MX6 iBrid
Intervalo de calibración:	90 días
Intervalo de registro:	10 s
Base de tiempo TWA:	8 h
Oxígeno	0 ... 30 % volumen
Monóxido de carbono	0 ... 1 500 ppm
Sulfuro de hidrógeno	0 ... 500 ppm
Fosfina	0 ... 10 ppm
Modo pantalla:	Modo gráfico

## 2.2.2 TIPO DE EVALUACIÓN

En la Figura 2.2 se detalla el diagrama de flujo que describe la forma de evaluación y preparación del equipo de muestreo. La evaluación por inhalación se determinó según UNE-EN 689, la cual establece (Sección 5.8) que se debe verificar que la exposición sea: por inhalación, comparable con un valor límite (VL) de larga duración y sea repetitiva.





**Figura 2.2.** Diagrama de procesos de la evaluación de la exposición por inhalación de gases

### 2.2.3 CONDICIONES DE MEDIDA

Al ser todos los estudiantes practicantes de la asignatura y al realizar una misma actividad, se ha considerado trabajar con todo el grupo, como un solo grupo de exposición homogénea (GEH), acatando la recomendación que realiza el INSHT en su norma: “Riesgo químico. Sistemática para la evaluación higiénica” (INSHT, 2010).

El tiempo de muestreo de elementos contaminantes está determinado por el método de toma de muestra y análisis de elementos. Cuando no exista variación significativa de la concentración de elementos contaminantes durante un determinado tiempo, no será necesario muestrear todo el período. De acuerdo con la Norma UNE-EN 689, en este caso bastaría con muestrear el 25 % del periodo de exposición. Cuando el tiempo del período completo de exposición, durante una jornada de trabajo, es menor que la duración del muestreo, el número mínimo de muestras a tomar puede variar en función del tipo de muestreo y del grado de confianza que se requiere para determinar la exposición (INSHT, 2010).

En nuestro caso de estudio se determinó el tiempo de duración de la muestra a período completo de 180 min (3 horas académicas de clase) con una muestra única, al ser un grupo de exposición homogénea, según establece el INSHT (2010). Según la norma NTP 553, se deben tomar registros (muestras) de los elementos contaminantes mínimo cada 300 s (5 min),

ya que el equipo medidor de gas múltiple MX6 iBRID utiliza un sistema de lectura directa en medición puntual.

A continuación, en la Tabla 2.10 se resume y detalla todos los datos, normas, condiciones y demás factores que intervinieron en la medición cuantitativa del material particulado.

**Tabla 2.10.** Especificaciones de las mediciones

ÁREA	Contaminante	Norma muestreo	Norma del equipo	Tiempo medición (min)	Técnica
Soldadura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fosfina (PH<sub>3</sub>),</li> <li>• Monóxido de carbono (CO),</li> <li>• Sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) oxígeno (O<sub>2</sub>)</li> </ul>	UNE-EN 482 (requisitos) UNE-EN 689 (evaluación) NIOSH 2004 NTP 553	EN 60079-0: 2009 EN 60079-1: 2007 EN 60079-11: 2007 EN 60079-26: 2007 EN 50303: 2000 EN 50271: 2001	Lo que dura la tarea	Sensor de foto ionización (PID)
<b>Muestreo</b>			<b>Mediciones</b>		
<b>Sampler</b>	Por puesto		<b>Replicas</b>	3	
<b>Condiciones</b>	Críticas de mayor carga de trabajo y temperatura		<b>Descarga datos</b>	Software Industrial Scientific Accessory 8.5.1.2.	
<b>Cálculos</b>	Parámetros ACGIH (TLV'S)		<b>Ambiente</b>	Interno	
<b>Número de muestras</b>	Toda la tarea cada 10 s		<b>Repetición de tarea</b>	No, condiciones reales.	

## 2.2.4 CÁLCULO DE EXPOSICIÓN

Con los datos obtenidos del equipo medidor de gas múltiple MX6 iBRID, se calcula la concentración promedio del puesto de trabajo, con la Ecuación 2.1:

$$C = \frac{Ci * ti}{\sum_{i=1}^{i=\infty} ti} \quad [2.1]$$

donde:

$C$  : concentración promedio de nuestro puesto de trabajo

$Ci$  : concentración de la exposición laboral en el tiempo  $ti$

$ti$  : tiempo de exposición asociado, en horas

$\Sigma ti$  : sería la duración de la jornada en horas, que puede ser inferior, igual o superior a 8 h

Como paso siguiente se calcula la concentración de exposición diaria, con la Ecuación 2.2:

$$C_8 = \frac{\sum_{i=1}^{i=\infty} C * ti}{8} \quad [2.2]$$

donde:

$C_8$  : concentración de exposición diaria

$C$  : concentración promedio de nuestro puesto de trabajo

$ti$  : tiempo de exposición asociado en horas

8 : horas totales de una jornada de trabajo

Para culminar, se determina el valor de la dosis de la concentración, con la Ecuación 2.3:

$$D = \frac{C_8}{TLV - TWA} \quad [2.3]$$

donde:

$D$  : valor de la dosis de la concentración

$C_8$  : concentración de exposición diaria

$TLV - TWA$  : valor limite umbral - medida ponderada en el tiempo

Se repitieron por triplicado las medidas y los cálculos para cada elemento químico contaminante analizado, con los resultados se determinaron las dosis finales, a las que están expuestos durante un período de exposición los estudiantes y docentes en el taller de soldadura del Instituto Superior Tecnológico Tsáchila.

## **2.3 DETERMINACIÓN DE UN PROGRAMA DE ACTUACIÓN EN LA FUENTE, MEDIO Y RECEPTOR EN EL PROCESO DE SOLDADURA**

Una vez realizada la evaluación cuantitativa de los riesgos existentes se procede con la determinación de las medidas de control, para disminuir la exposición de material particulado en el área de soldadura de acuerdo con los criterios establecidos en la norma ANSI Z49.1:2012, la cual nos indica la seguridad que se debe tener en los procesos de soldadura, corte y afines.

En la fuente, se actuará con la propuesta de analizar los aspectos de seguridad de la norma ANSI Z49.1, para identificar los requerimientos necesarios que debe tener un taller de soldadura, para salvaguardar la salud e integridad de los usuarios del taller.

En el medio, se actuará con una propuesta de medida ingenieril basada en el diseño de una campana extractora con el dimensionamiento apropiado a la realidad y dimensión del taller de soldadura del ISTT. Su diseño se basará en datos específicos sobre las dimensiones de chimenea, ángulos de inclinación, forma del canal, tipo de ventilación, entre otros. Con relación a las propiedades fisicoquímicas del humo de soldadura, para evacuar la mayor cantidad del material particulado hacia el exterior y así evitar su acumulación en el taller. Adicionalmente, se propondrán medidas administrativas cuyo principal objetivo será reducir todos los tipos de riesgos relacionados al proceso de soldadura, como el establecimiento de distancias entre puntos de suelda y señalética.

En el receptor, se seleccionará el correcto equipo de protección personal, en función del proceso de soldadura que se realiza, el tipo de material de aporte y base, con los que se trabaja en el taller del ISTT.

Las medidas de prevención y control detalladas en la presente investigación son el resultado tras analizar las condiciones de fuente, el medio y el receptor, mediante la jerarquía de control de riesgo, en la que se establece eliminar el peligro, sustituir el riesgo, controles de ingeniería, controles administrativos y equipos de protección personal, (ISO, 2018).

### **2.3.1 EN LA FUENTE**

Se analiza los siguientes apartados de la norma ANSI Z49.1:2012, con la finalidad de mitigar los riesgos existentes en la fuente:

- Configuración e instalación (Apartado 3.1)
- Responsabilidades (Apartado 3.2)
- Protección del personal y del área general (Apartado 4.1)
- Asuntos especiales de ventilación (Apartado 5.5)

### **2.3.2 EN EL MEDIO. DISEÑO DE UNA CAMPANA EXTRACTORA**

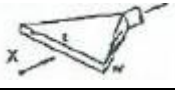

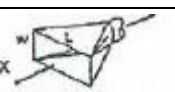


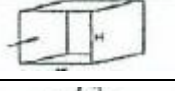


Al no contar el taller académico de soldadura del ISTT con una fuente natural de ventilación, es difícil evacuar la emanación de gases producida por los cuatro puntos de suelda existentes, por tal motivo se propone el uso de un sistema de extracción de gases mecánico.

Como establece Iza (2015), una campana extractora es el equipo que nos brinda una mejor evacuación de gases contaminantes, en tal sentido en este trabajo de investigación se propone la instalación de una campana extractora que posea las características físicas y mecánicas necesarias para garantizar la mayor captación de los gasees contaminantes generados en el medio ambiente de trabajo del taller. De esta forma, se deberá instalar un ventilador mecánico en el ducto de la chimenea de la campana, para poder generar la velocidad de aire necesaria para captar los gases y humos metálicos. A continuación, se describen los criterios de selección para la campana extractora:

#### **2.3.2.1 Caudal de extracción**

Para el cálculo del caudal de extracción se usa la Ecuación 2.4, la cual hace referencia una campana del tipo suspendida elevada, techo. La Tabla 2.11 muestra los diferentes tipos de campanas extractoras junto a la ecuación correspondiente de su caudal.

**Tabla 2.11.** Caudal en función del tipo de campana

Tipo de campana	Descripción	Relación W/L	Caudal
	Ranura	$\frac{W}{L} \leq 0.2$	$Q = 3,3 L V_c X$
	Ranura con pestaña	$\frac{W}{L} \leq 0.2$	$Q = 2,6 L V_c X$
	Abertura plana o campana simple	$\frac{W}{L} > 0.2$	$Q = V_c(10X^2 + A)$
	Abertura plana con pestaña o simple con pestaña	$\frac{W}{L} > 0.2$	$Q = 0,75 V_c(10X^2 + A)$
	Cabina		$Q = V_c A$
	<b>Suspendida elevada, techo</b>		<b><math>Q = 1,4 V_c A P H</math></b>
	Abertura plana con 2 ranuras	$\frac{W}{L} \geq 0.2$	$Q = V_c(10X^2 + A)$
	Abertura plana con pestaña ranuras	$\frac{W}{L} \geq 0.2$	$Q = 0,75 V_c(10X^2 + A)$

(Echeverri, 2011)

$$Q = 1,4 x V_c x Pm x Hc \quad [2.4]$$

Donde:

$Q$  : caudal

$V_c$  : velocidad de campana

$Pm$  : perímetro de la mesa

$Hc$  : altura de campana

La Ecuación 2.4 requiere de la velocidad de captura del aire. En la Tabla 2.12 se pueden apreciar los límites de la velocidad que se pueden utilizar para los respectivos cálculos. Adicionalmente, se debe calcular el perímetro de la mesa y la altura de campana, dichos valores se calculan con las Ecuaciones 2.5 y 2.6, respectivamente.

**Tabla 2.12.** Velocidad de captura del aire

Condiciones de dispersión del contaminante	Ejemplos	$V_c$ m/s	$V_c$ fpm
Liberado prácticamente sin velocidad en aire tranquilo.	Procesos de gases y vapores. Evaporación desde depósitos; desengrase, galvanoplastia, entre otros.	0,50	100
Liberado a baja velocidad en aire moderadamente tranquilo	Cabinas de pintura; llenado intermitente de tanque; soldadura; recubrimientos superficiales (baños electrolíticos); decapado; pasivado.	0,50-1,00	100-200
Generación activa en una zona de rápido movimiento de aire	Aplicación de pintura con pistola; llenado de recipientes; carga de cintas transportadoras; trituración.	1,00-2,50	200-500
Liberado con alta velocidad inicial en zona de movimiento muy rápido del aire	Pulido, operaciones de abrasión en general; desmolde en fundiciones; esmerilado.	2,50-10,0	500-2 000

(Hygienist, 2007)

Para determinar el caudal de la campana extractora es necesario determinar los valores del  $Pm$  y  $Hc$ , a partir de las Ecuaciones 2.5 y 2.6 se usan, respectivamente:

$$Pm = 2L + 2W \quad [2.5]$$

Donde:

$L$ : longitud de mesa

$W$ : ancho de mesa

$$Hc = H_{total} - Hm \quad [2.6]$$

Donde:

$H_{total}$ : altura campana - suelo

$Hm$ : altura mesa

### 2.3.2.2 Dimensiones de la campana

Conocido el largo y ancho de la mesa de trabajo, se procede a calcular el largo y ancho de la campana extractora. Se debe realizar un sobredimensionamiento con relación a la mesa de trabajo, que tiene relación de aumento en 0,4 con respecto a la altura en donde se ubica la campana.

Para el dimensionamiento de la longitud campana se utiliza la Ecuación 2.7 que se describe a continuación:

$$Lc = Lm + 2 \times 0,4 \times Hc \quad [2.7]$$

Donde:

$Lc$  : longitud de campana

$Lm$  : longitud mesa

$Hc$  : altura campana

Para dimensionar el ancho de la campana se utiliza la Ecuación 2.8 que se describe a continuación:

$$Wc = Wm + 2 \times 0,4 \times Hc \quad [2.8]$$

Donde:

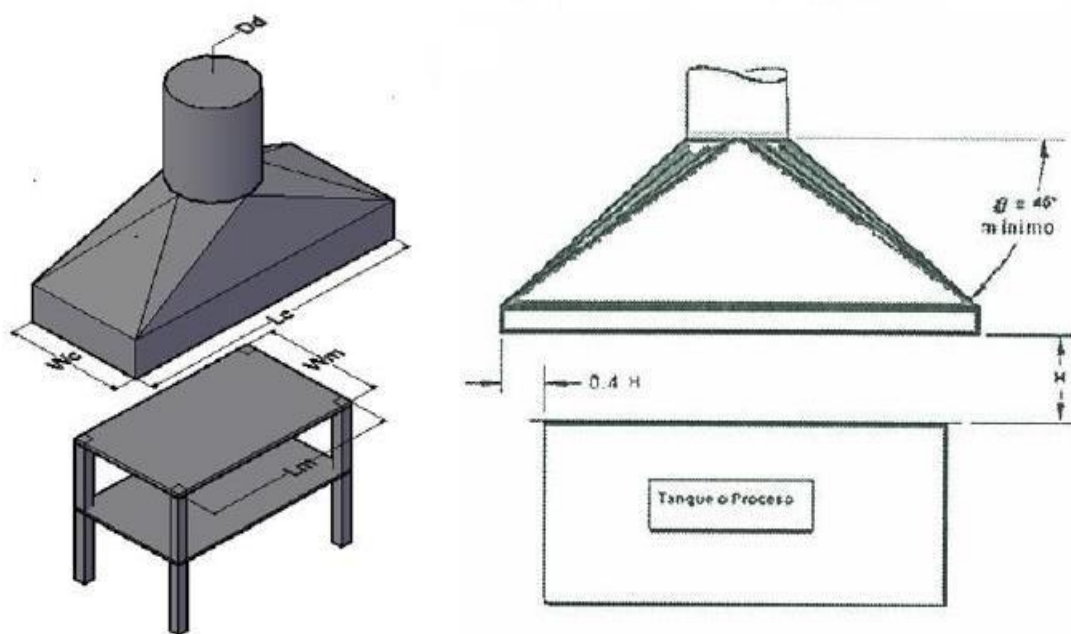
$Wc$  : ancho campana

$Wm$  : ancho mesa

$Hc$  : altura campana

En la Figura 2.3 se puede apreciar, como ejemplo, la vista isométrica y la vista lateral de una campana tipo suspendida elevada, techo, que se encuentra ubicada sobre la mesa de trabajo, en donde se puede apreciar el sobre dimensionamiento existente con relación a la mesa de trabajo.





