

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES



**“DETECCIÓN DE EMANACIÓN DE GASES CO Y CO₂ EN
PROCESOS SMAW, GMAW Y GTAW MEDIANTE UNA
CAMPANA DE SOLDEO”**

Presentada por:

FRANCISCO JAVIER ROJAS ALEJANDRO

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGISTER SCIENTIAE EN CIENCIAS AMBIENTALES**

Lima - Perú

2023

“DETECCION DE EMANACION DE GASES CO Y CO₂ EN PROCESOS SMAW, GMAW Y GTAW MEDIANTE UNA CAMPANA DE SOLDEO”

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

www.e-ciencia.com

Fuente de Internet

10%

2

fdocuments.ec

Fuente de Internet

4%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 4%

Excluir bibliografía

Activo

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES**

**“DETECCIÓN DE EMANACIÓN DE GASES CO Y CO₂ EN
PROCESOS SMAW, GMAW Y GTAW MEDIANTE UNA
CAMPANA DE SOLDEO”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO
MAGISTER SCIENTIAE**

Presentada por:

FRANCISCO JAVIER ROJAS ALEJANDRO

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

**Lic.Rer.Reg. Víctor Aguilar Vidangos
PRESIDENTE**

**Mg.Sc. Augusto F. Zingg Rosell
ASESOR**

**Ph.D. José Calle Maravi
MIEMBRO**

**Dr. Abel Mejía Marcacuzco
MIEMBRO**

DEDICATORIA

Con mucho amor a mi padre Celestial,
por permitir desarrollarme y culminar una
etapa en mi progreso eterno, comprendiendo
que toda verdad puede ser comprendida
en un gran conjunto, siendo que su Gloria es la inteligencia.

A mi amada Noemí y a mis hijos por el
Apoyo y comprensión, para culminar el
presente trabajo.

A mis profesores de la Escuela de Pos grado.

AGRADECIMIENTO

A los miembros del jurado de la presente tesis, Lic. Rer. Reg. Víctor Aguilar Vidangos:
Doctor Abel Jesús Mejía Marcacuzco; Doctor José Calle Maraví y Magister Scientiae
Augusto Felipe Zingg Rossel.

ÍNDICE GENERAL

I.- INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 PROCESOS DE SOLDADURA ELÉCTRICA.....	3
2.1.1 Proceso Soldable SMAW(Electromanual).....	3
2.1.2 Proceso De Soldadura ccon Arco Eléctrico GMAW (MIG/MAG)	5
2.1.3 Proceso Soldable GTAW (TIG).....	7
2.2 CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA	8
2.2.1 Fuentes Naturales:.....	9
2.2.2 FUENTES ARTIFICIALES O ANTROPOGÉNICAS:.....	10
2.3 CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS.....	12
2.3.1. Monóxido de Carbono(CO)	12
2.3.2. Contaminación por CO ₂	16
2.3.3. Óxidos de Azufre (SO _x).....	20
2.3.4 Óxidos de Nitrógeno	23
2.3.5 Ozono (O ₃).....	24
2.4 ESTÁNDARES DE CALIDAD DEL AIRE – EPA (AGENCIA DE PROTECCION AMBIENTAL)	29
2.5 LÍMITES PERMISIBLES PARA AGENTES QUÍMICOS EN PERÚ.....	30
2.5.1 TWA (Media ponderada del tiempo)	30
2.5.2 STEL (Exposición de corta duración).....	31
2.5.3 TLVs (Valores límites permisibles).....	31
2.6 EFECTOS DE LOS CONTAMINANTES TÓXICOS.....	35
2.6.1 Daños genéticos	35
2.6.2 Cambios en la función hormonal	35
2.6.3 Cáncer	35
2.6.4 Alergias	35
2.6.5 Cambios de comportamiento.....	36
2.6.6 Resistencia.....	36
2.6.7 Sinergia	36
2.7 GASES INDUSTRIALES	36
2.7.1 Acetileno(C ₂ H ₂).....	36
2.7.2 Aire.....	37
2.7.3 Argón (Ar).....	37
2.7.4 Dióxido de carbono (CO ₂).....	38

2.7.5 Helio (He).....	38
2.7.6 Hidrógeno (H).....	39
2.7.7 Nitrógeno (N ₂).....	40
2.7.8 Oxígeno (O ₂).....	40
2.8 TVOC. (TOTAL VOLATIL ORGANIC COMPOUNDS)	43
2.9 MATERIALES PARTICULADOS (PM)	45
2.9.1.- Material Particulado menor a 2.5 micrones (PM _{2.5}).....	46
2.9.2.- Material particulado menor a 10 micrones (PM ₁₀).....	47
2.10 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA CAMPANA DE SOLDEO PARA DETECCIÓN DE GASES	48
2.10.1 Construcción de la campana de soldeo	48
2.10.2 Conceptos básicos. Unidades.....	49
2.11 CAPTACIÓN LOCALIZADA	50
2.12 DE LOS MATERIALES	50
2.12.1 Velocidades de arrastre o captación mínima (Va).....	51
2.12.2 Velocidad de transporte (Vc).....	54
2.13 JUSTIFICACIÓN DEL USO DEL MOTOR DE RODETES CENTRÍFUGO	55
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	57
3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN.....	57
3.2 EQUIPOS Y MATERIALES.....	57
3.3 VARIABLES ESTUDIADAS	59
3.4 METODOLOGÍA	59
3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	59
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	61
4.3 PARTICULADO (PM _{2.5}).....	64
4.4 PARTICULADO (PM ₁₀).....	66
4.5 DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂).....	68
4.6 TEMPERATURA (T°)	70
4.7 TIEMPO DE SOLDADO (t).....	71
V. CONCLUSIONES.....	73
VI. RECOMENDACIONES	74
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75
VIII. ANEXOS	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01 Efectos del Monóxido de carbono en ppm por tiempo de exposición	14
Tabla 02 Efectos del Monóxido de carbono en ppm concentrado en el aire.....	15
Tabla 03 Efectos de la concentración de CO ₂	20
Tabla 04 Estándares de calidad del aire ambiente de la EPA (1995).	29
Tabla 05 Valores límite permisibles para agentes químicos en el ambiente de trabajo.	32
Tabla 06 Estándares nacionales e calidad ambiental del aire.	33
Tabla 07 Valores de tránsito.	34
Tabla 08 Valores referenciales.	34
Tabla 09 Formaldehído – efecto en función de la concentración (ppm).	42
Tabla 10 Formaldehído – efecto en función de la concentración (mg/m ³).....	43
Tabla 11 TVOC – efecto en función de la concentración (mg/m ³).	45
Tabla 12 Velocidades de captación o arrastre.	53
Tabla 13 Velocidades de arrastre (V _a) y velocidades de conducción (V _c).	54
Tabla 14 Características técnicas de motores de rodete centrífugo	55

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 01 Procesos de soldaduras en estudio.	59
Cuadro 02 Resultados estadísticos de la prueba de Tukey del efecto de los procesos de soldadura para la variable respuesta del Formaldehído (HCHO).....	62
Cuadro 03 Resultados estadísticos de la prueba de Tukey del efecto de los procesos de soldadura para la variable respuesta de volátiles totales (TVOC).....	63
Cuadro 04 Resultados estadísticos de la prueba de Tukey del efecto de los procesos de soldadura para la variable respuesta del PM2.5.	65
Cuadro 05 Resultados estadísticos de la prueba de Tukey del efecto de los procesos de soldadura para la variable respuesta PM10.	67
Cuadro 06 Resultados estadísticos de la prueba de Tukey del efecto de los procesos de soldadura para la variable respuesta CO ₂	69
Cuadro 07 Resultados estadísticos de la prueba de Tukey del efecto de los procesos de soldadura para la variable respuesta de la temperatura.	70
Cuadro 08 Resultados estadísticos de la prueba de Tukey del efecto de los procesos de soldadura para la variable respuesta tiempo de soldado.	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01 Soldadura SMAW – Electromanual.....	4
Figura 02 Soldadura GMAW (MIG/MAG).	6
Figura 03 Soldadura con gas y arco de tungsteno (GTAW).	8
Figura 04 Representación gráfica del Efecto invernadero natural.	9
Figura 05 Tipos de emisiones.	11
Figura 06 Ciclo del carbono.	17
Figura 07 Emisiones de CO ₂ Per cápita.	18
Figura 08 Contaminación del aire en América Latina.	18
Figura 09 Emisiones de CO ₂ en Perú.	19
Figura 10 Producción de CFCs en América Latina y el Caribe.	26
Figura 11 Producción de CFCs en América Latina y el caribe, para los cuatro principales países consumidores, 1986 – 1996.	27
Figura 12 Evolución del consumo de los CFC, TCC y Halones en América Latina y el Caribe.	27
Figura 13 Forma correcta de la campana de soldeo.	51
Figura 14 Tipos de campanas.	52
Figura 15 Curvas Características – Presión estática (Pe) vs. Caudal (Q).	56
Figura 16 Efecto de los procesos de soldadura en la cantidad de formaldehído (HCHO).	62