**Figura 2.3.** Vistas de una campana tipo techo  
(Aguilar, 2015)

### 2.3.2.2 Determinación del diámetro del ducto

Una vez que se determina el dimensionamiento de largo y ancho de la campana, se prosigue a determinar el diámetro del ducto, para ello primero se calcula el área del ducto con la ayuda de la velocidad del aire del ducto. A continuación, en la Tabla 2.13 se puede observar la velocidad sugerida que se debe mantener dentro del ducto en función del contaminante que se desea evacuar.

**Tabla 2.13.** Velocidad del del aire del ducto

Naturaleza del contaminante	Ejemplos	$V_c$ M/S	$V_c$ FPM
Vapores, gases, humos de combustión	Todos los vapores, gases, humos y nieblas	10	2 000
Humos de soldadura	Soldadura	10-15	2 000-2 500
Partículas (polvo) muy finas y ligeras	Partículas (hilos) de algodón, aserrín, polvo de talco	12,5-5	2 500-3 000

Partículas (polvos) finas y secas	Partículas (polvo) fino de caucho, baquelita, algodón, virutas (ligeras), detergente, cuero.	15-20	3 000-4 000
Partículas industriales	Partículas de café, cuero, sílice, ladrillo, arcilla, fundiciones, caliza, materiales pulverulentos.	18-20	3 500-4 000
Partículas (polvos) Pesadas	Partículas de viruta metálica, moldes de fundición, madera, arena, virutas de latón polvo de plomo.	20-23	4 000-4 500
Partículas (polvo) Pesadas y húmedas	Polvo de plomo con pequeños pedazos, polvo de cemento húmedo, hilos de muela de pulir (pegajosos)	>23	> 4 500

(Hygienist, 2007)

Una vez determinada la velocidad que existirá dentro del ducto, con la Ecuación 2.9 se determina el área del ducto, junto con el caudal del ducto que se calculó con la Ecuación 2.4. Con ello se puede hacer uso de la Ecuación 2.10, con la cual se calcula el diámetro final del ducto por donde se evacuarán los gases de soldadura.

$$A_D = \frac{Q_D}{V_D} \quad [2.9]$$

Donde:

$A_D$ : área del ducto

$Q_D$ : caudal del ducto

$V_D$ : velocidad del ducto

$$D_D = \sqrt{\frac{4 A_D}{\pi}} \quad [2.10]$$

Donde:

$D_D$  : diámetro del ducto

$A_D$  : área del ducto

### 2.3.2.3 Dimensiones de la sección piramidal

A continuación, se muestra la Figura 2.4 en donde se puede visualizar la sección piramidal de una campana extractora, es decir el grado de inclinación que se tiene desde el momento de la captación hasta el ducto de evacuación de los gases. Para ello es necesario conocer la longitud y ancho de la sección piramidal, por lo cual se utilizan las ecuaciones 2.11 y 2.12, respectivamente. Para poder determinar la altura es necesario conocer la distancia que se tiene del borde al ducto, por consiguiente, se usan las ecuaciones 2.13 y 2.14, respectivamente.

$$L_{sp} = L_c \quad [2.11]$$

$$W_{sp} = W_c \quad [2.12]$$

$$X = \frac{L_{SD} - D_D}{2} \quad [2.13]$$

$$H_{SP} = X \times \tan 45^\circ \quad [2.14]$$

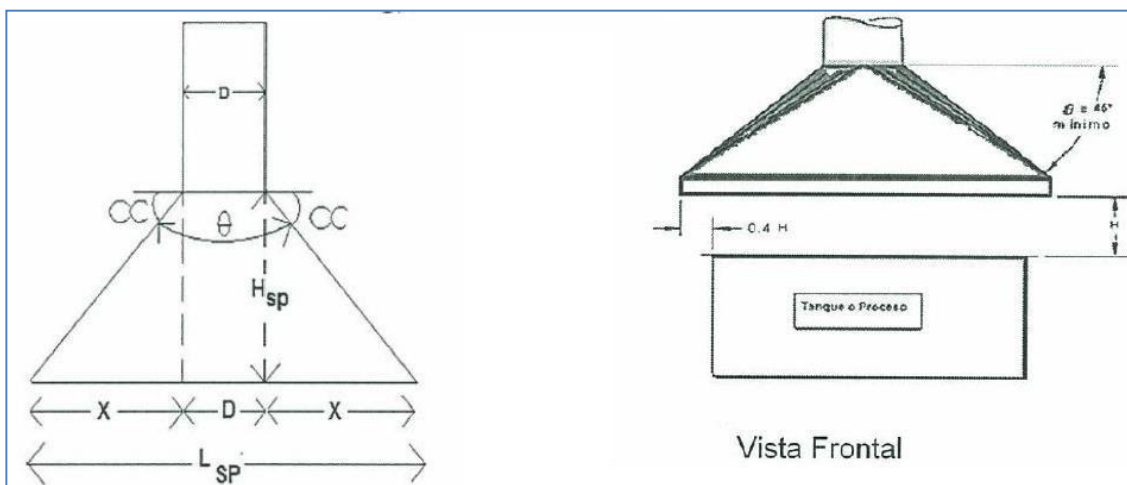
Donde:

$L_{sp}$  : longitud sección piramidal

$W_{sp}$  : ancho sección piramidal

$X$  : distancia del borde al ducto

$H_{SP}$  : altura sección piramidal



**Figura 2.4.** Vista frontal de la sección piramidal de una campana extractora del tipo suspendida elevada, techo  
(Aguilar, 2015)

### 2.3.3 EN EL RECEPTOR

Bajo las especificaciones de la norma AWS-ANSI Z49, 2012 y ANSI/ISEA Z87, 2015, se seleccionará el correcto equipo de protección personal, en función del proceso de soldadura que se realiza y el tipo de material de aporte y base, con los que se trabaja en el taller académico del ISTT.

- **Protección ocular:** En la Tabla 2.14 se visualiza un extracto de la guía de números de tonos que deben tener las pantallas de protección en función al tipo de soldadura y la corriente que se aplica al proceso de suelda.

**Tabla 2.14.** Guía de número de tono

Guía de números de tono			
Proceso	Corriente del arco (Amp)	Mínimo tono protector	Nº de tono sugerido
Soldadura por arco con electrodo metálico protegido con gas (GMAW) y soldadura por arco con núcleo de fundente. (FCAW)	Menor de 60	7	-----
	60 – 160	10	11
	160 – 250	10	12
	250 – 500	10	14
Soldadura por arco con electrodo de tungsteno protegida con gas (GTAW)	Menor de 50	8	10
	50 – 150	8	12
	150 – 500	10	14

(AWS, 2012)

- **Materiales:** Los materiales destinados para la protección facial y ocular, deben estar fabricados bajo especificaciones de la norma ANSI/ISEA Z87, 2015.
- **Ropa de protección:** La ropa de seguridad debe garantizar la protección de quemaduras al contacto con chispas generadas por la suelta, su selección debe minimizar la posibilidad de ignición o choques eléctricos.
- **Guantes:** Las protecciones de las extremidades superiores deben estar siempre en buenas condiciones, secos y deben proporcionar protección contra quemaduras y descargas de origen eléctrico. Se recomienda materiales como el caucho o cuero que presenten forros aislantes para la protección de las áreas expuestas.
- **Equipo de protección respiratoria:** “Se debe usar un equipo de protección respiratoria, cuando exista la presencia de contaminantes en el aire”, dichos dispositivos deben estar en óptimas condiciones y deben los mínimos requerimientos que establece la norma ISO 45001, 2018.

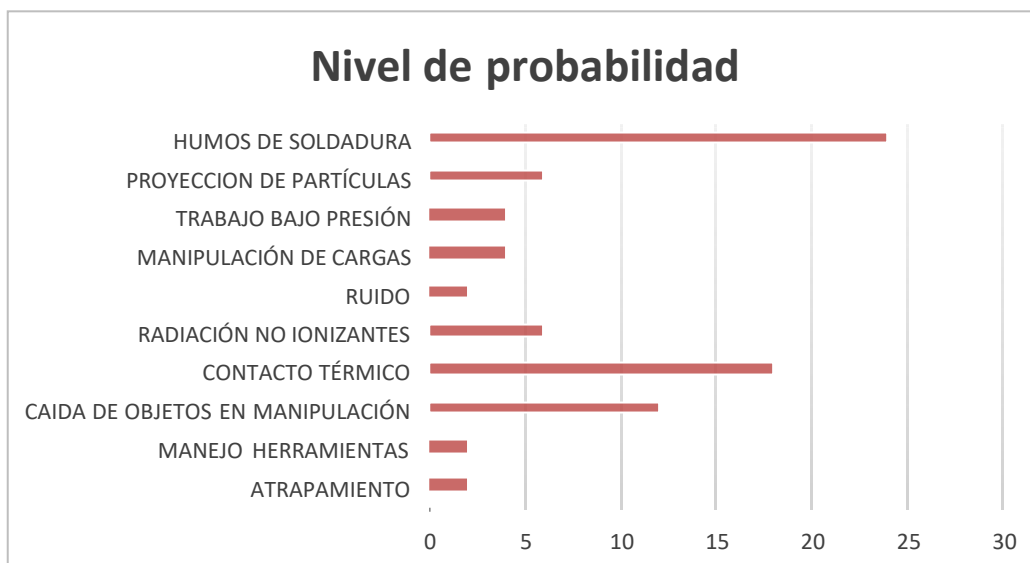
### **3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **3.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS FACTORES DE RIESGO EN EL PROCESO DE SOLDADURA**

Cuando se creó la carrera de mecánica industrial en el Instituto Superior Tecnológico Tsáchila, no se tuvo en consideración la construcción de un espacio académico de tipo taller, destinado a las prácticas de soldadura, a desarrollar en el programa de formación, que cumpliera con los requerimientos académicos, necesarios para preservar y garantizar la salud de los usuarios (estudiantes y profesores). En tal sentido, se adaptó de manera improvisada un aula académica para las actividades prácticas de soldadura, es por ello por lo que no se ha realizado una distribución adecuada de los equipos, por tal razón radica la problemática de riesgo presente en el taller académico.

Los resultados de la aplicación de la Matriz GTC-45 en el taller de soldadura se encuentran en el Anexo I. En la Figura 3.1 se pueden evidenciar la valoración correspondiente al nivel de probabilidad de cada uno de los riesgos existentes.

Como se puede observar en la Figura 3.1, el riesgo “humos de soldadura” es el que presenta el mayor nivel de probabilidad (24/40), según la norma GTC-45. El humo de soldadura puede ser catalogado con una probabilidad de riesgo “Muy Alta (MA)”, lo que significa que el taller se encuentra en una situación deficiente, con exposición continua o muy deficiente con exposición frecuente al riesgo, lo que conlleva a que normalmente la materialización del riesgo ocurra con frecuencia.



**Figura 3.1.** Identificación de los factores de riesgo y nivel de probabilidad

Los riesgos de “contacto térmico” y “caída de objetos en manipulación” alcanzaron un nivel de probabilidad de 18/40 y 12/40, respectivamente, según la norma GTC-45. El contacto térmico y la caída de objetos en manipulación puede ser catalogado con una probabilidad de riesgo “Alta (A)”, lo que significa que el taller se encuentra en una situación deficiente con exposición frecuente u ocasional, lo que conlleva a que normalmente la materialización del riesgo sea posible que suceda varias veces en la vida laboral del taller.

Los riesgos de “radiaciones no ionizantes” y “proyecciones de partículas” alcanzaron un nivel de probabilidad de 6/40, según la norma GTC-45. El contacto térmico y la caída de objetos en manipulación puede ser catalogado con una probabilidad de riesgo “Medio (M)”, lo que significa que el taller se encuentra en una situación deficiente con exposición esporádica, o bien situación mejorable con exposición continuada o frecuente, lo que conlleva a que sea posible el daño alguna vez en el taller.

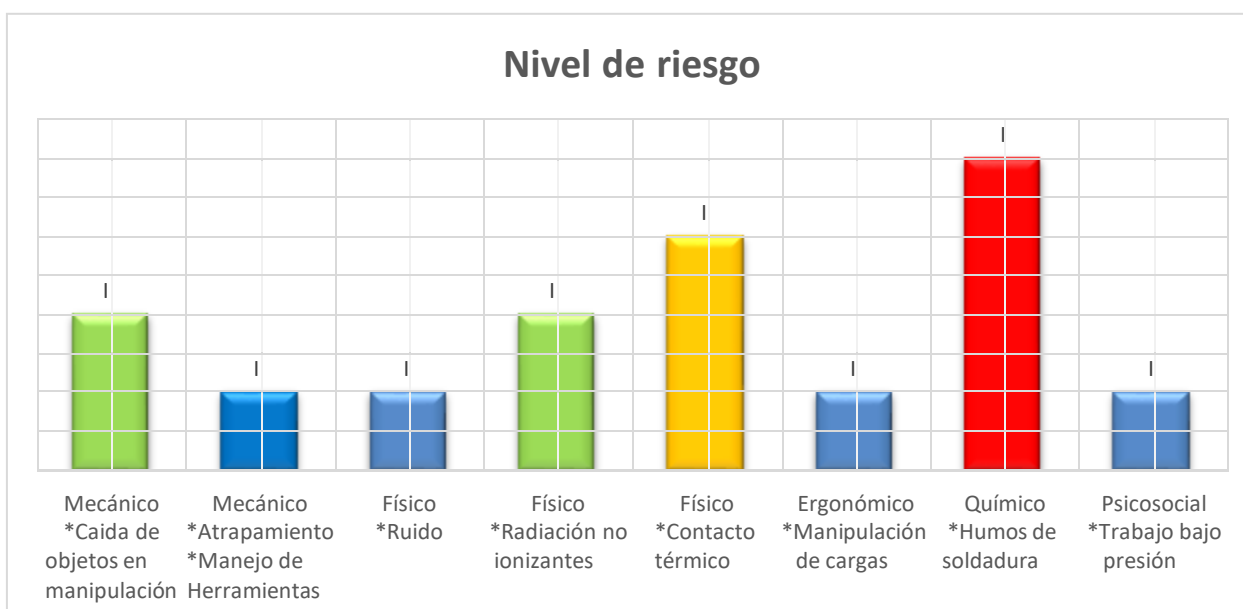
Los riesgos de “atrapamiento”, “manejo de herramientas”, “ruido”, alcanzaron un nivel de probabilidad de 2/40; mientras que los riesgos “manipulación de cargas” y “trabajo a presión”, alcanzaron un nivel de probabilidad de 4/40 en todos los casos, según la norma GTC-45. Todos estos riesgos pueden ser catalogado con una probabilidad de riesgo “Bajo (B)”, lo que significa que el taller se encuentra en una situación mejorable con exposición ocasional o esporádica, o situación sin anomalía destacable con cualquier nivel de exposición, lo que conlleva a que no se espera que se materialice el riesgo durante el período

de actividades académicas.

De acuerdo con la valoración del nivel de riesgo, detallada en la matriz GTC-45 (Anexo 1), en la Figura 3.2 se pueden apreciar de forma general los resultados obtenidos, clasificándose el nivel de riesgo del I al IV, siendo el nivel I el correspondiente a riesgos “No aceptables” y el nivel IV el correspondiente a riesgos “Aceptables”.

El riesgo químico “humos de soldadura” según el nivel probabilidad y nivel de consecuencia de riesgo, obtuvo un valor de 600, valor que según la Tabla 2.7 lo posiciona en un “nivel de riesgo I”, lo que significa que tiene una aceptabilidad de tipo “No aceptable”, por consiguiente, el taller de soldadura se encuentra en una situación crítica y según la GTC-45 se indica que se deben suspender las actividades hasta que el riesgo se reduzca o se realice una intervención urgente.

El riesgo “contacto térmico” según su nivel probabilidad y nivel de consecuencia de riesgo, obtuvo un valor de 180, valor que según la Tabla 2.7 lo posiciona en un “nivel de riesgo II”, lo que significa que tiene una aceptabilidad de tipo “Aceptable con control específico”; por consiguiente, en el taller de soldadura se deben corregir y adoptar medidas de control de inmediato para poder mitigar o reducir el riesgo.



**Figura 3.2.** Identificación de los factores de riesgo y nivel de riesgo



El riesgo “caídas de objetos en manipulación” y de “radiaciones no ionizantes” y “proyección de partículas” según su nivel probabilidad y nivel de consecuencia de riesgo, obtuvo un valor de 120 y de 60 respectivamente, valor que según la Tabla 2.7 lo posiciona en un “nivel de riesgo III”, lo que significa que tiene una aceptabilidad de tipo “Mejorable”, por consiguiente, en el taller de soldadura se debe mejorar de ser posible su gestión de riesgos, considerando conveniente justificar la intervención y su rentabilidad.

Los riesgos “atrapamiento”, “manejo de herramientas” y “ruido”, “manipulación de cargas” y “trabajo a presión”, según su nivel probabilidad y nivel de consecuencia de riesgo, obtuvieron un valor entre 20 y 40, valores que según la Tabla 2.7, se posicionan en un “nivel de riesgo IV”, lo que significa que tiene una aceptabilidad de tipo “Aceptable”, por consiguiente, en el taller de soldadura se deben mantener las medidas de control existentes, pero se debería considerar soluciones o mejoras y se deben hacer comprobaciones periódicas, para asegurar que el riesgo aún es aceptable.

Con la evaluación de riesgos culminada, mediante la Tabla 2.8. se logró identificar la aceptabilidad de los riesgos encontrados, según la Tabla 3.1 que se muestra a continuación.

**Tabla 3.1.** Aceptabilidad de los riesgos analizados

Riegos	Nivel	Aceptabilidad
Humos metálicos de soldadura	I	No aceptable
Contactos térmicos extremos	II	No aceptable o aceptable con control específico
Caídas de objetos en manipulación	III	Mejorable
Radiaciones no ionizantes		
Proyección de partículas		
Atrapamiento	IV	Aceptable
Manejo de herramientas		
Ruido		
Manipulación de cargas		
Trabajo a presión		

De acuerdo con lo visto en la Tabla 3.1 y en concordancia con lo que mencionan Benitez y Salazar (2018), la exposición a los gases de soldadura que presentan un nivel de riesgo

I, podría ser la causante de varias enfermedades de origen respiratorio, producto de la inhalación en atmósferas contaminadas, llegando a causar diversas enfermedades entre las que resalta el asma, bronquitis, silicosis, etc. Bernaola (2012) asevera que la exposición a gases metálicos es causante de diversos malestares como dificultad para respirar, cansancio, náuseas, etc., los mismos que se pueden hacer presentes entre las 4 y 12 h después de la exposición.

Por lo dispuesto en la Tabla 3.1 y por lo expuesto por Tarín (2009), las enfermedades por estrés térmico presentan un nivel de riesgo II, en el proceso de soldadura es común que se presenten los golpes de calor por el contacto directo con el arco de suelta, dando consigo que aumente la probabilidad de sufrir calambres por la pérdida de sales del cuerpo, agotamiento, deshidratación y la presencia de erupciones cutáneas.

La proyección de partículas, caídas de objetos y la exposición a radiación no ionizante, son los riesgos causantes de obtener un nivel de riesgo III, la Guía de Prevención de Riesgos en Trabajos de Soldadura presentada por el Servicio de Salud y Riesgos Laborales de Centros Educativos, asegura que la exposición a radiaciones ultravioletas generadas durante el proceso de soldadura pueden producir fotoqueratitis y foto conjuntivitis que se presentan como un fuerte dolor del cuerpo, lagrimeo, la continua exposición a estas radiaciones pueden generar afecciones permanentes e irreversibles como las cataratas de origen térmico.

Según la Tabla 3.1, los riesgos catalogados con un nivel de IV, hacen referencia al atrapamiento, manipulación de cargas, trabajo a presión y ruido, factores que según el análisis desarrollado en el programa de trabajo presentado por el Texas Department of Insurance (2010), son los causantes de generar lesiones a corto y largo plazo, las lesiones muslo esqueléticas que desarrollan con mayor frecuencia son lesiones de la espalda y hombros, tendinitis, síndrome de Raynaud (también conocido como síndrome de dedo blanco). El ruido generado durante la exposición presenta afecciones no solo del tipo físico como pérdida en la audición sino también efectos considerados como fisiológicos ya que está demostrado que la exposición continua al ruido libera catecolaminas, que aumenta la presión arterial generando afectaciones al sistema cardiovascular.

## **3.2 DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DEL RIESGO DE EXPOSICIÓN AL MATERIAL PARTICULADO**

Los resultados obtenidos de las mediciones de los gases de soldadura se muestran en el Anexo II, en éste se detallan las mediciones y los cálculos correspondientes para la determinación de las dosis, a las que se encuentran expuestos los estudiantes y docentes dentro de las instalaciones del taller académico de soldadura. Asimismo, en el Anexo III se observan las imágenes resultantes de las mediciones de las descargas de cada gas evaluado, así como también el certificado de calibración del equipo muestreador MX6 iBRID.

### **3.2.1 RESULTADOS CUANTITATIVOS DE LOS GASES PRESENTES EN LOS HUMOS DE SOLDADURA**

En la Tabla 3.2 se pueden identificar los valores de las concentraciones promedio ( $C$ ), la exposición diaria ( $C_8$ ) y la dosis de exposición ( $D$ ), obtenidos para los gases presentes en los humos de soldadura, por el equipo muestreador MX6 iBRID y las ecuaciones 2,1-2,3. Con la ayuda de las hojas de datos de seguridad (MSDS) detalladas en el Anexo IV, se puede ver el valor límite umbral - medida ponderada en el tiempo (TLV-TWA) de cada componente químico detectado en los gases, presentes en el taller académico de soldadura del ISTT.

La fosfina es el gas que presenta una mayor dosis de exposición (3,32-1,11), esto debido a que dicho compuesto tiene un TLV-TWA de 0,05-0,15 ppm, valor límite umbral - medida ponderada en el tiempo (8 h), muy bajo debido a la alta toxicidad del compuesto. Falagán (2008) manifiesta que la dosis de un compuesto químico es una medida adimensional que permite de forma cualitativa determinar la existencia o no de una sobreexposición del contaminante en cuestión. Cuando un valor de la dosis supera la unidad (valor  $\geq 1$ ) se considera que existe una sobreexposición al compuesto químico, siendo este el caso en el taller académico de soldadura del ISTT.

**Tabla 3.2.** Dosis total de exposición de gases

<b>Gas analizado</b>	<b>C Concentración promedio (ppm)</b>	<b>C<sub>8</sub> Exposición diaria</b>	<b>TLV-TWA</b>	<b>D Dosis de exposición</b>
Fosfina (PH <sub>3</sub> )	0,444	0,166	0,05-0,15	3,32-1,11
Sulfuro de hidrógeno (H <sub>2</sub> S)	0	0	0	0
Monóxido de carbono (CO)	9,55	3,581	25-50	0,143-0,07
Oxígeno (O <sub>2</sub> )	20,85	N/A	N/A	N/A

La inhalación de fosfina genera irritación del tracto respiratorio y pulmones, ocasionando un fuerte dolor en el pecho, dificultad para respirar, fatiga, dolor de cabeza y abdominal, náusea, vómito y diarrea, los síntomas pueden llegar a presentarse hasta 48 h después de la exposición al gas. Cuando la sobreexposición es repetitiva se pueden desarrollar afecciones gastrointestinales, bronquitis y anemia por la liberación de fósforo inorgánico, que ocasiona la inhalación de fosfina, de igual forma se generan daños renales, al hígado y afecciones al corazón (ATSDR, 2016).

Asimismo, en la Tabla 3.2 se puede observar que el monóxido de carbono presenta un valor de exposición diaria de 3,581, muy superior al valor de la fosfina, que se traduce en dosis de exposición baja (0,143-0,07), debido a que dicho compuesto presenta un TLV-TWA alto de 25-50 ppm, lo que resulta en una dosis de exposición tolerable, ya que su valor es considerablemente menor a la unidad y con ello se garantiza que no existe riesgo con respecto a este compuesto, según Falagán (2008). No se determinó la presencia de sulfuro de hidrógeno, por consiguiente, no se evidenció una dosis de exposición de este.

La exposición al monóxido de carbono no se da únicamente por inhalación, cuando existe un contacto ocular el monóxido de carbono puede llegar a generar quemaduras en los ojos, en la piel ocasiona irritación, pero sus efectos de mayor envergadura son por inhalación al generar asfixia a la víctima. Sus síntomas y efectos dependen de las concentraciones y su dilución en el ambiente contaminado, así como también de la duración de la exposición (ATSDR, 2016).

### 3.2.2 RESULTADOS GLOBALES

En vista de que mediante la inhalación ingresan al cuerpo humano, de forma directa, todos los compuestos químicos presentes en la atmósfera que lo rodea y al existir más de un gas presente en el ambiente, la dosis global a la que se encuentran expuestos los usuarios del taller académico de soldadura, es el resultado de la mezcla de todos los gases presentes, para ello se determinó la dosis total más desfavorable, resultante de la sumatoria de las dosis parciales de cada gas determinado en los humos de soldadura, así como se señala en la Tabla 3.2.

**Tabla 3.2.** Dosis total de exposición

Puesto	Dosis de fosfina (PH <sub>3</sub> )	Dosis de sulfurode hidrógeno (H <sub>2</sub> S)	Dosis de monóxido de carbono (CO)	Dosis total
<i>Soldadura</i>	3,32	0.00	0,143	<b>3,463</b>

Como lo demostró Falagán (2008), el valor de dosis total de los gases presentes en el humo de soldadura (3,463) supera notablemente la unidad (valor  $\geq 1$ ), por consiguiente, se considera que existe una sobreexposición a los compuestos químicos presentes. Resultados que son consistentes con el “nivel de riesgo I”, con aceptabilidad de tipo “No aceptable”, descrito en el apartado 3.1. Factor que corrobora que el taller de soldadura se encuentra en una situación crítica y, según la GTC-45 se indica que se deben suspender las actividades hasta que el riesgo se reduzca o se realice una intervención urgente.

### 3.3 PROGRAMA DE ACTUACIÓN EN LA FUENTE, MEDIO Y RECEPTOR

Para dar cumplimiento a lo expuesto por el estándar AWS-ANSI Z49.1:2012, se procede a detallar las siguientes propuestas de actuación, para mitigar los riesgos determinados en los apartados 3.1 y 3.2. En este apartado se presenta la propuesta de un programa de actuación en la fuente, medio y receptor, con el objeto de disminuir el riesgo de inhalación de material particulado en el proceso de soldadura, llevándolo a valores límites de riesgo aceptables.

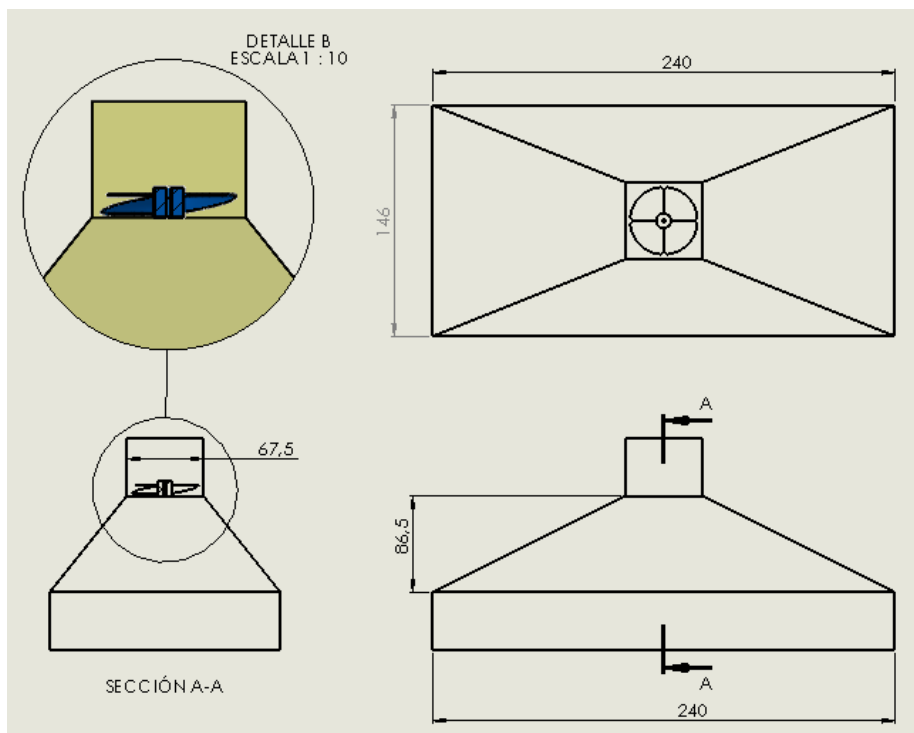
### 3.3.1 MEDIDAS EN LA FUENTE

- **Responsabilidades:** El taller de soldadura podrá ser abierto únicamente por el docente a cargo, se prohíbe estrictamente que permanezcan estudiantes dentro del taller sin la supervisión del docente responsable.
- **Mantenimiento de equipos y condiciones de trabajo:** Se debe garantizar el óptimo funcionamiento de todo el equipo de suelda, mediante la elaboración y puesta en práctica de un plan de mantenimiento preventivo y correctivo. Para ello se deben realizar inspecciones periódicas y brindar soporte y mantenimiento a las maquinas cuando exista alguna falla. Se debe mantener una buena organización y distribución de los equipos, se debe constatar que no exista cable pelados, cables remendados o que cualquier componente de la soldadora se encuentre deteriorado. Si se comprueba que el equipo no puede operar de manera eficiente y segura; el docente a cargo del taller académico deberá reportar el problema a coordinación de carrera.
- **Protección contra incendios:** El taller de soldadura debe contar con un equipo de protección contra incendios, al cual deben tener acceso todos los usuarios que se encuentren dentro del taller, de igual forma se debe garantizar que no exista ninguna interrupción de la puerta de salida, para hacer efectiva la evacuación de los usuarios en caso de una emergencia. Se selecciona un Extintor de Dióxido de Carbono CO<sub>2</sub> tipo BC 10-20 libras con manguera y abrazadera, que cumpla con las especificaciones técnicas necesarias para solventar cualquier conato de incendio que se pueda producir en las instalaciones del taller.
- **Señalización:** Debe ubicarse señalética en todo el taller para designar las áreas de soldadura, riesgos existentes y el uso de equipo de protección personal adecuado.
- **Personas en las inmediaciones:** Dentro del taller de soldadura únicamente deben permanecer los estudiantes o grupos de estudiantes que se encuentren desarrollando las diferentes prácticas de soldadura. Debido a que existen únicamente cuatro puntos de suelda, el resto de los estudiantes deberán permanecer fuera de las inmediaciones, de ser necesaria la presencia dentro del taller, todos los estudiantes que ingresen deberán en todo momento usar el equipo de protección personal, seleccionado en el apartado 3.3.3.