Figura 17 Efecto de los procesos de soldadura en la cantidad de volátiles totales.....	64
Figura 18 Efecto de los procesos de soldadura en PM2.5.....	65
Figura 19 Efecto de los procesos de soldadura en PM10.....	67
Figura 20 Efecto de los procesos de soldadura en CO ₂	69
Figura 21 Efecto de los procesos de soldadura en la T°.....	71
Figura 22 Efecto de los procesos de soldadura con la duración del soldado.....	72

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 01	Análisis ANVA para los tres procesos soldables: GMAW, SMAW y GTAW	82
Anexo 02	cálculo de STEL (15 minutos) para el CO ₂	88
Anexo 03	Fotos.	89
Anexo 04	Plano de la campana de soldeo.	93

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue, detectar las emanaciones de CO, CO₂ y demás componentes que califican la calidad del aire: Formaldehído (HCHO); Volátiles totales (TVOC) y material particulado (PM_{2.5} y PM₁₀), que emanan de tres procesos de soldadura eléctrica, más empleados en la reparación de maquinaria agrícola: Shielded Metal Arc Welding (SMAW), Gas Metal Arc Welding (GMAW) y Gas Tungsten Arc Welding (GTAW), empleando una campana extractora o campana de soldeo. Para este fin se diseñó y construyó una campana de soldeo empleando materiales reciclados de la Universidad nacional agraria la molina (UNALM). La realización del trabajo se llevó a cabo en el taller de soldadura del Departamento de Mecanización y Energía (D. M y E) de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la UNALM. Con la ayuda de un aparato detector (Air Quality detector precisión instrument), se registró las lecturas de las 30 muestras soldadas (diez por cada proceso), así como el comportamiento de cada uno de los procesos con la Temperatura y el tiempo de soldado. Seguidamente se procedió a evaluar las lecturas con la parte estadística. Para lo cual se empleó el Diseño Completo al Azar (DCA) con un Análisis de variancias (ANOVA), que al interpretarlo en las discusiones arribamos a la conclusión que el proceso soldable más acorde para la conservación de la calidad del aire en casi todas las variables excepto en la temperatura; fue el que usa un electrodo de tungsteno no consumible GTAW, más conocido como TIG (Tungsten Inert Gas) por emplear gas inerte.

Palabras claves: Contaminación del aire

ABSTRACT

The objective of this work was, to detect the emissions of CO, CO₂ and other components that qualify air quality: Formaldehyde (HCHO); Total volatiles (TVOC) and particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), which emanate from three electrical welding processes, most used in the repair of agricultural machinery: Shielded Metal Arc Welding (SMAW), Gas Metal Arc Welding (GMAW) and Gas tungsten arc welding (GTAW), using a fume hood or welding hood. For this purpose, a welding hood was designed and built using recycled materials from the “Universidad Nacional Agraria la Molina” (UNALM). The work was carried out in the welding workshop of the Department of Mechanization and Energy (D.M & E) of the Faculty of Agricultural Engineering of the UNALM. With the help of a detector device (Air Quality detector precision instrument), the readings of the 30 welded samples (ten for each process) were recorded, as well as the behavior of each of the processes with the Temperature and welding time. The readings were then evaluated with the statistical part. For which the Complete Random Design (DCA) with an Analysis of Variances (ANOVA) was used, which when interpreted in the discussions we came to the conclusion that the most appropriate weldable process for the conservation of air quality in almost all variable except temperature; was the one that uses a non-consumable GTAW tungsten electrode, better known as TIG (Tungsten Inert Gas) because it uses inert gas.

Keywords: air pollution

I.- INTRODUCCIÓN

Desde su aparición y difusión, los diferentes procesos soldables, han contribuido a reducir los costos de producción dentro de la industria de la construcción y la metal-mecánica; al asegurar una eficiente estructura, con suficiente resistencia para cada requerimiento de reparación y reconstrucción de alguna pieza de maquinaria. La resistencia es evaluada con diferentes y múltiples métodos, así como las ventajas económicas, faltando conocer la contaminación de las emanaciones de gases emitidos.

Los procesos soldables empleados en la reconstrucción de maquinaria agrícola son muy diversos y abundantes (casi 100 o más). Dentro de los más conocidos podemos encontrar los procesos: SMAW, GMAW y GTAW (todos ellos con aplicación de arco eléctrico), como los más requeridos y usados en la reconstrucción de maquinaria agrícola, cada uno de ellos con emanaciones en diferentes niveles y cantidades de gases. Los límites máximos de permisividad, así como el tiempo de exposición en una labor de soldadura, son establecidos por organismos nacionales e internacionales, de acuerdo con la cantidad de emanaciones de gases de cada proceso, protegiendo la salud de los operadores, soldadores y en este caso, estudiantes del Departamento de Mecanización de la facultad de Ingeniería agrícola de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Se puede cuantificar las emanaciones de gases originados por los diferentes procesos de soldaduras, con la ayuda de una campana extractora aunado a un instrumento de detección de la calidad del aire.

En el presente trabajo se pretende utilizar un método de medición o detección de gases como el CO y CO₂. Con el uso de un instrumento de los muchos que existen en el mercado. El “Air quality detector precisión instrument”, con el cual, además, se puede detectar componentes de

la calidad del aire como el HCHO (formaldehído), TVOC (compuestos orgánicos volátiles totales), PM_{2.5} y PM₁₀. Con los cuales se puede evaluar las distintas escalas de emanaciones de los gases en mención, emitidos por cada proceso soldable. Y Con los datos obtenidos en cada proceso en prueba se pretende obtener recomendaciones de uso entre procesos con la menor contaminación; su aplicación sobre un mismo material base, a fin de reducir los riesgos de salud de los, alumnos, operadores, y soldadores, toda vez la menor contaminación del medio ambiente. Los objetivos del presente trabajo son:

Objetivo General

Detectar la emanación de gases de CO y CO₂ en procesos de soldadura eléctrica: SMAW, GMAW y GTAW, con campana de soldeo en la UNALM 2023.

Objetivos Específicos

1. Diseñar y Construir una campana de soldeo para la detección de CO y CO₂ en los procesos de soldadura eléctrica: SMAW, GMAW y GTAW. utilizando materiales reciclados de la UNALM.
2. Comparar los procesos de soldaduras eléctricas en función de las emanaciones de CO y CO₂ y componentes de la calidad del aire (HCHO, TVOC, PM 2.5 Y PM10).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 PROCESOS DE SOLDADURA ELÉCTRICA

Entre los más usados en la Reconstrucción de Maquinaria Agrícola tenemos:

2.1.1 Proceso Soldable SMAW(Electromanual)

Shielded, Metal, Arc Welding, es un sistema de soldadura eléctrica con electrodo recubierto se caracteriza, por la creación y mantenimiento de un arco eléctrico entre una varilla metálica llamada electrodo, y la pieza a soldar. El electrodo recubierto está constituido por una varilla metálica a la que se le da el nombre de alma o núcleo, generalmente de forma cilíndrica, recubierta de un revestimiento de sustancias no metálicas, cuya composición química puede ser muy variada, según las características que se requieran en el uso. El revestimiento puede ser básico, rutílico y celulósico. Para realizar una soldadura por arco eléctrico se induce una diferencia de potencial entre el electrodo y la pieza a soldar, con lo cual se ioniza el aire entre ellos y pasa a ser conductor, de modo que se cierra el circuito. El calor del arco funde parcialmente el material de base y funde el material de aporte, el cual se deposita y crea el cordón de soldadura.