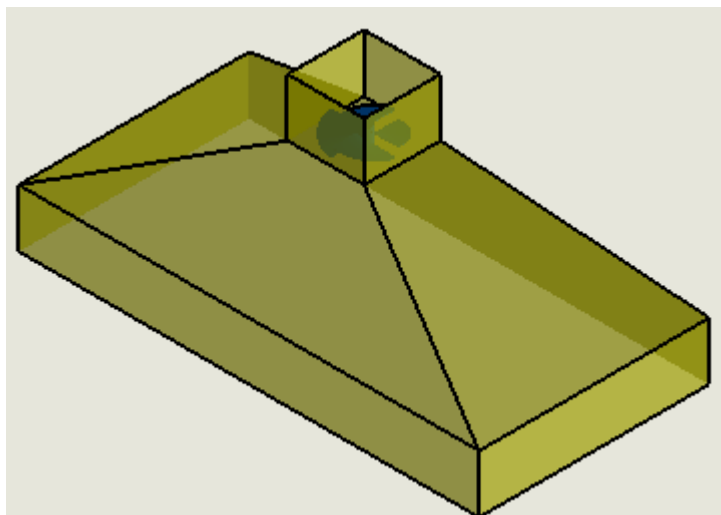
### 3.3.2 MEDIDAS EN EL MEDIO

Como se comprobó en el apartado 3.1, debido al nivel de riesgo I, con aceptabilidad de tipo “No aceptable”, que genera la exposición a material particulado generado por la presencia de humos de soldadura y por lo expuesto por (Carrillo, 2011) se determinó que la manera más eficiente para evacuar los gases de soldadura del taller académico es mediante la instalación de una campana extractora. Debido a que en el taller de soldadura se dispone únicamente de una mesa de trabajo con cuatro puntos de suelda, se optó por diseñar una campana extractora del tipo elevado, techo, para evacuar los gases generados por el proceso. Este tipo de campana garantiza la extracción de la mayor cantidad posible de gases, sin considerar el punto o los puntos de suelda que se estén utilizando. De esta manera, y en base a la Norma AWS (2012) se propone la instalación de la campana extractora sobre la mesa de trabajo.

En la Figura 3.3 se pueden observar las dimensiones resultantes del diseño de la campana extractora, del tipo elevado, techo, de acuerdo con los cálculos registrados en el Anexo V, de donde obtenemos que las dimensiones apropiadas para la campana serán de 240 cm de largo por 146 cm de ancho. Asimismo, el diámetro del ducto de la chimenea más conveniente es de 67,5 cm, mientras que la altura de la sección piramidal tiene un alto de 86,5 cm. Adicionalmente, el diseño de la campana incluye la instalación de un ventilador al interior de la chimenea, para garantizar la absorción y evacuación de los gases generados y como se determinó en el apartado 2.3, el mismo generará una velocidad del aire dentro del ducto de 15 m/s. En la Figura 3.4 se puede observar la vista isométrica de la campana extractora.



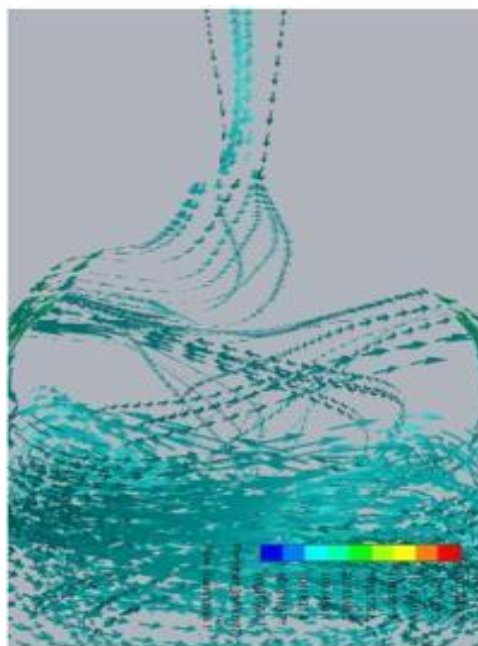
**Figura 3.3.** Dimensionamiento de la campana extractora del tipo elevado, techo



**Figura 3.4.** Vista isométrica de la campana extractora del tipo elevado, techo

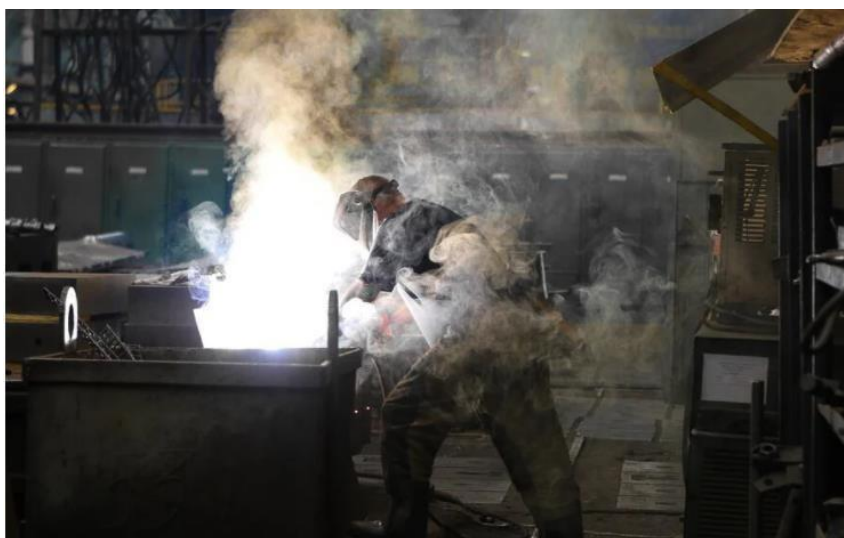
En la Figura 3.5 se puede observar cual sería el comportamiento de los gases al interior de la campana del tipo elevado, techo. La simulación se realizó con un software especializado de diseño (bajo licencia privada de uso), con base en las condiciones de velocidad de aire generado por el ventilador de la campana y las dimensiones de cada componente. Como se puede apreciar en la simulación, se da el arrastre y transporte de todos los gases generados en la mesa de trabajo de soldadura, evidenciándose que de acuerdo con el diseño propuesto éstos tienden a subir y a ser evacuados por el ducto de la campana del tipo elevado, techo.





**Figura 3.5.** Comportamiento de los gases al interior de la campana

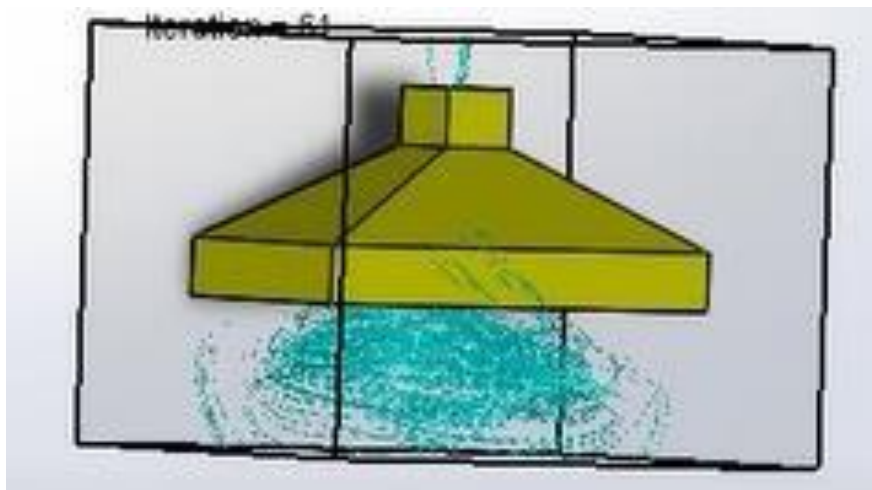
En la Figura 3.6 se puede observar como ejemplo, como la generación de humo en el proceso de soldadura se dispersa por todo el ambiente de trabajo, con ello se puede verificar que al existir una campana extractora de gases, esta atrapa los gases generados, evitando la disipación de estos en el todo el ambiente de trabajo.



**Figura 3.6.** Disipación de los gases de soldadura en todo el ambiente de trabajo  
(Aguilar, 2015)

En la Figura 3.7 se puede apreciar a partir del proceso de simulación, como los gases generados en la mesa de trabajo se evacuan en su totalidad por la campana extractora,

consiguiendo así la no acumulación de los gases tóxicos que fueron determinados dentro del taller académico en el apartado 2.2. De esta manera se podrá reducir notablemente el riesgo por inhalación de los gases generados por el proceso de soldadura del taller.



**Figura 3.7.** Simulación de la evacuación de gases de soldadura

A la fecha de elaboración de este documento, debido al riesgo químico generado por el humo de soldadura del taller académico, determinado como nivel de riesgo I, con aceptabilidad de tipo “No aceptable”, encontrándose el taller de soldadura en una situación crítica y según la GTC-45 se indica que se deben suspender las actividades académicas hasta que el riesgo se reduzca o se realice una intervención urgente. Las autoridades académicas y administrativas del Instituto Superior Tecnológico Tsáchila acogieron y autorizaron la propuesta de instalación de una campana extractora del tipo elevado, techo, como medida correctiva urgente y prioritaria, para disminuir el riesgo de material particulado, a fin de obtener valores límites de riesgo aceptables en el desarrollo de las actividades prácticas estudiantiles y la ejecución de trabajos y proyectos de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) referentes a la soldadura de metales, realizadas en las instalaciones del taller de soldadura. En el Anexo VII se muestran imágenes que evidencian el avance de la instalación de la campana propuesta.

### 3.3.3 MEDIDAS EN EL RECEPTOR

Según lo determinado en el apartado 3.1:

- De acuerdo con el nivel de riesgo II, con aceptabilidad de tipo “Aceptable con control

específico”, asociado al contacto térmico, en el taller de soldadura se deben corregir y adoptar medidas de control de inmediato para poder mitigar o reducir el riesgo.

- De acuerdo con el nivel de riesgo III, con aceptabilidad de tipo “Mejorable”, asociado a las caídas de objetos en manipulación y de radiaciones no ionizantes y proyección de partículas, en el taller de soldadura se debe mejorar de ser posible su gestión de riesgos, considerando conveniente justificar la intervención y su rentabilidad.
- De acuerdo con el nivel de riesgo IV, con aceptabilidad de tipo “Aceptable”, asociado a los riesgos de atrapamiento, manejo de herramientas y ruido, manipulación de cargas y trabajo a presión, en el taller de soldadura se deben mantener las medidas de control existentes, pero se debería considerar soluciones o mejoras y se deben hacer comprobaciones periódicas, para asegurar que el riesgo aún es aceptable.

En referencia a lo sugerido por la norma AWS (2012) se procede a realizar la propuesta de selección de los equipos básicos de protección personal, EPP`S, necesarios para disminuir la ocurrencia de riesgos mecánicos y físicos en el proceso de soldadura, llevándolos a valores límites de Riesgo Aceptables. En el Anexo VI se pueden apreciar las fichas técnicas de los equipos de protección personal que se recomiendan en el presente apartado.

- **Manejo seguro de los equipos:** Implementar la disposición de señalética dentro del taller, donde se visualicen los riesgos existentes, para garantizar que los estudiantes tengan presente los riesgos y peligros a los que están expuestos en las prácticas de soldadura y así evitar tener distracciones que les pudiera ocasionar un accidente. Dentro de las horas no prácticas de la asignatura se deben recibir las capacitaciones pertinentes, para que los estudiantes conozcas los riesgos existentes y previo el ingreso al taller se debe hacer una breve inducción de los riesgos asociados a la actividad de soldadura.
- **Lentes:** Se recomienda el uso de pantallas de visualización con un N° de tono 12, ya que la mínima corriente con la que se suelda dentro del taller es de 80 Amp y la máxima de 225 Amp, el tono mínimo sugerido para estas corrientes es un N°10, pero se sobre dimensiona al siguiente tono, para salvaguardar la integridad de los estudiantes. De esta manera se minimiza el factor de riesgo de exposición a

radiaciones no ionizantes. Se recomienda el “vidrio verde para gafas de soldar GR12” puesto que sus dimensiones encajan dentro de las máscaras de soldadura que se tienen en el taller de soldadura, adicionalmente garantizan una protección contra los rayos ultravioletas generados en el proceso de suelda.

- **Ropa de protección:** Se recomienda el uso de “guante de cuero Split ruso largo” y de un “delantal de cuero”, se selecciona el material del cuero como material de protección por sus características de resistencia y retardo a la ignición, por el espesor que posee, garantiza una protección contra la salpicadura de chispas y de las posibles descargas eléctricas que se pudiesen generar. El guante seleccionado cumple con la norma NMX-S-040-1987. Para la protección de las extremidades inferiores se propone el uso del calzado ARMOR FT 100, que es una bota industrial con características de suela antideslizantes, con una punta de acero resistente a impactos de hasta 200 J y 15 kN y una plantilla de acero antiperforación y una suela exterior resistente al aceite y grasas industriales.
- **Respirador:** Se recomienda el uso de un respirador tipo 3M8214, ya que tienen una eficiencia en filtración del 95 %, su válvula de exhalación permite reducir el calor y la humedad generados al interior, posee un filtro de carbón activado que evita el paso de fosfina y el monóxido de carbono, cumple con la norma 42 CFR 84 NIOSH catalogando al respirador del tipo N95, su aplicación es específica para humos de soldadura, polvos y neblinas no aceitosas.

## 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 CONCLUSIONES

1. Con la finalidad de proponer medidas preventivas y correctivas para disminuir el riesgo de material particulado en los Talleres Académicos de Soldadura del Instituto Superior Tecnológico Tsáchila, a fin de obtener valores límites de Riesgo Aceptables, se analizaron los factores de riesgo potenciales acordes al tipo de soldadura utilizado en el taller, en función de lo cual:
  - Se evidenció que el riesgo humos de soldadura presenta un nivel de probabilidad de 24/40, por lo cual presenta una probabilidad de riesgo “Muy Alta”, posicionado en un nivel de riesgo I, lo que significa que tiene una aceptabilidad de tipo “No aceptable”. Por consiguiente, el taller se encuentra en una situación deficiente, con exposición continua o muy deficiente con exposición frecuente al riesgo, lo que conlleva a que normalmente ocurra con frecuencia la materialización del riesgo. Según la GTC-45, se indica que, de no tomarse las acciones correctivas pertinentes, se deben suspender las actividades académicas hasta que el riesgo se reduzca o se realice una intervención urgente.
  - Se determinó que los riesgos de contacto térmico y caída de objetos en manipulación alcanzaron un nivel de probabilidad de riesgo “Alta”, lo que posiciona en un nivel de riesgo II, teniendo una aceptabilidad de tipo “Aceptable con control específico”. Por consiguiente, el taller se encuentra en una situación deficiente con exposición frecuente u ocasional, lo que conlleva a que normalmente la materialización del riesgo sea posible que suceda varias veces en el período académico laboral del taller.
  - Se evidenció que los riesgos de radiaciones no ionizantes y proyecciones de partículas pueden ser catalogados con una probabilidad de riesgo “Medio”. Asimismo, los riesgos de atrapamiento, manejo de herramientas, ruido, manipulación de cargas y trabajo a presión, pueden ser catalogado con una probabilidad de riesgo “Bajo”, obteniéndose una aceptabilidad de tipo “Mejorable” y “Aceptable”, respectivamente. Por consiguiente, el taller se encuentra en una situación mejorable con exposición ocasional o esporádica, lo que conlleva a que no se espera que se materialicen este tipo de riesgos, durante el período de actividades académicas.
  - La determinación de los gases presentes en los “humos de soldadura” evidenció la

presencia de fosfina ( $\text{PH}_3$ ) con una dosis de exposición superior a la unidad (3,32), factor que determina que existe en el taller académico de soldadura una sobreexposición al compuesto químico.