La soldadura por arco eléctrico es utilizada comúnmente debido a la facilidad de transporte y a la economía de dicho proceso (Díaz 2018-2022)

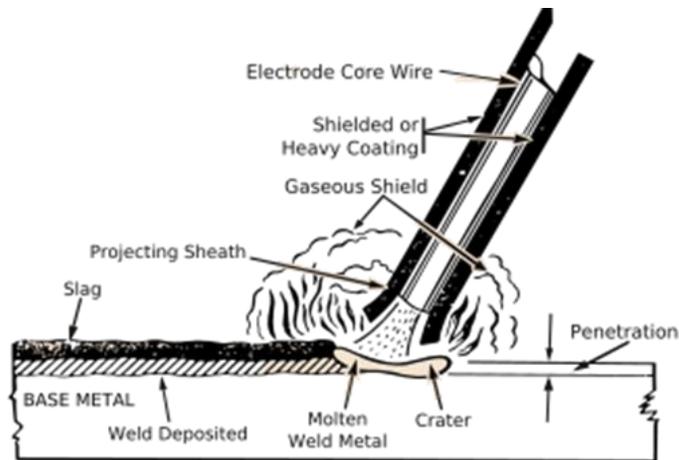


Figura 01. Soldadura SMAW – Electromanual
Fuente: Department of the army (1993)

Componentes:

- a. **Plasma.** Está compuesto por electrones que transportan la corriente y que van del polo negativo al positivo, de iones metálicos que van del polo positivo al negativo, de átomos gaseosos que se van ionizando y estabilizándose conforme pierden o ganan electrones, y de productos de la fusión tales como vapores que ayudarán a la formación de una atmósfera protectora. Esta zona alcanza la mayor temperatura del proceso.
- b. **Llama.** Es la zona que envuelve al plasma y presenta menor temperatura que éste, formada por átomos que se disocian y recombinan desprendiendo calor por la combustión del revestimiento del electrodo. Otorga al arco eléctrico su forma cónica.
- c. **Baño de fusión.** La acción calorífica del arco provoca la fusión del material, donde parte de éste se mezcla con el material de aportación del electrodo, provocando la soldadura de las piezas una vez solidificado.
- d. **Crater.** Surco producido por el calentamiento del metal. Su forma y profundidad vendrán dadas por el poder de penetración del electrodo.

- e. **Cordón de soldadura.** Está constituido por el metal base y el material de aportación del electrodo y se pueden diferenciar dos partes: la escoria, compuesta por impurezas que son segregadas durante la solidificación y que posteriormente son eliminadas, y el sobre espesor, formado por la parte útil del material de aportación y parte del metal base, que es lo que compone la soldadura en sí.

- f. **Electrodo.** Son varillas metálicas preparadas para servir como polo del circuito; en su extremo se genera el arco eléctrico. En algunos casos, sirven también como material fundente. La varilla metálica a menudo va recubierta por una combinación de materiales que varían de un electrodo a otro. El recubrimiento en los electrodos tiene diversas funciones, éstas pueden resumirse en las siguientes: Función eléctrica del recubrimiento, función física de la escoria y función metalúrgica del recubrimiento (Casco 2011).

2.1.2 Proceso De Soldadura ccon Arco Eléctrico GMAW (MIG/MAG)

Gas, Metal, Arc, Welding, designado así por la AWS. Este procedimiento, consiste en mantener un arco entre un electrodo de hilo sólido continuo y la pieza a soldar. Tanto el arco como el baño de soldadura se mantiene protegido de la atmósfera circundante por un gas inerte (proceso MIG), de los seis gases inertes que existen (argón, helio, neón, criptón, xenón y radón) el argón es el más empleado en Europa, mientras que es el Helio el que se utiliza en Estados Unidos, o por un gas activo (proceso MAG), utiliza un gas protector químicamente activo (dióxido de carbono, argón más dióxido de carbono o argón más oxígeno). El procedimiento es adecuado para unir la mayoría de materiales. La soldadura MIG/MAG es un proceso versátil, pudiendo depositar el metal a una gran velocidad y en todas las posiciones. El procedimiento es muy utilizado en espesores delgados y medios, en fabricaciones de acero y estructuras de aleaciones de aluminio, especialmente donde se requiere un gran porcentaje de trabajo manual. La introducción de hilos tubulares está encontrando cada vez más, su aplicación en los espesores fuertes que se dan en estructuras de acero pesadas (Rodríguez 2001)

Descripción Del Proceso De Soldadura GMAW (MIG/MAG):

- a. **Semiautomático.** En la soldadura semiautomática la alimentación del alambre, la corriente de la soldadura y la circulación de gas, se regulan a los valores convenientes y funcionan automáticamente, pero la pistola hay que sostenerla y desplazarla manualmente.
- b. **Automático.** Cuando la instalación es totalmente automática, la alimentación del alambre, la corriente de soldadura, el caudal de gas y la velocidad de desplazamiento a lo largo de la junta, se regulan previamente a los valores adecuados, y luego, todo funciona en forma automática. Generalmente el operador interviene muy poco en el proceso, bien sea para corregir, reajustar parámetros, mover la pieza o cambiarla de un lugar a otro (Flores *et al.* 2020).
- c. **Robotizado.** Dentro de este proceso de soldadura, se puede robotizar a escala industrial. Es usado comúnmente para realizar trabajos de soldadura en aceros de bajo y medio contenido de carbono, también puede usarse para soldar acero inoxidable, aluminio u otros metales no férricos y tratamientos de relleno. La soldadura robotizada emplea el uso de robots con el fin de ejecutar la programación y llevar a cabo el proceso de manera automática.

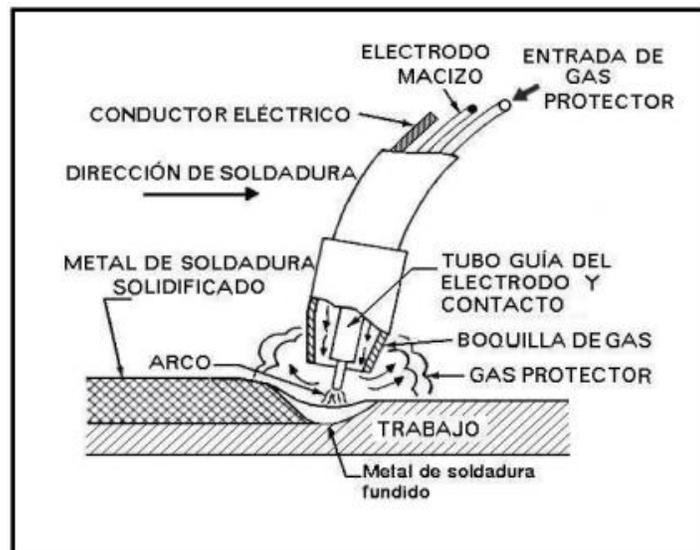


Figura 02. Soldadura GMAW (MIG/MAG)
Fuente: Ingemecanica

2.1.3 Proceso Soldable GTAW (TIG)

Gas, Tungsteno, Arc Welding (GTAW), nombre designado por la AWS, también llamado TIG (Tungsten Inert Gas), Soldadura de arco con electrodo de tungsteno y gas inerte, soldadura Heliarc, en Europa se le denomina WIG (Wolfram Inert Gas). Los elementos más importantes que se utilizan son: El equipo como fuente de poder, electrodo de Tungsteno, pistola para soldar, Flujómetro, porta masa, cilindro de gas y el material de aporte si es necesario. El proceso comienza cuando el electrodo de tungsteno crea un arco eléctrico de bajo voltaje y alto amperaje con el material base formando un charco de soldadura, el cual es protegido de los contaminantes atmosféricos por un gas inerte sumándose al proceso cuando sea necesario un metal de aporte en forma de alambre o varilla aplicándose junto con el arco formado, no se genera salpicaduras durante el trabajo y se produce poco humo (Núñez 2012).