2. En función de lo expuesto a fin de obtener valores límites de Riesgo Aceptables en el taller de soldadura, se proponen como medidas:
  - En la Fuente el establecimiento de responsabilidades, la elaboración y puesta en práctica de un manual de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos, sistemas de protección contra incendios y señalización, entre otros;
  - En el medio el diseño e instalación de una campana de extractora del tipo elevado, techo, para evacuar los gases generados en el proceso, consiguiéndose así la no acumulación de los gases tóxicos que fueron determinados dentro del taller académico.
  - En el receptor se recomienda la capacitación de los usuarios del taller en cuanto al manejo seguro de los equipos, el uso de lentes, ropa de protección y respiradores, de acuerdo con la norma AWS-ANSI Z49, 2012.

## 4.2 RECOMENDACIONES

1. Realizar un plan de prevención de riesgos laborales general, así como un plan de emergencias en el ISTT, para evitar situaciones que puedan afectar a los estudiantes y personal académico, visitantes, a las instalaciones y al medio ambiente, velando así por la continuidad de actividades laborales.
2. Establecer un programa de vigilancia para las emisiones futuras de nuevos gases en base a las practicas institucionales, puesto a menudo se realizan prácticas con nuevos materiales.
3. Realizar pausas activas y pausas pasivas de ser el caso, para que los estudiantes puedan despejar su mente y reducir el estrés que puedan llegar a sentir.
4. Generar buenas prácticas laborales en la que los estudiantes y docentes se comprometan de forma responsable con su seguridad y la de terceros.
5. Evaluar la contaminación laboral por emisión de gases de soldadura en el ISTT.
6. Rediseñar el área del taller de soldadura con la finalidad de no compartir una única mesa de trabajo y crear puestos individuales por cada punto de suelda

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aguilar, L. (2015). *Ventilación Industrial*. Medellín: Politécnico Colombiano Jaime Cadavid.
2. ANSI/ISEA Z87. (2015). *Dispositivos de protección personal ocular y facial en el trabajo y la educación*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=http%3A%2F%2Fs7d9.scene7.com%2Fis%2Fcontent%2Fminesafetyappliances%2FA2%25200300-12-SP%2520ANSIISEA%2520Z87.1-2015&clen=41320&chunk=true
3. ATSDR. (Mayo de 2016). *Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades*. Obtenido de [https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts177.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts177.html)
4. AWS. (2012). *AWS-ANSI Z49.1:2012. Safety in welding, cutting and allied processes*.
5. Baranza, X., Castejón, E., y Guardino, X. (2014). *Higiene Industrial*. Barcelona: UOC.
6. Benitez y Salazar, B. (2018). *Enfermedades comunes provocadas por soldadura*. Ecuador: LNS.
7. Bernaola, M. (2012). *Los riesgos de la soldadura y su prevención*. CNNT.
8. Carrillo, H. (2011). *Diseño y calculo de un sistema de extracción localizada de humos provenientes del proceso de soldadura*. Guayaquil: ESPOL.
9. Castillo, O. (2011). *Oberservatorio de tecnologia de soldadura SMAW-Electrodo*. Obtenido de [http://www.obtesol.es/index2.php?option=com\\_content&do\\_pdf=1&id=108](http://www.obtesol.es/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=108).
10. Córdova, M. (2019). *Riesgos Químicos y su incidencia en la salud de los trabajadores del área de mezclas de la empresa Curtiduría Tungurahua S.A.* Ambato.
11. Domínguez Granda, J. (2016). *Manual de la Investigación*. Perú: ULADECH.
12. Echeverri, L. (2011). *Ventilación Industrial*. Medellín: Universidad de Medellín.
13. Espinoza, J. (2014). *Bases par ingenieria en mecanica*. Pereira: Scielo.
14. Falagán, M. J. (2008). *Higiene Industrial. Tomo I*. Oviedo: Fundación Luis Fernández Velasco.
15. Fidan, F., Esme, H., y Unlu, M. (2002). *Pulmon de soldador asociado con neumotorax. Diario de imágenes torácicas*.



16. Gomes, H., y Prado, G. (2017). *Diseño de un mecanismo de ventilación y filtración*. Cali: C.U.A.O.
17. HES. (2021). *Informe de evaluación. Riesgo Químico*. Ambato.
18. Hygienist, A. C. (2007). *Industrial Ventilation a Manual of Recommended Practice 26 edition*. ACGIH.
19. ICONTEC. (2012). *Guía Técnica Colombiana 45*. Obtenido de <https://idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/gtc450.pdf>
20. INSHT. (2010). *Riesgo químico: sistemática para la evaluación higiénica*. Obtenido de <https://www.insst.es/documents/94886/96076/Riesgo+qu%C3%ADmico+Sistem%C3%A1tica+para+la+evaluaci%C3%B3n+higi%C3%A9nica.pdf/55fdf7ce-7f1b-43b4-97d2-3b36b4574c9e>
21. INSST. (2000). *NTP 553: Agentes químicos: estrategias de muestreo y valoración (I)*. Obtenido de [https://www.insst.es/documents/94886/327064/ntp\\_553.pdf/e67e4106-7294-4f12-b2e1-93f5c3625874](https://www.insst.es/documents/94886/327064/ntp_553.pdf/e67e4106-7294-4f12-b2e1-93f5c3625874)
22. ISO. (2018). *Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo*. Obtenido de <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:45001:ed-1:v1:es>
23. Iza, L. (2015). *Diseño y simulación de un extractor de humos de soldadura*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.
24. Jeffus, L. (2009). *Soldadura. Principios y Aplicaciones*. Madrid: Paraninfo, S.A.
25. Jetkins, N., y Pierce. (2005). Particle size distribution of gas metal and flux cored arc welding fumes. *Welding Research*, 156 - 163.
26. Kern, Y. y Osolnik, K. (2012). *Pulmon de soldador*. Zdravniski: Vestnik.
27. LINCOLNELECTRIC. (2016). *Seguridad en la soldadura por arco*. Obtenido de <http://www.lincolnelectric.com/documentsafety/>
28. Menendez, Y. (2015). Obtenido de Toxicidad por exposición a humos de soldadura en la: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/21188/1/TESIS%20FINAL%20DANIE>
29. Oprya, M. (2012). Size distribution and chemical properties of welding fumes of inhalable particles. *Journal of Aerosol Science*, 50 - 57.
30. Pazmiño, P. (2015). - *Concentración de partículas solubles e insolubles en el área de producción de la empresa MADECA y su incidencia en el cumplimiento legal de*

- exposición del Contaminante*. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/9604/1/Tesis%20I.%20M.%20237%20-%20Pazmi%20C3%B1o%20Zapata%20Patricio%20Javier.pdf>
31. Pérez Porto, J., y Gardey, A. (2016). *Definición de soldadura*. Obtenido de <https://definicion.de/soldadura/>
  32. SENA. (2010). Mesa Sectorial de Soldadura. En *Soldadura: Caracterización Ocupacional* (pág. 120).
  33. Sierra, R. (2015). *Diseño y simulación de un extractor de humos de soldadura*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.
  34. Taj, T., y Gliga, A. (2021). Efecto de humos de soldadura sobre el sistema cardiovascular: un estudio longitudinal de 6 años. *Revista escandinava de trabajo, medio ambiente y salud*, 52-61.
  35. Tarín, S. (2009). *Las enfermedades profesionales en el sector del Metal*. Madrid: SGS TECNOS SA.
  36. TDI. (2010). *Texas Department of Insurance*. Obtenido de Los Peligros Relacionados con la Soldadura : <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.tdi.texas.gov%2Fpubs%2Fvideoresourcessp%2Fspwpweldhazards.pdf&clen=575557&chunk=true>
  37. Velas, V., y Suarez, J. (2015). *Humos de soldadura*. Mexico: OSALAN.
  38. Velásquez, C. (2009). *¡Suelda seguro y protege tu salud ahora y en el futuro!* España: ANGELMA.

## **ANEXOS**

## ANEXO I

## MATRIZ DE RIESGO GTC 45 APLICADA AL TALLER DE SOLDADURA DEL ISTT

Tabla AI.1 Matriz de riesgo GTC 45

Servicio	Zona / Lugar	Procesos	Actividad	o Rutinario (Si)	Peligro		Efectos posibles	Controles existentes			Evaluación del riesgo						
					Descripción	Clasificación		Fuente	Medio	Individuo	Nivel de deficiencia (ND) 2-10	Nivel de exposición (NE) 1-4	Nivel de probabilidad (ND x NE)	Interpretación de nivel de probabilidad	Nivel de consecuencia	Nivel De Riesgo (NR) e intervención	Interpretación del NR
SOLDADURA	TALLER DE SOLDADURA	PRACTICAS ACADÉMICAS	Suelda de componentes metálicos	Si	Atrapamiento	Mecánico	Heridas	Ninguno	Señalización	Ninguno	2	1	2	Bajo	10	20	IV
					Manejo de herramientas	Mecánico	Cortes	Ninguno	Ninguno	Guantes	2	1	2	Bajo	10	20	IV
					Caídas de objetos en manipulación	Mecánico	Golpes	Ninguno	Ninguno	Ninguno	6	2	12	Alto	10	120	III
					Contactos térmicos extremos	Físico	Quemaduras	EPP	Señalización	Guante Mandil Caretta para soldadura	6	3	18	Alto	10	180	II
					Radiaciones no ionizantes	Físico	Quemaduras Cataratas	Ninguno	Ninguno	Caretta para soldadura	2	3	6	Medio	10	60	III
					Ruido	Físico	Sordera	Ninguno	Señalización	Ninguno	2	1	2	Bajo	10	20	IV
					Manipulación de cargas	Ergonómico	Dolores musculares	Ninguno	Ninguno	Ninguno	2	2	4	Bajo	10	40	IV
					Trabajo a presión	Psicosocial	Deficiencia de rendimiento	Ninguno	Ninguno	Ninguno	2	2	4	Bajo	10	40	IV
					Proyección de partículas	Mecánico	Heridas	Ninguno	Señalización	Máscara para soldadura Guantes Mandil	2	3	6	Medio	10	60	III
					Humos metálicos de soldadura	Químico	Intoxicación	Ninguno	Ninguno	Máscara para soldadura	6	4	24	Muy Alto	25	600	I

## ANEXO II

### EVALUACIÓN Y CÁLCULO DE RESULTADOS DE MEDICIÓN DE GASES DE SOLDADURA EN EL INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO TSÁCHILA

Para la evaluación de cada gas analizado, se consideraron las mismas condiciones de medida que se detallan a continuación: Se consideró una lectura del equipo de medición específicamente en el área de trabajo de soldadura, por tal motivo es considerada medición puntual y según la norma NTP 553 establece que en las condiciones de trabajo se deben tomar las muestras en un lapso de tiempo de mínimo 300 s, según la INSHT Riesgo Químico, establece que al tratarse de una muestra única se consideró un periodo de exposición completo por contaminante, la asignatura de soldadura posee una duración de 3 horas académicas, dando como resultado un tiempo total de exposición de 180 min. En la Tabla 3.1 se puede observar los valores resultantes de la medición de fosfina.

#### ➤ RESULTADO DE EVALUACIÓN DE LA FOSFINA (PH<sub>3</sub>)

Tiempo de exposición: 300 s (5 min).

Tiempo de exposición: 180 min

Tiempo de la medición: toda la tarea

Riesgo potencial: Inhalación.

**Concentración promedio:**

$$C = \frac{C_i * t_i}{\sum_{i=1}^{i=\infty} t_i} \quad [2.1]$$

$$C = \frac{0,476 * 0,506 * 0,35}{3} = 0,444 \text{ ppm}$$

**Exposición diaria C<sub>8</sub>:**

$$C_8 = \frac{\sum_{i=1}^{i=\infty} C * t_i}{8} \quad [2.2]$$

$$C_8 = \frac{0,444 * 3}{8} = 0,166 \text{ ppm}$$

**Dosis de exposición:**

$$D = \frac{C_8}{\frac{TLV - TWA}{0,166}} \quad [2.3]$$

$$D = \frac{0,05}{0,05} = 3,32$$

**Tabla AII.2** Medición de la concentración de fosfina

N°	Ci (ppm)	Ci (ppm)	Ci (ppm)
1	0,55	0,55	0,55
2	0,55	0,55	0,55
3	0,55	0,55	0,55
4	0,55	0,55	0,25
5	0,55	0,55	0,25
6	0,55	0,55	0,25
7	1,05	0,55	0,25
8	0,55	0,25	0,25
9	0,55	0,55	0,25
10	0,55	0,55	0,25
11	0,55	0,55	0,25
12	0,55	0,55	0,25
13	0,55	0,55	0,25
14	0,55	0,55	0,25
15	0,55	0,55	0,25
16	0,25	0,55	0,25
17	0,25	0,25	0,25
18	0,25	0,55	0,25
19	0,25	1,05	0,25
20	0,25	0,55	0,25
21	0,25	0,55	0,25
22	0,25	0,55	0,25
23	0,25	0,25	0,25
24	0,25	0,25	0,55
25	0,55	0,25	0,55
26	0,55	0,25	0,55
27	0,55	0,55	0,55
28	0,55	0,55	0,55
29	0,55	0,55	0,55
30	0,55	0,55	0,55
promedio	0,476	0,506	0,35

## RESULTADO DE EVALUACIÓN DEL SULFURO DE HIDRÓGENO (H<sub>2</sub>S)

Tiempo de exposición: 300 s (5 min)

Tiempo de exposición: 180 min

Tiempo de la medición: toda la tarea.

Riesgo potencial: Inhalación

**Concentración promedio:**

$$C = \frac{C_i * t_i}{\sum_{i=1}^{i=\infty} t_i} \quad [2.1]$$

$$C = 0$$

**Exposición diaria C<sub>8</sub>:**

$$C_8 = \frac{\sum_{i=1}^{i=\infty} C * t_i}{8} \quad [2.2]$$

$$C_8 = 0$$

**Dosis de exposición:**

$$D = \frac{C_8}{TLV - TWA} \quad [2.3]$$

$$D = 0$$

**Tabla AII.3.** Medición de la concentración de sulfuro de hidrógeno

Nº	Ci (ppm)	Ci (ppm)	Ci (ppm)
1	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0
15	0,0	0,0	0,0
16	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0
21	0,0	0,0	0,0
22	0,0	0,0	0,0
23	0,0	0,0	0,0
24	0,0	0,0	0,0
25	0,0	0,0	0,0
26	0,0	0,0	0,0
27	0,0	0,0	0,0
28	0,0	0,0	0,0
29	0,0	0,0	0,0
30	0,0	0,0	0,0



## RESULTADO DE EVALUACIÓN DEL MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

Tiempo de exposición: 300 s (5 min)

Numero de exposiciones en la jornada: 70

Tiempo de la medición: toda la tarea.

Riesgo potencial: Inhalación

**Concentración promedio:**

$$C = \frac{C_i * t_i}{\sum_{i=1}^{i=\infty} t_i} \quad [2.1]$$

$$C = \frac{9,65 * 9,55 * 9,45}{3} = 9,55 \text{ ppm}$$

**Exposición diaria  $C_8$ :**

$$C_8 = \frac{\sum_{i=1}^{i=\infty} C * t_i}{8} \quad [2.2]$$

$$C_8 = \frac{9,55 * 3}{8} = 3,581 \text{ ppm}$$

**Dosis de exposición:**

$$D = \frac{C_8}{TLV - TWA} \quad [2.3]$$

$$D = \frac{3,581}{25} = 0,143$$

**Tabla AII.4.** Medición de la concentración de monóxido de carbono

Nº	Ci (ppm)	Ci (ppm)	Ci (ppm)
1	8,05	8,05	8,05
2	9,05	9,05	9,05
3	9,05	9,05	9,05
4	9,05	9,05	9,05
5	9,05	9,05	9,05
6	8,05	9,05	10,05
7	9,05	9,05	9,05
8	9,05	9,05	9,05
9	9,05	9,05	9,05
10	9,05	9,05	9,05
11	9,05	9,05	9,05
12	9,05	9,05	9,05
13	9,05	9,05	9,05
14	9,05	9,05	9,05
15	10,05	10,05	10,05
16	10,05	10,05	10,05
17	10,05	10,05	10,05
18	11,05	10,05	9,05
19	10,05	10,05	10,05
20	10,05	10,05	10,05
21	10,05	10,05	10,05
22	10,05	10,05	10,05
23	10,05	10,05	10,05
24	10,05	10,05	10,05
25	10,05	10,05	10,05
26	10,05	10,05	10,05
27	10,05	10,05	10,05
28	11,05	10,05	9,05
29	10,05	10,05	10,05
30	12,05	10,05	8,05
<b>promedio</b>	9,65	9,55	9,45

## RESULTADO DE EVALUACIÓN DEL OXIGENO (O<sub>2</sub>)

Tiempo de exposición: 180 min

Tiempo de la medición: toda la tarea

Riesgo potencial: Inhalación

### Concentración promedio:

$$C = \frac{C_i * t_i}{\sum_{i=1}^{i=\infty} t_i} \quad [2.1]$$

$$C = \frac{20,85 * 20,85 * 20,85}{3}$$

$$C = 20,85 \text{ ppm}$$

### Exposición diaria C<sub>8</sub>:

$$\sum_{i=1}^{i=\infty} C * t_i \quad [2.2]$$

$$C_8 = \frac{\sum_{i=1}^{i=1}}{8}$$

$$C_8 = N/A$$

### Dosis de exposición:

$$D = \frac{C_8}{TLV TWA} \quad [2.3]$$

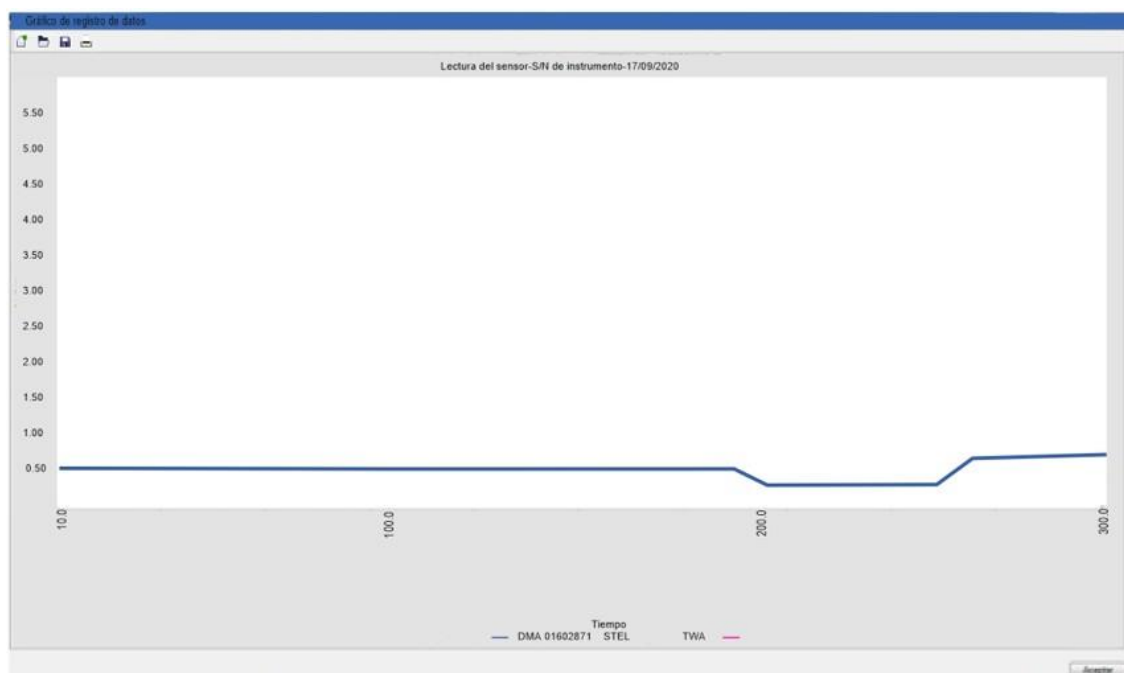
$$D = N/A$$

**Tabla AII.5.** Medición de la concentración de oxígeno

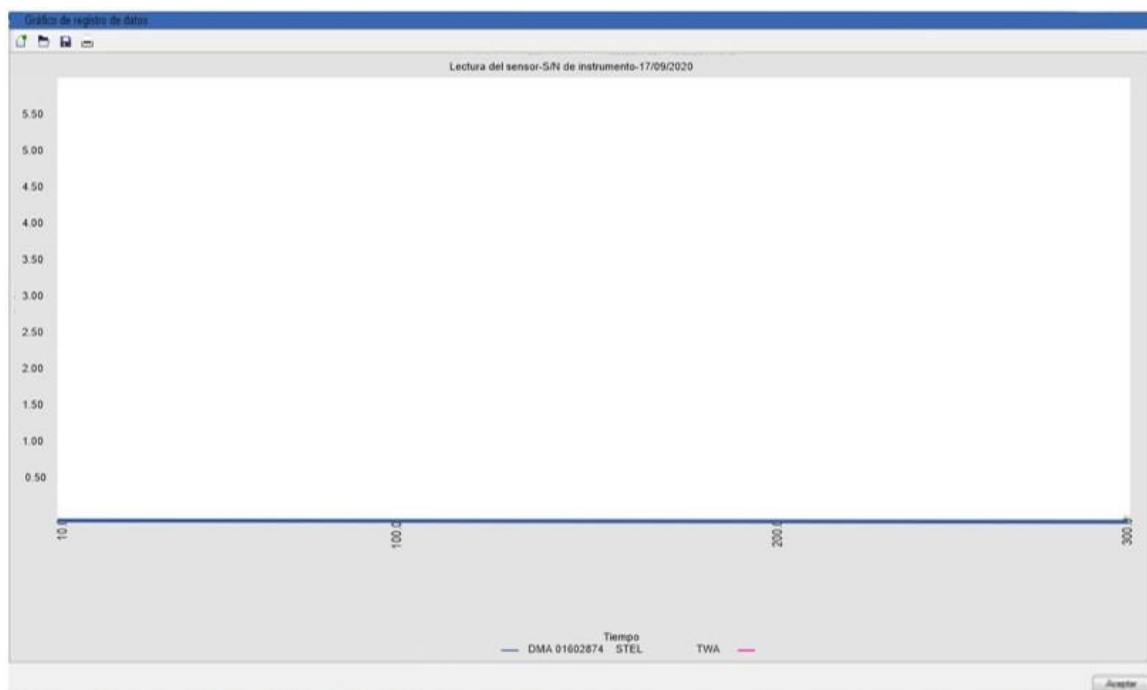
Nº	Ci (ppm)	Ci (ppm)	Ci (ppm)
1	20,85	20,85	20,85
2	20,85	20,85	20,85
3	20,85	20,85	20,85
4	20,85	20,85	20,85
5	20,85	20,85	20,85
6	20,85	20,85	20,85
7	20,85	20,85	20,85
8	20,85	20,85	20,85
9	20,85	20,85	20,85
10	20,85	20,85	20,85
11	20,85	20,85	20,85
12	20,85	20,85	20,85
13	20,85	20,85	20,85
14	20,85	20,85	20,85
15	20,85	20,85	20,85
16	20,85	20,85	20,85
17	20,85	20,85	20,85
18	20,85	20,85	20,85
19	20,85	20,85	20,85
20	20,85	20,85	20,85
21	20,85	20,85	20,85
22	20,85	20,85	20,85
23	20,85	20,85	20,85
24	20,85	20,85	20,85
25	20,85	20,85	20,85
26	20,85	20,85	20,85
27	20,85	20,85	20,85
28	20,85	20,85	20,85
29	20,85	20,85	20,85
30	20,85	20,85	20,85
<b>promedio</b>	20,85	20,85	20,85

### ANEXO III

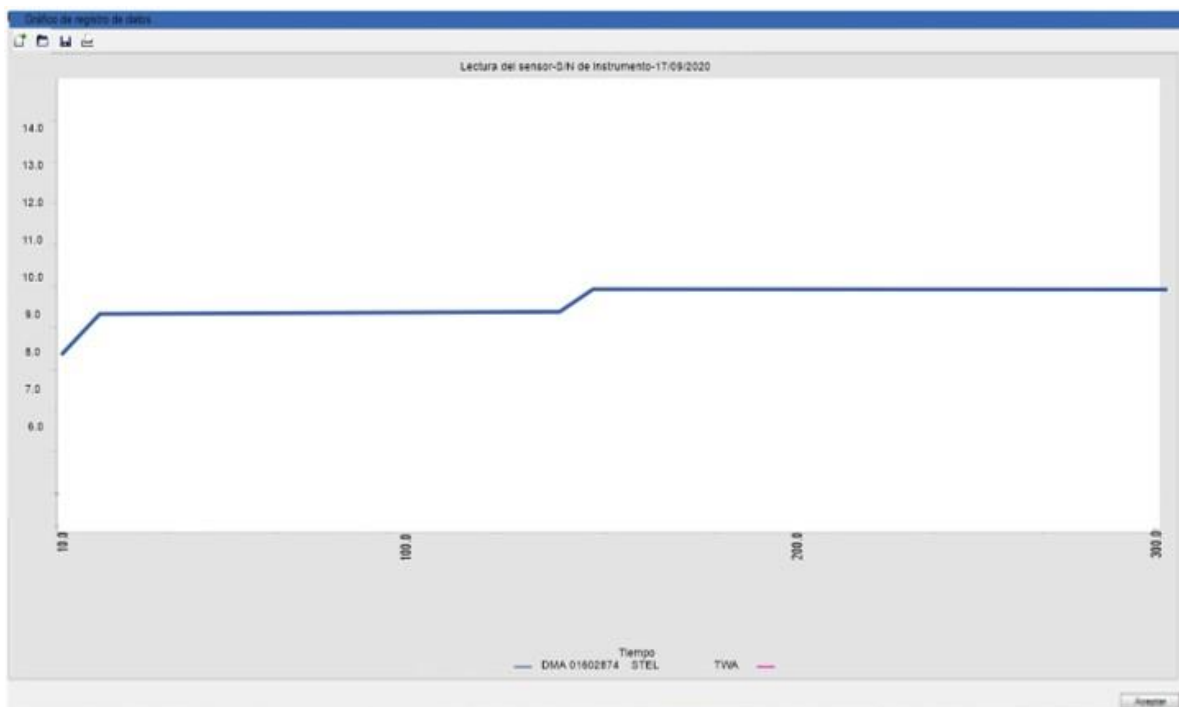
## MEDICIONES DE GASES DE HUMOS DE SOLDADURA DEL TALLER DE SOLDADURA DEL INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO TSÁCHILA (DESCARGA DEL EQUIPO MX6 iBRID)




**Figura AIII.1.** Medición de PH<sub>3</sub>



**Figura AIII.2.** Medición de H<sub>2</sub>S



**Figura AIII.3.** Medición de CO

	CC-044-110121	FECHA: 11/01/2021
	www.hes.com.ec	REV: 01

Señores:

**Descripción Del equipo:** MULTIGAS MX6 IBRID

**Fabricante:** INDUSTRIAL SCIENTIFIC

**Sistema:** Directo (FID)

**N° de serie:** 130935W-001

**Temperatura seca:** 16°C, **Humedad relativa:** 47%

### 1. Calibración de alarmas:

Tóxico 1: supera TLV-TWA máx 1000 ppm TLV-TWA min 1 ppm	Tóxico 2: supera TLV-TWA máx 1000 ppm TLV-TWA min 1 ppm	Tóxico 3: supera TLV-TWA máx 1000 ppm TLV-TWA min 1 ppm	Tóxico 4: supera TLV-TWA máx 1000 ppm TLV-TWA min 1 ppm
Oxígeno Min: Supera (18% O2) Max: Supera (24% O2)	Explosivos Min: Supera (0,0% LEL) Max: Supera (100% LEL)	H2S Min: Supera (0,0% LEL) Max: Supera (100% LEL)	SO2 Min: Supera (0,0% LEL) Max: Supera (100% LEL)

### 2. CALIBRACION DE GASES (No mezcla):

Sensor	GAS patrón		Concentración (ppm)				Resultado calibración	
	Supera	No supera	Inicial	final	patrón	respu esta	Pasa	No pasa
O2	X	-----	N/A	N/A	N/A	N/A	Si	---
SO2	X	-----	N/A	N/A	N/A	N/A	Si	---
H2S	X	-----	N/A	N/A	N/A	N/A	Si	---
LEL	X	-----	N/A	N/A	N/A	N/A	Si	---
Tóxico1	X	-----	N/A	N/A	N/A	N/A	Si	---
Tóxico2	X	-----	N/A	N/A	N/A	N/A	Si	---
Tóxico3	X	-----	N/A	N/A	N/A	N/A	Si	---
Tóxico4	X	-----	N/A	N/A	N/A	N/A	Si	---
FID	x		132	101	100	100	Si	---

Nota: Validez del certificado: 3 meses.

	CC-044-110121	FECHA: 11/01/2021
	www.hes.com.ec	REV: 01

### 3.- Nota Importante:

Ninguna calibración preventiva tiene garantía (garantía solamente aplica para venta de equipos y mantenimiento, ninguno de los dos es objeto de esta oferta), la calibración solamente se limita a certificar el nivel de exactitud (incertidumbre y corrección) del equipo intervenido en el momento del ensayo o calibración sugerida por el proveedor, o algún parámetro aprobado por el SAE o su equivalencia.

Usted puede enviar los equipos/instrumentos de inmediato se apruebe la cotización, una vez en nuestro laboratorio la calibración se realizará en los siguientes 7 - 14 días hábiles.