La gran ventaja de este método de soldadura es, la obtención de cordones más resistentes, más dúctiles y menos sensibles a la corrosión que en el resto de procedimientos, ya que el gas protector impide el contacto entre el oxígeno de la atmósfera y el baño de fusión. Además, dicho gas simplifica notablemente el soldeo de metales ferrosos y no ferrosos, por no requerir el empleo de desoxidantes, con las deformaciones o inclusiones de escoria que pueden implicar. Otra ventaja de la soldadura por arco en atmósfera inerte es la que permite obtener soldaduras limpias y uniformes debido a la escasez de humos y proyecciones; la movilidad del gas que rodea al arco transparente permite al soldador ver claramente lo que está haciendo en todo momento, lo que repercute favorablemente en la calidad de la soldadura. El cordón obtenido es por tanto de un buen acabado superficial, que puede mejorarse con sencillas operaciones de acabado, lo que incide favorablemente en los costes de producción. Además, la deformación que se produce en las inmediaciones del cordón de soldadura es menor.

Como inconvenientes está la necesidad de proporcionar un flujo continuo de gas, con la subsiguiente instalación de tuberías, bombonas, etc., y el encarecimiento que supone. Además, este método de soldadura requiere una mano de obra muy especializada, lo que también

aumenta los costes. Por tanto, no es uno de los métodos más utilizados, sino que se reserva para uniones con necesidades especiales de acabado superficial y precisión. El Helio puro se suele usar para la soldadura con robots.

Y la soldadura con Argón puro se suele usar para aceros austeníticos con cromo y níquel, aceros Dúplex, aceros difíciles de soldar como Titanio, zirconio, molibdeno, con metales muy problemáticos con el hidrógeno como los aceros de grano fino, el cobre y el aluminio, y para metales no féreos, o aceros ferríticos con cromo.

El uso de gas nitrógeno para la protección de soldadura TIG se suele dedicar a la soldadura de aceros austeníticos de cromo níquel, o para aceros dúplex (austeníticos-ferríticos).

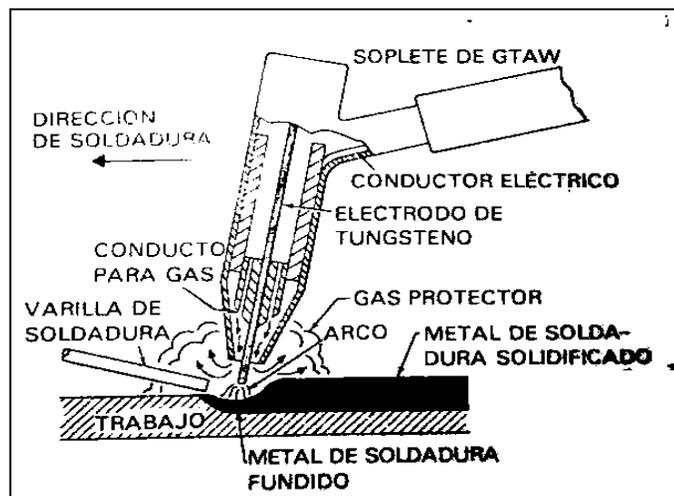


Figura 03. Soldadura con gas y arco de tungsteno (GTAW)
Fuente: Pender (1993)

2.2 CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

El aire es uno de los factores determinantes de la vida en la Tierra. Diariamente todos los organismos dependemos de este coctel de gases, nuestros pulmones filtran alrededor de 15 kg de aire atmosférico al día.

En todo momento de la historia del hombre, éste ha arrojado materiales que pueden considerarse como contaminantes atmosféricos (humo, vapores y partículas), sin embargo, es a

partir del desarrollo industrial que esta acción adquiere proporciones considerables, no sólo por la cantidad de contaminantes que llegan al aire, sino por la naturaleza y calidad de éstos (Cano 2015).



Figura 04. Representación gráfica del Efecto invernadero natural.

Fuente: Benavides León (2007)

Existen fuentes principales de emisión de contaminantes que provienen de:

2.2.1 Fuentes Naturales:

Comprenden las emisiones de contaminantes generados por la actividad natural de la geósfera, biósfera e hidrósfera. Entre las cuales se encuentran:

- a. Erupciones volcánicas: Aportan a la atmósfera compuestos de azufre y gran cantidad de partículas que se diseminan como consecuencia de la acción del viento convirtiéndose en una de las principales causas de contaminación.
- b. Incendios forestales: Los que producen de forma natural y emiten altas concentraciones de dióxido de carbono (CO₂), óxido de nitrógeno (NO_x), humo, polvo y cenizas.

- c. Ciertas actividades de los seres vivos: Como por ejemplo, procesos de respiración, los cuales incrementan la cantidad de CO_2 en el ambiente; procesos de reproducción y floración en plantas anemófilas (las que se polinizan a través del aire) como las gramíneas, los olivos y las arizónicas, las cuales producen polen y esporas que, al concentrarse en el aire, se convierte en la causa principal de alergias respiratorias conocida como polinosis (puede llegar a afectar a más del 20 por ciento de la población en un ambiente urbano); la descomposición anaerobia de la materia orgánica la cual genera gran cantidad de metano (CH_4).
- d. Descargas eléctricas: Generadas durante las tormentas y que dan lugar a la formación de NO_x al oxidar el nitrógeno atmosférico.
- e. El mar: El cual emite cantidades considerables de partículas salinas al aire (McGraw 2009).

2.2.2 FUENTES ARTIFICIALES O ANTROPOGÉNICAS:

Es consecuencia de las actividades humana y cuya mayor parte proviene del uso de combustible fósil (carbón, petróleo y gas). Entre las principales actividades generadoras de contaminación atmosférica podemos destacar las siguientes:

- a. En el hogar: El uso de calefacción y otros aparatos domésticos que emplean como fuente de generación de calor el combustible de origen fósil. El mayor o menor grado de dicha contaminación se debe al tipo de combustible, así como al diseño y estado de conservación de los aparatos empleados.
- b. En el transporte: Las emisiones provenientes de la combustión en los vehículos generan una gran cantidad de contaminantes atmosféricos siendo el automóvil y el avión los que un mayor grado de contaminación ocasionan. Para el caso específico del automóvil, la magnitud de contaminación depende de la clase de combustible utilizado, del tipo de motor, el uso de catalizadores y la densidad del tráfico.

- c. En la industria: La contaminación del aire en este sector depende del tipo de actividad que se realice, siendo las centrales térmicas, cementeras, siderometalúrgicas, papeleras y químicas las que más contaminan.
- d. En la agricultura y ganadería: El uso intensivo de fertilizantes y la elevada concentración de ganado vacuno provoca un aumento de gases de efecto invernadero como el CH₄.
- e. En la eliminación de residuos sólidos: La incineración es un proceso muy frecuente que impacta en forma negativa la calidad del aire (McGraw 2009).