### 4. Firma técnico:



EN NOMBRE DEL LABORATORIO  
SERVICIO ACADÉMICO  
CORDOVA



Lab&Hes

Atentamente: Ing. Manolo Córdova

LABORATORIO & HES LAB & HES CIA. LTDA.

CC:/ AP

Panamericana Norte Km. 16, calle Adolfo Flores, Cel: 098 413 9822; 0987166794

E-mail: gerencia@hes.com.ec  
Ambato - Ecuador

**Figura AIII.4.** Certificado de calibración del equipo de medición



## ANEXO IV

HOJA DE SEGURIDAD DE LOS COMPUESTOS QUÍMICOS  
ANALIZADOS (HDS)

## ➤ Fosfina


13/02/11 11:32

ICSC 0684 - FOSFINA

<b>FOSFINA</b> Fosfano Trihidruro de fósforo Fosfuro de hidrógeno Fosfamina	ICSC: 0684 (Abril 2013)
CAS: 7803-51-2 Nº ONU: 2189 CE: 232-260-8	

	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
<b>INCENDIO Y EXPLOSIÓN</b>	Extremadamente inflamable. Puede incendiarse espontáneamente en contacto con el aire. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes. Las mezclas gas/aire son explosivas.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar. NO poner en contacto con superficies calientes. Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión.	Cortar el suministro; si no es posible y no existe riesgo para el entorno próximo, dejar que el incendio se extinga por sí mismo; en otros casos apagar con polvo, dióxido de carbono. En caso de incendio: mantener fría la botella rociando con agua. Combatir el incendio desde un lugar protegido.

¡EVITAR TODO CONTACTO! USAR PROTECCIÓN PERSONAL PARA PRESTAR PRIMEROS AUXILIOS. ¡CONSULTAR AL MÉDICO EN TODOS LOS CASOS!			
	SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
<b>Inhalación</b>	Dolor de cabeza. Vértigo. Náuseas. Diarrea. Dolor en el pecho. Jadeo. Latido irregular. Convulsiones. Pérdida del conocimiento.	Usar sistema cerrado o ventilación.	Aire limpio, reposo. Posición de semincorporado. Puede ser necesario administrar oxígeno. Puede ser necesaria respiración artificial. Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
<b>Piel</b>	EN CONTACTO CON LÍQUIDO: CONGELACIÓN.	Guantes aislantes del frío. Traje de protección.	EN CASO DE CONGELACIÓN: aclarar con agua abundante, NO quitar la ropa. Proporcionar asistencia médica.
<b>Ojos</b>	EN CONTACTO CON LÍQUIDO: CONGELACIÓN.	Utilizar pantalla facial o protección ocular en combinación con protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
<b>Ingestión</b>		Lavarse las manos antes de comer.	

DERRAMES Y FUGAS	CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO
¡Evacuar la zona de peligro! ¡Consultar a un experto! Ventilar. Protección personal: traje de protección química, incluyendo equipo autónomo de respiración.	Conforme a los criterios del GHS de la ONU
<b>ALMACENAMIENTO</b>	 <p><b>PELIGRO</b></p> <p>Gas extremadamente inflamable Contiene gas a presión; puede explotar si se calienta Mortal si se inhala Provoca graves quemaduras en la piel y lesiones oculares</p> <p>Transporte Clasificación ONU Clase de Peligro ONU: 2.3; Peligro Secundario ONU: 2.1</p>
A prueba de incendio. Mantener en lugar bien ventilado.	
<b>ENVASADO</b>	



La información original ha sido preparada en inglés por un grupo internacional de expertos en nombre de la OIT y la OMS, con la asistencia financiera de la Comisión Europea.

© OIT y OMS 2018



European  
Commission

13/02/11 11:32

ICSC 0684 - FOSFINA

FOSFINA		ICSC: 0684
<b>INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA</b>		
<p><b>Estado físico; aspecto</b> GAS INCOLORO COMPRIMIDO LICUADO.</p> <p><b>Peligros físicos</b> El gas es más denso que el aire y puede extenderse a ras del suelo; posible ignición en punto distante.</p> <p><b>Peligros químicos</b> Se descompone al calentarse intensamente y al arder. Esto produce humos tóxicos incluyendo óxidos de fósforo. Reacciona violentamente con aire, oxígeno, oxidantes tales como óxidos de cloro, óxidos de nitrógeno, nitratos metálicos, halógenos y muchas otras sustancias. Esto genera peligro de incendio y explosión. Ataca muchos metales.</p>	<p><b>Fórmula:</b> P<sub>2</sub>H<sub>4</sub></p> <p><b>Masa molecular:</b> 34,00</p> <p><b>Punto de ebullición:</b> -87,7°C</p> <p><b>Punto de fusión:</b> -133°C</p> <p><b>Densidad relativa (agua = 1):</b> 0,8</p> <p><b>Densidad (gas):</b> 1,53 kg/m<sup>3</sup></p> <p><b>Solubilidad en agua, ml/100ml a 17°C:</b> 28 (muy escasa)</p> <p><b>Presión de vapor, kPa a 20°C:</b> 3488</p> <p><b>Densidad relativa de vapor (aire = 1):</b> 1,18</p> <p><b>Punto de inflamación:</b> gas inflamable</p> <p><b>Temperatura de autoignición:</b> 38°C</p> <p><b>Límites de explosividad, % en volumen en el aire:</b> 1,8 - 100 (estimado)</p>	
<b>EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD</b>		
<p><b>Vías de exposición</b> La sustancia se puede absorber por inhalación.</p> <p><b>Efectos de exposición de corta duración</b> La sustancia irrita gravemente el tracto respiratorio. La inhalación de este gas puede causar edema pulmonar. Ver Notas. La evaporación rápida del líquido puede producir congelación. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central, al sistema cardiovascular, al corazón, al tracto gastrointestinal, al hígado y a los riñones. Esto puede dar lugar a alteraciones funcionales. La exposición por encima del LEP podría causar pérdida del conocimiento y la muerte. Se recomienda vigilancia médica.</p>	<p><b>Riesgo de inhalación</b> Al producirse una pérdida de gas, se alcanzará muy rápidamente una concentración nociva del mismo en el aire.</p> <p><b>Efectos de exposición prolongada o repetida</b> Pueden producirse molestias generales como alteraciones gastrointestinales, dolor de cabeza, náuseas, etc.</p>	
<b>LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL</b>		
<p>TLV: 0,05 ppm como TWA; (valor techo): 0,15 ppm como STEL; A4 (no clasificado como cancerígeno humano).</p> <p>MAK: 0,14 mg/m<sup>3</sup>, 0,1 ppm; categoría de limitación de pico: II(2); riesgo para el embarazo: grupo C.</p> <p>EU-OEL: 0,14 mg/m<sup>3</sup>, 0,1 ppm como TWA; 0,28 mg/m<sup>3</sup>, 0,2 ppm como STEL</p>		
<b>MEDIO AMBIENTE</b>		
Esta sustancia se libera normalmente al medio ambiente; no obstante, debería evitarse cuidadosamente cualquier entrada adicional, p. ej. por una eliminación inadecuada.		
<b>NOTAS</b>		
<p>Con el fin de evitar la fuga de gas en estado líquido, girar la botella que tenga un escape manteniendo arriba el punto de escape. El producto técnico a menudo arde espontáneamente a temperatura ambiente debido a la presencia de otros hidruros de fósforo como impurezas, especialmente difosfina (CAS 13445-5-6).</p> <p>La sustancia pura es inodora hasta concentraciones de 200 ppm (278 mg/m<sup>3</sup>) (nivel altamente tóxico). El producto técnico tiene olor alíaceo o a pescado en descomposición debido a las impurezas.</p> <p>La alerta por el olor cuando se supera el límite de exposición es insuficiente.</p> <p>Los síntomas del edema pulmonar no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son, por ello, imprescindibles.</p> <p>Debería considerarse la inmediata administración de una terapia por inhalación adecuada por un médico o persona por él autorizada.</p>		
<b>INFORMACIÓN ADICIONAL</b>		
<p>- Límites de exposición profesional (INSHT 2013): VLA-ED: 0,1 ppm; 0,14 mg/m<sup>3</sup> VLA-EC: 0,2 ppm; 0,28 mg/m<sup>3</sup></p> <p>- Nº de índice (clasificación y etiquetado armonizados conforme al Reglamento CLP de la UE): 015-181-00-1</p> <p>- Clasificación UE Pictograma: F+, T+, N; R: 12-17-26-34-50; S: (1/2)-28-36/37-45-61-63</p>		
<p>La calidad y exactitud de la traducción o el posible uso que se haga de esta información no es responsabilidad de la OIT, la OMS ni la Comisión Europea. © Versión en español, INSST, 2018</p>		

Figura AIV.1. HDS de fosfina

## Monóxido de Carbono


**Hoja Informativa sobre Sustancias Peligrosas**  
**Derecho a Saber**
**Personal de Emergencias**  
**Referencia rápida**
**Nombre común: MONÓXIDO DE CARBONO**
**Sinónimos: Óxido carbónico; gas de escape; gas de combustión**
**Número CAS: 630-08-0**
**Fórmula molecular: CO**
**Núm. Derecho a Saber: 0345**
**Descripción: Líquido incoloro e inodoro**

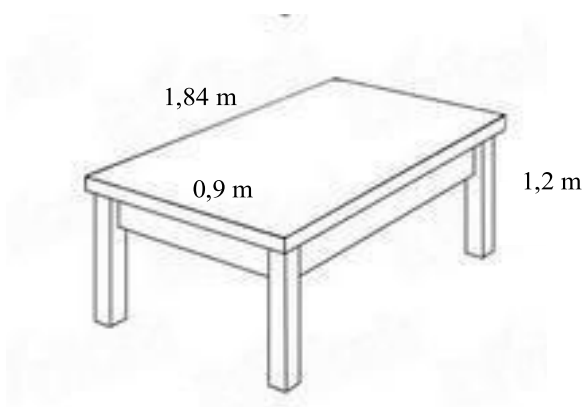
DATOS SOBRE LOS RIESGOS		
<b>Evaluación</b>	<b>Lucha contra incendios</b>	<b>Reactividad</b>
2 - Salud 4 - Incendio 6 - Reactividad Núm. DOT: UN 1018 Núm. de Guía: 119 Categoría de riesgo: 2.3 (gas tóxico)	El monóxido de carbono es un GAS INFLAMABLE. Detenga el flujo de gas y utilice agua rodada para dispersar los vapores. <b>AL INCENDIARSE, SE PRODUCEN GASES TÓXICOS.</b> Utilice agua rodada para mantener fríos los recipientes expuestos al incendio. Los vapores pueden viajar a una fuente de ignición y regresar en flamas. En tanques o recipientes cerrados los vapores de monóxido de carbono pueden formar una mezcla inflamable con el aire.	El monóxido de carbono no es compatible con AGENTES OXIDANTES (tales como PERCLORATOS, PERÓXIDOS, PERMANGANATOS, CLORATOS, NITRATOS, CLORO, BROMO y FLÚOR) ni METALES ALCALINOS (tales como LITIO, SODIO y POTASIO). El monóxido de carbono licuado frío puede reaccionar de forma vigorosa con el agua.
<b>FUGAS Y DERRAMES</b>	<b>PROPIEDADES FÍSICAS</b>	
Distancias de aislamiento: Derrame pequeño: 30 metros (100 pies) Derrame grande: 150 metros (500 pies) Incendio: 800 metros (0.5 millas)  Detenga el flujo de gas. Si la fuga proviene de un cilindro y no puede detenerse en el lugar, retire el cilindro hasta un lugar sin riesgo al aire libre, y repare la fuga o espere a que el cilindro quede vacío. Mantenga el monóxido de carbono fuera de los espacios confinados, como el almacenamiento, debido a la posibilidad de explosión. Gire hacia arriba el cilindro que tiene la fuga para prevenir la fuga del gas en forma líquida. Purgue con gas inerte antes de intentar las reparaciones. Utilice solamente herramientas y equipos anti-chispa, sobre todo al abrir y cerrar recipientes que contienen monóxido de carbono. El monóxido de carbono es perjudicial para la vida acuática en concentraciones muy bajas.	Umbral de olor: Inodoro Punto de inflamación: Gas inflamable LIE: 12% LSE: 75% Temperatura de autoignición: 1125 °F (607 °C) Densidad de vapor: 0.97 (aire = 1) Presión de vapor: >750 mm Hg a 68 °F (20 °C) Densidad relativa: 0.79 (agua = 1) Solubilidad en agua: Muy poco soluble Punto de ebullición: -313 °F (-192 °C) Punto de fusión: -337 °F (-205 °C) Temperatura crítica: -282 °F (-139 °C) Potencial de ionización: 14 eV Peso molecular: 28	
<b>LÍMITES DE EXPOSICIÓN</b>	<b>EQUIPO DE PROTECCIÓN</b>	
OSHA: 50 ppm, TWA 8 h; NIOSH: 35 ppm, TWA 10 h; 200 ppm, límite superior 15 min ACGIH: 25 ppm, TWA 8 h IDLH: 1200 ppm Los valores PAC son: PAC-1 = 83 ppm PAC-2 = 83 ppm PAC-3 = 330 ppm	Guantes: Guantes aislantes (dos pares de guantes para derrames) Overol (mono): Tychem® BR, Responder® y TK (penetración 330 min) >10% del LIE utilice ropa de protección completa contra incendios o flamas instantáneas. Respiratoria: Autónoma	
<b>EFFECTOS SOBRE LA SALUD</b>	<b>PRIMEROS AUXILIOS Y DESCONTAMINACIÓN</b>	
Ojos: No hay información disponible Piel: El contacto de la piel con monóxido de carbono líquido puede causar congelación Inhalación: Dolor de cabeza, mareo, sensación de desvanecimiento, cansancio, convulsiones y pérdida del conocimiento	Retire a la víctima del lugar de exposición. Enjuague los ojos con abundante agua por al menos 15 minutos. Retire las lentes de contacto, si las usa. Sumerja la parte de la piel afectada en agua tibia si la piel entra en contacto con monóxido de carbono líquido. Busque atención médica. Inicie la respiración artificial si se ha detenido respiración y, en caso necesario, la reanimación cardiopulmonar. Traslade inmediatamente a la víctima a un centro de atención médica. Se recomienda observación médica, ya que los síntomas pueden tardar en aparecer.	