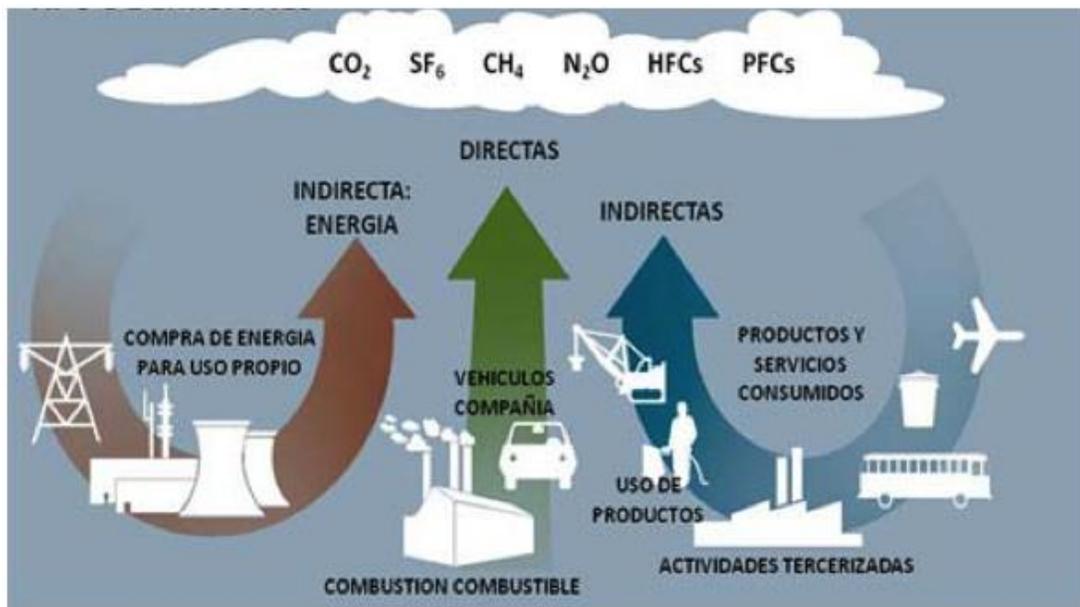


Figura 05. Tipos de emisiones

Fuente: GHG Protocol (2005)

2.3 CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS

Se considera como contaminantes atmosféricos los siguientes compuestos, generados por la naturaleza:

- a. Monóxido de carbono (CO)
- b. Dióxido de carbono (CO₂)
- c. Compuestos de azufre (SO_x)
- d. Compuestos de nitrógeno (NO_x)
- e. Ozono (O₃)
- f. Plomo (Pb)
- g. Cambio climático
- h. Lluvia ácida
- i. Efecto Invernadero
- j. Inversión térmica
- k. Material Particulado (MP).

2.3.1. Monóxido de Carbono(CO)

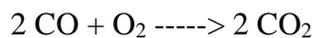
Giannuzzi (2018), describe que el monóxido de carbono (CO) es un gas no irritante, incoloro, inodoro, insípido y tóxico que se produce por la combustión de materia orgánica como la madera, el carbón o el petróleo, en una atmósfera con insuficiencia de oxígeno, donde ocurre la siguiente reacción:



Cuando el carbono se quema en una atmósfera con oxígeno, se produce dióxido de carbono:



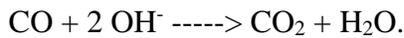
La oxidación del monóxido de carbono provoca:



Químicamente hablando, el CO es un agente reductor y la concentración media de CO en la atmósfera es de 0,1 ppm. La mayor fuente de CO son los motores de combustión interna (las concentraciones pueden alcanzar hasta 115 ppm en los atascos). Para reducir estas emisiones,

se decidió equipar los automóviles con convertidores catalíticos, que reducen las emisiones de dióxido de carbono hasta en un 90 por ciento.

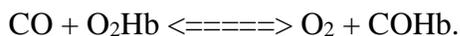
El método natural de consumo de CO es la reacción química con los radicales hidroxilo del medio ambiente.



La toxicidad del CO para los humanos se debe a su capacidad para combinarse con la hemoglobina para formar carboxihemoglobina (COHb), que no puede transportar oxígeno porque la COHb y el O₂ compiten por los mismos grupos funcionales de la hemoglobina. Sin embargo, el CO se une a la hemoglobina aproximadamente 10 veces menos que el oxígeno y se disocia de la hemoglobina aproximadamente 2200 veces menos que el oxígeno. Esto significa que la afinidad química de la hemoglobina por el CO es 220 veces mayor que por el oxígeno.

La reducción de la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre es proporcional a la cantidad de COHb presente, pero la cantidad de oxígeno disponible para los tejidos se reduce aún más por el efecto inhibitor de la COHb sobre la disociación de la oxihemoglobina (O₂Hb). Aun disponible. La COHb es completamente disociable y se excreta de los pulmones una vez finalizada la exposición aguda al CO. Sólo una pequeña porción se oxida a CO₂.

Si alguien se intoxica con CO al inhalar aire en reposo, la vida media del contenido de CO en la sangre es de 320 minutos. Cuando se aplica oxígeno puro, la vida media se reduce a 80 minutos a medida que el equilibrio cambia hacia la producción de oxihemoglobina según la siguiente ecuación química:



El grado de toxicidad del CO depende de la concentración y el tiempo al que está expuesto un individuo, y el daño puede variar desde una leve molestia hasta la muerte.

Tabla 01: Efectos del Monóxido de carbono en ppm por tiempo de exposición

NIVEL (ppm)	EFECTO FISIOLÓGICO
200 por 3 horas ó 600 por 1 hora	Dolor de cabeza
500 por 1 hora ó 1 000 por 30 minutos	Mareos, zumbido de oídos, náuseas, palpitaciones, embotamiento
1 500 por una hora	Sumamente peligroso para la vida
4 000	Colapso, inconsciencia, muerte

Fuente Palate Gaybor (2005)

El envenenamiento por CO puede agravarse por la acción de factores como:

- a. El humo de cigarro
- b. La realización de ejercicio físico
- c. La exposición en sitios localizados a más de 1 500 m sobre el nivel del mar
- d. La presencia de enfermedades cardiorrespiratorias

Otras fuentes de emisión son las industrias que utilizan combustibles fósiles en sus fraguas, calderas e incineradores, en la detonación de explosivos y los escapes en instalaciones deterioradas de calefacción y estufas.

Los sitios donde se concentran gran cantidad de vehículos de combustión interna corresponden a los de mayor índice de contaminación producida por monóxido de carbono.

Tabla 02: Efectos del Monóxido de carbono en ppm concentrado en el aire

Concentraciòn	Síntomas
35 ppm (0,0035%)	Dolor de Cabeza y mareos dentro de 6 a 8 horas de exposiciòn constante
100 ppm (0,01%)	Leve dolor de cabeza dentro de 2 a 3 horas de exposiciòn
200 ppm (0,02%)	Leve dolor de cabeza dentro de 2 a 3 horas; pérdida de juicio
400 ppm (0,004%)	Dolor de cabeza frontal dentro de 1 o 2 horas de exposiciòn
800 ppm (0,08%)	Mareos, náuseas y convulsiones en 45 minutos
1.600ppm (0,16%)	Dolor de cabeza, incremento del ritmo cardíaco, mareos y náuseas dentro de 20 minutos; muerte en menos de 2 horas
3.200 ppm (0,32%)	Dolor de cabeza, mareos y náuseas dentro de 5 a 10 minutos de exposiciòn. Muerte entre 30 minutos
6.400 ppm (0,64%)	Dolor de cabeza, y mareos de 1 a 2 minutos de exposiciòn. Convulsiones, paro respiratorio y muerte en menos de 20 minutos
12.800 ppm (1,28%)	Inconsciencia después de respirar 2 o 3 veces. Muerte en menos de 3 minutos

¿Cuán peligroso es el monóxido de carbono?

2.3.2. Contaminación por CO₂

El dióxido de carbono CO₂ constituye el enlace indispensable que une al Sol con la Tierra por el intercambio bioquímico que permite que la energía luminosa se "incorpore" a los sistemas vivientes. A partir de la energía solar y con la intervención de moléculas como la clorofila y el agua, participa en la construcción de alimentos a través de la fotosíntesis en las plantas verdes (autótrofos).

La energía contenida en los alimentos puede ser aprovechada dentro de la célula de la misma planta o de cualquier otro organismo (organismo heterótrofo) mediante procesos de oxidación que permiten "quemar" esos compuestos a través del proceso de respiración y así, el CO₂ regresa a la atmósfera.

La fotosíntesis y la respiración son los procesos metabólicos que ha utilizado la Tierra por miles de años para hacer que circule el CO₂ (ciclo del CO₂) Se estima que en condiciones naturales el CO₂ tarda alrededor de 300 años para completar este ciclo.

Buena parte del ciclo del carbono tiene lugar en el agua, donde enormes cantidades de organismos acuáticos fotosintéticos lo fijan en moléculas orgánicas, mientras que otros lo liberan mediante la respiración. El bióxido de carbono liberado pasa a formar compuestos como los carbonatos. Algunos científicos calculan que la mitad del CO₂ que circula se encuentra absorbido por el océano. Mucho de estos carbonatos se encuentra sobre el fondo marino "arrastrados" por los organismos que mueren y caen a las profundidades.

Una serie de reacciones carbonato \rightleftharpoons bicarbonato ocurren constantemente en el agua. Los sedimentos calcáreos contienen mucho de esos compuestos y así, el carbono permanece depositado en el fondo marino, pues estos compuestos se disuelven muy lentamente.

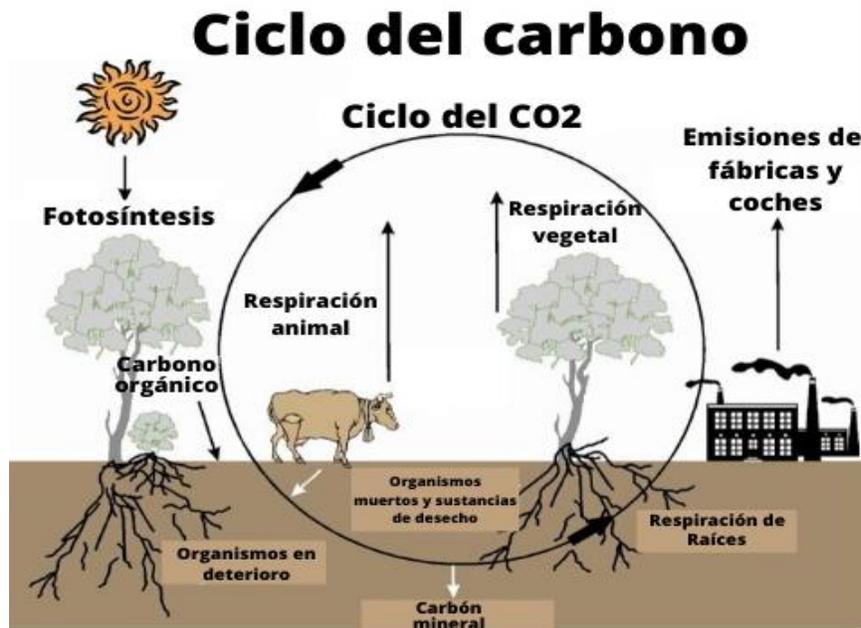


Figura 06. Ciclo del Carbono

Fuente: Matute (2020)

Como sabemos, el ciclo natural del carbono se ve significativamente alterado si: la contaminación, la velocidad y la intensidad con la que las plantas pueden utilizarlo para la fotosíntesis no son suficientes para evitar la acumulación de este gas en la atmósfera.

Los combustibles fósiles han almacenado carbono en las profundidades durante miles de años y su combustión, ahora utilizada como gas, petróleo y gasolina, ha introducido grandes cantidades de carbono en la circulación, en la atmósfera.

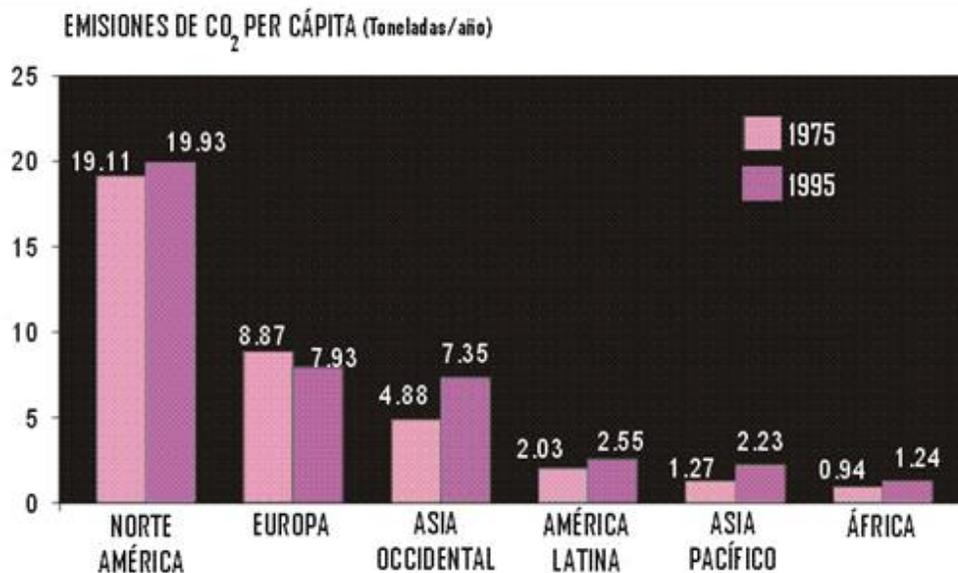


Figura 07. Emisiones de CO₂ Percápita

Fuente: BP statistical Review World Energy (2019)

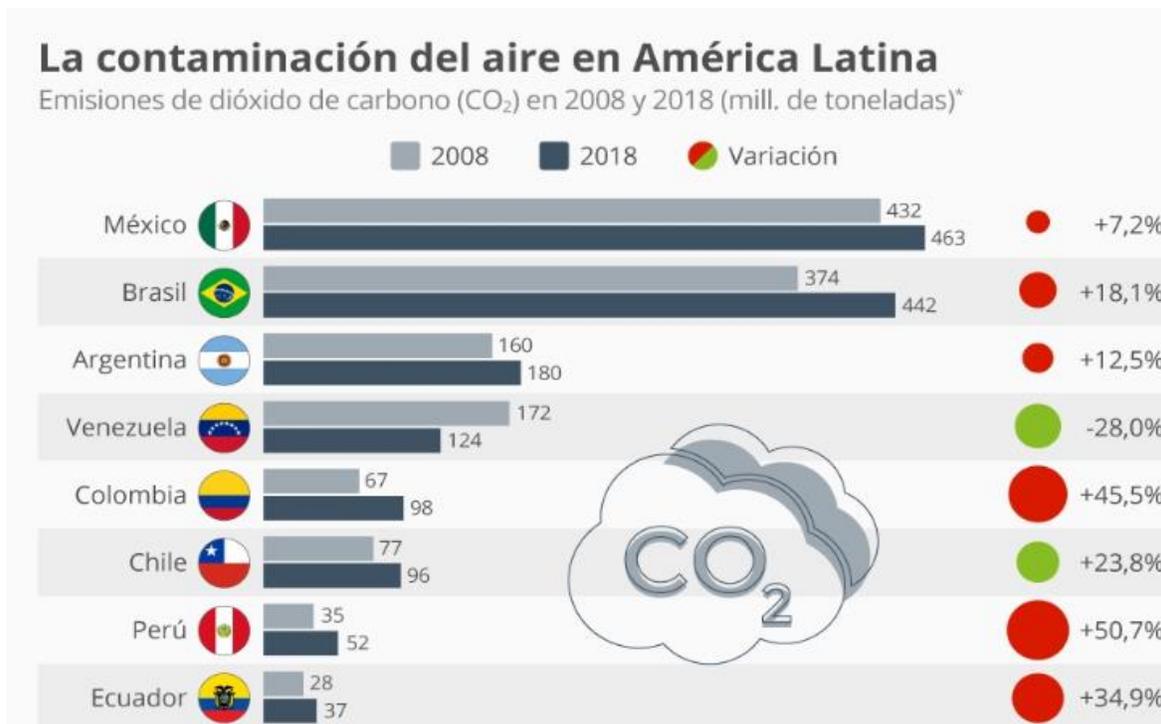


Figura 08. Contaminación del aire en América Latina

BP statistical Review World Energy (2019)

Como se ve, la emisión de dióxido de carbono se ha incrementado sensiblemente en todo el mundo y sus efectos probablemente tienen que ver con el aumento global de temperatura (calentamiento global) que muchos investigadores afirman que está ocurriendo.

Los efectos de concentración de CO₂ en la atmósfera tienen, además, un ritmo estacional. En altas latitudes (al norte) se incrementa significativamente en el invierno cuando baja la actividad fotosintética en los bosques de hoja caduca. Este efecto se acentúa por el incremento en el uso de combustibles para mantener los sistemas de aire acondicionado en países de esas latitudes.