**Figura AIV.1. Ficha técnica del monóxido de carbono**

## ANEXO V

### MEDIDAS DE PREVENCIÓN EN EL MEDIO DISEÑO DE LA CAMPANA EXTRACTORA TIPO ELEVADA, TECHO

#### Dimensiones de la mesa de trabajo existente en el taller



Largo=1,84 m

Ancho= 0,9 m

Altura=1,2 m

**Figura AV.1.** Mesa de trabajo de soldadura

$$Pm = 2L + 2W \quad [2.5]$$

$$Pm = 2 (1,84 \text{ m}) \times 2 (0,9\text{m})$$

$$Pm = 5,48 \text{ m}$$

$$Hc = Htotal - Hm \quad [2.6]$$

$$Hc = 1,9 \text{ m} - 1,2 \text{ m}$$

$$Hc = 0,7 \text{ m}$$

#### Caudal de extracción

Al ser una campana suspendida en el techo, se usa la ecuación [2.6], descrita en el capítulo dos. Como se trata de un proceso de soldadura, se utilizó una velocidad de captura sugerida en la Figura 2.5 de 1 m/s debido al ventilador que dispondrá la campana de extracción en el ducto de evacuación.

$$Vc = 1\text{m/s}$$

$$Q = 1,4 \times Vc \times Pm \times Hc \quad [2.6]$$

$$Q = 1,4 \times (1\text{m/s}) \times (5,48\text{m}) \times (0,7 \text{ m})$$

$$Q = 5,37 \text{ m}^3 / \text{s}$$

**Dimensiones de la campana**

$$Lc = Lm + 2 \times 0,4 \times Hc \quad [2.7]$$

$$Lc = 1,84 \text{ m} + (2 \times 0,4 \times 0,7\text{m})$$

$$Lc = 2,4 \text{ m}$$

$$Wc = Wm + 2 \times 0,4 \times Hc \quad [2.8]$$

$$Wc = 0,9 \text{ m} + (2 \times 0,4 \times 0,7\text{m})$$

$$Wc = 1,46 \text{ m}$$

**Determinación del diámetro del ducto**

$$A_D = \frac{Q_D}{V_D} \quad [2.9]$$

$$5,37 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D_D = \sqrt{\frac{4 A_D}{\pi}} \quad [2.10]$$

$$A_D = \frac{5,37 \text{ m}^3/\text{s}}{15 \text{ m/s}}$$

$$D_D$$

$$A_D = 0,358 \text{ m}^2$$

$$= \sqrt{\frac{4 (0,358 \text{ m}^2)}{\pi}}$$

$$D_D = 0,675 \text{ m}$$

**Dimensiones de la sección piramidal**

$$Lsp = Lc \quad [2.11]$$

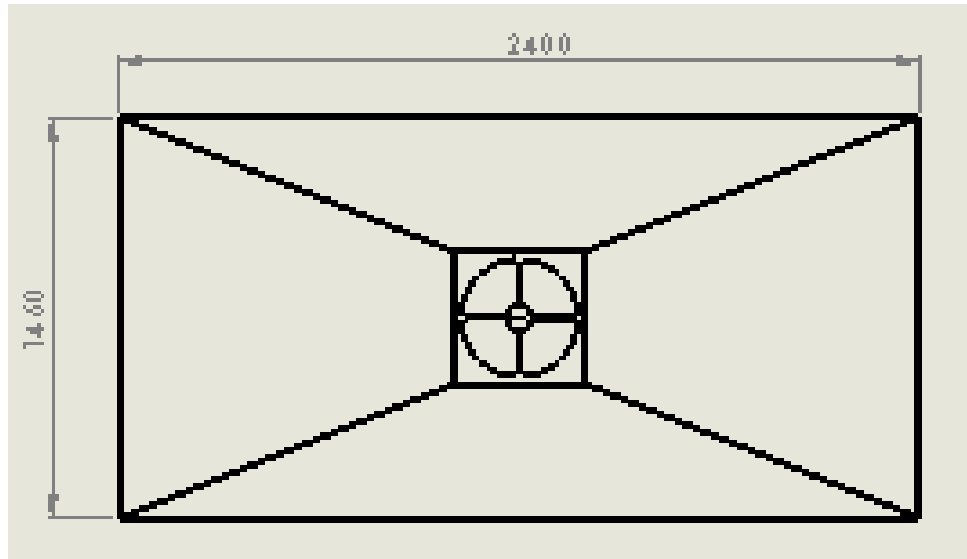
$$Wsp = Wc \quad [2.12]$$

$$X = \frac{2,4 \text{ m} - 0,67 \text{ m}}{2} \quad [2.13]$$

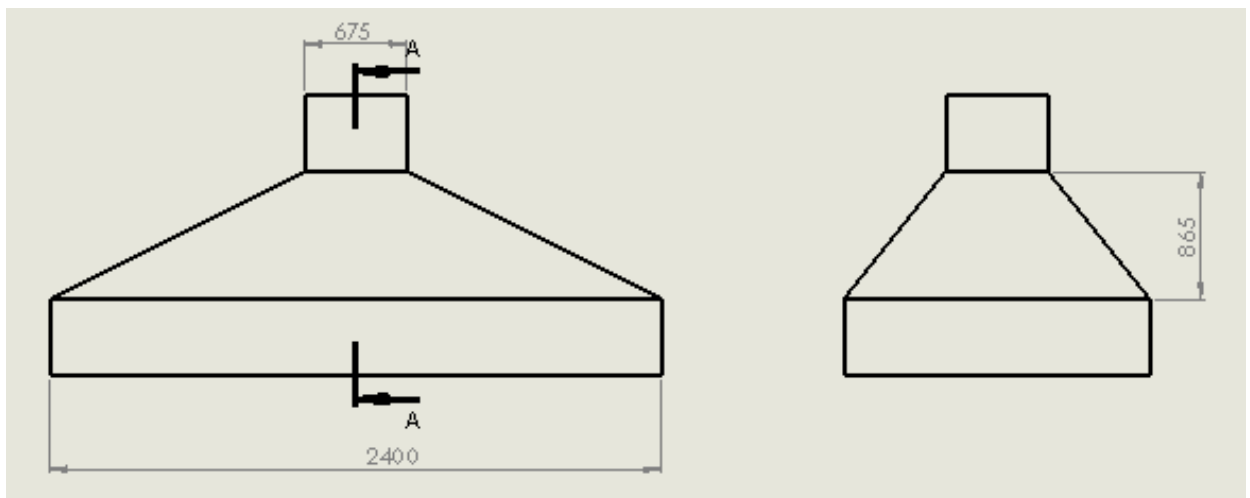
$$X = 0,865 \text{ m}$$

$$H_{SP} = X \times \tan 45^\circ \quad [2.14]$$

$$H_{SP} = 0,865 \text{ m}$$



**Figura AV.2.** Dimensiones de largo y ancho de la campana



**Figura AV.3.** Dimensiones del ducto y sección piramidal

## ANEXO VI

## SELECCIÓN DEL EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

## Repuestos de caretas para soldar

**137338**  
Cubierta frontal: 10,9 x 8,6 x .1 cm  
Cubierta interior: 9,5 x 5 x .08 cm

**137337**  
Cubierta frontal: 10,9 x 8,6 x .1 cm  
Cubierta interior: 10,3 x 4,8 x .08 cm

**137335**

**137336**

**137372**  
Medidas: 11 x 9 x .3 cm

**137373**

**Sombras**  
12  
11  
10

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	PARA CÓDIGO	
137337	Repuesto careta electrónica para soldar	Polycarbonato	137335	6
137338	Repuesto careta electrónica para soldar	Polycarbonato	137336	6
137372	Lente obscuro para careta 10 sombras	Vidrio	137331	6
137373	Lente obscuro para careta 11 sombras	Vidrio	137331	6

Figura AVI.4. Ficha técnica de lente de seguridad



Colombia

División Salud Ocupacional

Respirador contra Humos Metálicos y Ozono

Libre de Mantenimiento

Respirador 3M 8214

09/25/2012



## Hoja Técnica

### Descripción

Respirador libre mantenimiento, para protección contra humos metálicos de soldadura, fundición, ozono y olores molestos.

### Composición

Fabricado en fibras de polipropileno hipoalergénico

Capa de carbón activado

### Especificaciones (Características Técnicas)

- permite una eficiencia en filtración mínima del 95% .
- Contiene una capa de carbón activado que elimina olores molestos\* de vapores orgánicos y filtra gas ozono.
- El diseño de válvula de exhalación, **Aire Fresco**, reduce el calor y la humedad, ideal para trabajos en ambientes calurosos.
- El suave material de la capa interna del respirador, ofrece mayor comodidad para el usuario.
- El medio filtrante resistente a la saturación, prolonga la vida útil del respirador.
- La capa externa retardante a la llama, ofrece una protección segura contra chispas.
- Anillo de ajuste facial en poliuretano, absorbe el sudor. alarga la vida útil del respirador y ofrece mayor comodidad durante largos periodos de uso del respirador.
- La laminilla metálica en aluminio conformable para la nariz, asegura un ajuste apropiado en una amplia variedad de formas de rostros.
- El respirador libre mantenimiento, elimina las tareas de limpieza y cambio de partes
- Para usarse en concentraciones que no superen la concentración de 10X T.L.V.
- Cumple y excede la Norma **42 CFR 84 NIOSH (N95)** y la Norma **NTC 2561 (Tipo B)** para material particulado

\* Niveles Molestos se refiere a concentraciones que no superen la concentración del T.L.V.

Recomendado por 3M para concentraciones de ozono hasta 10x T.L.V.



#### Usos y Aplicaciones

**Humos:** De soldadura, incluidos los que generan gases irritantes como el Ozono  
Ej: soldadura de acero inoxidable, acero galvanizado, soldadura MIG, entre otros.

**Material Particulado** como polvo y neblinas no aceitosas

#### Instrucciones de Uso

Hacer caso omiso de las instrucciones y limitaciones de uso de este respirador y/o no utilizarse

1. durante todo el tiempo de exposición, puede reducir la efectividad y puede resultar en enfermedad o muerte.
2. Antes de utilizar el respirador, el usuario deberá ser entrenado correctamente en su uso y mantenimiento.
3. Verifique el ajuste del respirador con la prueba de ajuste de sacarina.
4. Abandone el área contaminada si presenta mareo u otro síntoma.
5. Si el respirador se daña o siente dificultad para respirar abandone el área, cámbielo por uno nuevo.

#### Precauciones y Primeros Auxilios

##### No use para:

**Spray** Pintura spray que genera vapores orgánicos

**Gases** Como gases ácidos

**Otros** Chorro de arena, asbestos

#### Vida Util del Producto

NA

#### Notas Especiales

**Nota:** este respirador no suministra oxígeno, no se debe utilizar en atmósferas con deficiencia de oxígeno menor de 19.5% no utilizar barba o cualquier otro elemento que evite el contacto directo del respirador con la cara, no abuse o utilice incorrectamente el respirador.

**Advertencia:** Este respirador ayuda a proteger contra contaminantes en forma de material particulado, pero no elimina la exposición o el riesgo de contagio de enfermedad o infección. El mal uso del respirador puede causar daño y la muerte. Para un uso apropiado pregunte a su supervisor o llame a 3M OH & ESD (1) 4161666 Bogotá

#### Condiciones de Transporte

Sitios secos, frescos y limpios. Evite la humedad

**NOTAS: Datos Técnicos :** Todas las propiedades físicas y recomendaciones están basadas en pruebas que se consideran representativas, sin embargo, no implican garantía alguna.

**Uso del Producto :** El usuario es responsable de la determinación del uso particular del producto y su método de aplicación, 3M DESCONOCE CUALQUIER GARANTIA EXPRESA O IMPLICITA O AJUSTES PARA PROPOSITOS PARTICULARES.

**Indemnizaciones :** Este producto ha sido probado en cuanto a defectos. 3M se

compromete únicamente a reemplazar la cantidad de producto que se comprueba defectuoso ó la devolución del dinero a precio de compra.

**Limite de Responsabilidad :** 3M no se hace responsable por daños directos , indirectos o incidentales o consecuentes derivados del uso indebido, negligencia, estricta responsabilidad o cualquier otra teoría legal Las anteriores responsabilidades no podrán ser cambiadas excepto mediante algún acuerdo escrito, firmado por alguna persona de 3M

#### Condiciones de Transporte

<b>NOTAS:</b>	<b>Datos Técnicos :</b>	Todas las propiedades físicas y recomendaciones están basadas en pruebas que se consideran representativas, sin embargo, no implican garantía alguna.
	<b>Uso del Producto :</b>	El usuario es responsable de la determinación del uso particular del producto y su método de aplicación, 3M DESCONOCE CUALQUIER GARANTIA EXPRESA O IMPLICITA O AJUSTES PARA PROPOSITOS PARTICULARES.
	<b>Indemnizaciones :</b>	Este producto ha sido probado en cuanto a defectos. 3M se compromete únicamente a reemplazar la cantidad de producto que se comprueba defectuoso ó la devolución del dinero a precio de compra.
	<b>Limite de Responsabilidad :</b>	3M no se hace responsable por daños directos , indirectos o incidentales o consecuentes derivados del uso indebido, negligencia, estricta responsabilidad o cualquier otra teoría legal Las anteriores responsabilidades no podrán ser cambiadas excepto mediante algún acuerdo escrito, firmado por alguna persona de 3M

#### 3M BOGOTA

Avenida El Dorado No. 75-93; Tel: 4161666 - 4161655; Fax: 4161677

#### 3M MEDELLIN

#### 3M BARRANQUILLA

#### 3M CALI

Nit: 860.002.693-3

Consulte Más Información en Nuestro Web Site <http://www.3m.com.co>

Tambien puede contactarnos a través de Nuestro PBX : 4108555

Desde fuera de Bogotá totalmente gratis a la línea: 018000113636 o 018000113M3M

© 3M 2006. Todos los Derechos Reservados.

**Figura AVI.5.** Ficha técnica de respirador N95

## GUANTE CUERO LARGO REFORZADO

### DESCRIPCIÓN



El guante de carnaza largo reforzado, es cosido con hilo resistente en diversas condiciones de trabajo. Durables contra la abrasión y fricción, brindando una extensa protección en lo largo del brazo.

### APLICACIONES

Por su especificación esta línea ha sido para la exploración, en los cultivos de palma africana, los refuerzos en las zonas de la palma específicamente del guante da una protección para trabajos abrasivos o filosos en seco.

### CARACTERÍSTICAS

- La piel de vaca es muy común ya que sus propiedades son de mayor durabilidad flexibilidad, resistencia a la abrasión y ventilación.
- La piel curtida en cromo posee mayor resistencia contra la abrasión y objetos calientes.
- Palma, dorso y puño de carnaza.
- Palma e índice reforzado, cocido con hilo de algodón, con resistencia al desgarre de 11.3 kg/cm2.el puño de 17" de largo, con protección en el dorso.

### CERTIFICACIONES

NMX-5-040-1987

 [www.amc.ec](http://www.amc.ec)  
ventas@amc.ec

 (02) 2459-393  
QUITO

 (02) 2829-079  
LLANO GRANDE

 (02) 2777-303  
YARUQUI

 (02) 2361-851  
CAYAMBE

 (03) 2718-403  
LATACUNGA

**Figura AVI.6.** Ficha técnica de guantes de cuero

**ARMOR<sup>FT</sup>**

**Armor 100**  
**Bota Industrial**  
-Punta de acero

  
ISO 20345:2011

-  Suela de goma  
Anti Deslizante  
de poliuretano.
-  Resistente a impactos  
de hasta 200J y 15 kN  
en compresión con  
punta de acero
-  Plantilla de acero  
anti perforación
-  Suela exterior  
resistente al aceite
-  Protección de talón  
que devuelve la  
energía al caminar



Figura AVI.7. Ficha técnica del calzado de seguridad

## ANEXO VII

**FOTOS DE CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE LA CAMPANA  
EXTRACTORA TIPO ELEVADA, TECHO.  
TALLER ACADÉMICO DE SOLDADURA DEL INSTITUTO  
SUPERIOR TECNOLÓGICO TSÁCHILA**

**Figura AVII.8.** Construcción de la campana



**Figura AVII.9.** Construcción de la sección piramidal



**Figura AVII.10.** Empotramiento de la campana al techo



**Figura AVII.11.** Fijación del ventilador



**Figura AVII.12.** Fijación del ducto de salida



**Figura AVII.13.** Vista exterior de la campana de extracción