El efecto invernadero está asociado directamente con la acumulación de bióxido de carbono en la atmósfera (alrededor del 50 por ciento) y su impacto aumenta en la medida que consumimos combustibles fósiles, permitimos la tala de bosques en toda la superficie terrestre y continuamos contaminando el mar con desechos y derrames de productos químicos. Otros contaminantes que contribuyen al efecto invernadero son el metano y los clorofluorocarbonos (CFC's, utilizados como propelentes de aerosoles y en sistemas de refrigeración).

En el Perú las emisiones de CO₂, se han ido incrementando y en los años de pandemia un ligero descenso y actualmente enrumbarse hacia un incremento recuperando su tendencia de ir en aumento (Useros Fernández 2012).

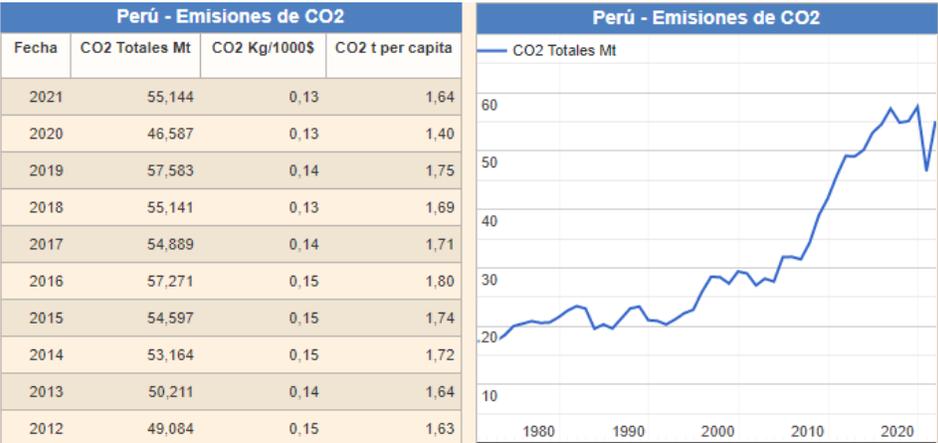


Figura 09. Emisiones de CO2 en Perú

Fuente: Datosmacro.com (2021)

Tabla 03: Efectos de la concentración de CO2

Concentración	Efecto
350 – 450 ppm	Concentración atmosférica común
600 – 800 ppm	Calidad del aire interior
1000 ppm	Calidad aún fiable del aire interior
5000 ppm	Concentración máxima en el lugar de trabajo luego de 8 horas
6000 – 30000 ppm	Cuestionable, sólo carga breve
3- 8 %	Frecuencia respiratoria elevada, dolor de cabeza
> 10 %	Nauseas, vómito, pérdida del conocimiento
> 20%	Pérdida repentina del conocimiento, muerte

Fuente: Fontgas (2020)

2.3.3. Óxidos de Azufre (SOx)

Los avances industriales, en particular la metalurgia y el continuo aumento de la producción de vehículos con motor de combustión interna, producen contaminantes potencialmente mortales, como los óxidos de azufre, que se convierten en ácido sulfúrico mediante otras reacciones químicas, y los óxidos de nitrógeno, que se convierten en ácido nítrico, además de aldehídos, también contienen: sulfuro de hidrógeno, ácido fluorhídrico, arsénico y algunos derivados metálicos como plomo, zinc, mercurio, cadmio y cobre.

La palabra smog se deriva de las palabras inglesas smog y fog, y es una contaminación visible, mezcla de la acción del humo y otros productos de la combustión del carbón y el petróleo que contienen azufre más vapor de agua. En 1952, el smog que contenía óxidos de azufre y partículas de hollín se concentró tanto en Londres, Inglaterra, que la estasis atmosférica (inversión térmica) causó aproximadamente 4.000 muertes en cinco días.

SO₂ es un gas perteneciente al grupo de los gases oxidantes de azufre (SO_x), que se produce principalmente por la combustión de compuestos que contienen carbono, azufre y petróleo durante ciertos procesos industriales y de fabricación de acero.

Este gas incoloro con sabor agrio y picante se percibe por la nariz en concentraciones de hasta 3 ppm (0,003 por ciento) a 5 ppm (0,005 por ciento). Concentraciones de 1 a 10 ppm provocan un aumento de la frecuencia respiratoria y del pulso.

Alcanzar las 20 ppm provoca irritación grave en los ojos, la nariz y la garganta, aumenta los ataques de asma y empeora las alergias respiratorias. El aumento de la concentración y el tiempo de exposición provocan enfermedades respiratorias graves. La exposición a 400-500 ppm, incluso por un período corto de tiempo, puede causar y empeorar ciertas enfermedades cardiovasculares.

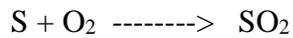
El CO y los óxidos de nitrógeno permanecen en la atmósfera durante aproximadamente 3 años, mientras que los óxidos de azufre permanecen en la atmósfera solo de 3 a 4 días, pero su impacto negativo en el medio ambiente es significativo.

El dióxido de azufre, al igual que los óxidos de nitrógeno, es causa directa de la lluvia ácida, y sus efectos se dejan sentir en las grandes ciudades, donde se acelera la corrosión de edificios y monumentos y se reduce notablemente la visibilidad, así como en la causa de la lluvia. Es muy importante tanto en el campo. Lluvia ácida Lagos, ríos, suelo.

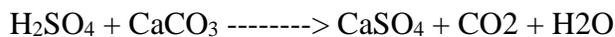
El trióxido de azufre (SO₃) es un agente deshidratante muy potente y se obtiene oxidando el dióxido de azufre (SO₂). Cuando se calienta ácido sulfúrico, se genera SO₃. El anhídrido sulfúrico cristaliza en agujas prismáticas con un punto de fusión normal de 16,8 °C y un punto de ebullición normal de 44,88 °C.

En las condiciones adecuadas, el azufre reacciona con el oxígeno del aire y el dióxido de azufre (SO₂, un gas denso e incoloro con olor a azufre quemado, es muy tóxico. Es un fuerte agente reductor y es soluble en agua). Esto es causado por otras oxidaciones. Se produce ácido sulfúrico anhídrido o trióxido de azufre (SO₃), que puede reaccionar con el vapor de agua del

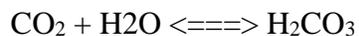
aire para formar ácido sulfúrico. Estos procesos están representados por la siguiente ecuación química (Delgado Saborit 2005):



El ácido sulfúrico es altamente tóxico para todos los seres vivos. También daña edificios y monumentos al reaccionar y destruir el carbonato de calcio (mármol), produciendo dióxido de carbono, agua y sulfato de calcio, un proceso descrito por la ecuación química:



Cuando el dióxido de carbono reacciona con el agua forma ácido carbónico, otro ácido débil, y la reacción está representada por la siguiente ecuación química:



En Estados Unidos y algunos países europeos, se ha descubierto que las tasas de mortalidad por bronquitis crónica están relacionadas con la cantidad y duración de la exposición a contaminantes como el dióxido de azufre.

Las emisiones de SO_2 dañan las hojas y frutos de árboles y plantas de selvas, bosques y zonas cultivadas porque alteran la fotosíntesis. El efecto se llama lluvia ácida.

Las erupciones volcánicas son una fuente importante de contaminación porque sus emisiones liberan grandes cantidades de cenizas y vapor a la atmósfera, afectando grandes áreas circundantes.

Los efectos de las erupciones volcánicas a gran escala son bien conocidos a lo largo de la historia de la humanidad. Nadie sabe cómo la historia de las ciudades de Pompeya y Herculano en Italia estuvo influenciada por la erupción del Monte Vesubio en el siglo I d.C.,

la gran erupción del Krakatoa en Java o las erupciones del Monte Pinatubo y el Monte Chimborazo en Centroamérica.

Las nubes de partículas permanecen en la atmósfera y pueden ser arrastradas lejos de la erupción por los vientos. Su densidad impide la penetración de la luz solar, que puede afectar tanto a la luminosidad del suelo como al fuerte descenso de temperatura en una amplia zona. Influencias que afectan directamente al clima y al desarrollo de la flora y la fauna (Salas Sandoval 2012).

2.3.4 Óxidos de Nitrógeno

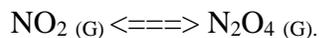
El NO_2 puede irritar los pulmones y predispone ya que abate la resistencia del organismo para contraer diferentes infecciones respiratorias, como la gripa y la influenza.

Los óxidos de nitrógeno (NO_x) son importantes contribuyentes potenciales de fenómenos nocivos como la lluvia ácida y la eutrofización en las zonas costeras. La eutrofización ocurre cuando un cuerpo de agua sufre un notable incremento de nutrientes como los nitratos reduciendo la cantidad de oxígeno disuelto, transformando el ambiente en un medio no viable para los seres vivientes.

Características del gas:

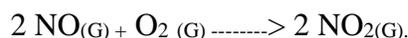
Incoloro (en grandes concentraciones es café pardo). Produce: irritación en los ojos, nariz y garganta. La exposición prolongada o crónica produce lesiones pulmonares. Puede permanecer residente en el medio hasta 3 años.

El nitrógeno no reacciona fácilmente con el oxígeno (por eso el aire se mantiene como una mezcla de nitrógeno y oxígeno, principalmente) pero en condiciones favorables reaccionan produciendo los óxidos de nitrógeno que se representan como NO_x y son el óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO_2 , gas café rojizo) que se mantiene como mezcla en equilibrio con su dímero, el tetróxido de nitrógeno (N_2O_4 , gas incoloro, se licua a 21.3°C) a una temperatura de 25°C y una presión de una atmósfera. Se representa con la ecuación química:

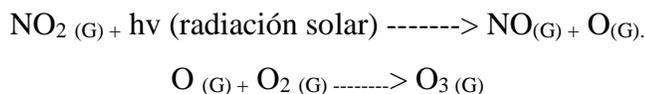


Por regla general todos los óxidos de nitrógeno se transforman en bióxido de nitrógeno en el aire, por eso la observación se centra en él.

El óxido nítrico, NO gas incoloro, reacciona con el oxígeno produciendo dióxido de nitrógeno y se representa mediante la ecuación química:



El dióxido de nitrógeno se descompone por la acción de la luz solar en óxido nítrico y oxígeno atómico (es muy reactivo) y reacciona con una molécula de oxígeno produciendo ozono, procesos que se representan como:



El ozono al igual que los demás peróxidos es muy reactivo y reacciona con el óxido nítrico produciendo dióxido de nitrógeno y oxígeno.



Las reacciones químicas directas del nitrógeno generalmente requieren altas temperaturas, debido a su poca reactividad química. Su reacción con el oxígeno puede efectuarse usando una descarga eléctrica de alto voltaje:



Rojas y Roque (2004)

2.3.5 Ozono (O₃)

El ozono se produce cuando la luz solar reacciona con los óxidos de nitrógeno y el dióxido de azufre, que contaminan la atmósfera. Hay cientos de fuentes que producen estos dos tipos de

contaminantes, incluidos los vapores de gasolina, los solventes químicos y la combustión de diversos compuestos.

Ocurren casi en cualquier lugar: grandes fábricas, gasolineras, pequeñas fábricas, tintorerías. Estos lugares suelen estar ubicados en áreas donde la temperatura ambiente, la radiación solar y el tráfico de vehículos influyen en las reacciones de formación de ozono. El ozono es una molécula formada por tres átomos de oxígeno y es un alótropo del oxígeno. Es un gas de color azul pálido que se convierte en un líquido de color azul oscuro cuando se licua. Químicamente es muy activo y es un agente oxidante muy fuerte, por lo que se utiliza como desinfectante (mata los microorganismos infecciosos). Cuando se diluye, se utiliza para desinfectar agua, purificar el aire y realizar reacciones de oxidación en química orgánica. En presencia de catalizadores como el dióxido de manganeso, MnO_2 , se descompone rápidamente en oxígeno a temperaturas superiores a $100\text{ }^{\circ}C$ y a temperatura ambiente.

Tanto el oxígeno atómico (O) como el ozono (O_3) son altamente reactivos y producen aldehídos, cetonas y alcoholes cuando reaccionan con hidrocarburos olefínicos. El ozono absorbe la luz ultravioleta en una longitud de onda de 300 nanómetros, que es mortal para los seres vivos. La luz ultravioleta tipo B, con longitudes de onda entre 280 y 320 nanómetros, provoca mutaciones genéticas en el ADN (ácido desoxirribonucleico) que provocan cáncer de piel, melanoma y cataratas. Además, el sistema inmunológico del organismo se debilita, haciéndolo más susceptible a enfermedades como gripe, asma, etc., se reduce el proceso de fotosíntesis de las plantas y, por tanto, se reduce la producción de alimentos. Se estima que hay 12 ppm de ozono en la atmósfera, lo que indica que debemos evitar el uso de productos químicos que agotan el ozono.

El ozono ayuda a sustentar la vida de dos maneras:

- a. Por absorción de luz ultravioleta.
- b. Ayudando a mantener el equilibrio térmico de la atmósfera.

Debido a su alta reactividad química, el ozono se utiliza a veces para reducir los olores de los gases de escape, como los producidos en el tratamiento de aguas residuales, oxidándolos para formar productos menos malolientes. Las concentraciones de ozono en estos tratamientos

varían entre 10 y 20 ppm, que es una concentración que puede resultar mortal para el ser humano. Para trabajadores sanos, la concentración máxima permitida de ozono es de 0,1 ppm durante 8 horas al día.

La inhalación de ozono contenido en el smog fotoquímico provoca tos, dificultad para respirar e irritación de nariz y garganta, aumentando el malestar y empeorando enfermedades crónicas como: asma, bronquitis, enfisema (disminuye la capacidad de transportar oxígeno de los pulmones a la sangre) y enfermedades cardíacas.

El ozono atmosférico se produce principalmente por motores eléctricos, rayos y la radiación ultravioleta del sol, que incluye oxígeno en el aire. La capa de ozono puede adelgazarse o destruirse mediante sustancias oxidantes, como algunos hidrocarburos clorados y compuestos nitrogenados. Por esta razón, algunos países han prohibido el uso de aerosoles y sistemas de refrigeración industriales y domésticos que utilizan compuestos que agotan la capa de ozono. En América Latina, su producción y uso aumentaron significativamente en 1984, pero ahora están disminuyendo (www.uned.es/publicaciones).

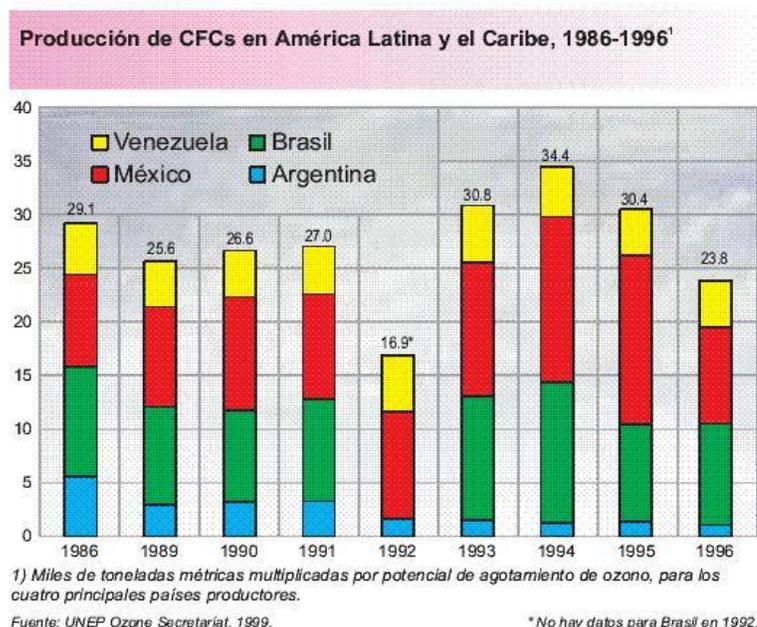


Figura 10. Producción de CFCs en América Latina y el Caribe

Fuente: Slideshare (2011)

Consumo de CFCs en América Latina y el Caribe, para los cuatro principales países consumidores, 1986-1996¹

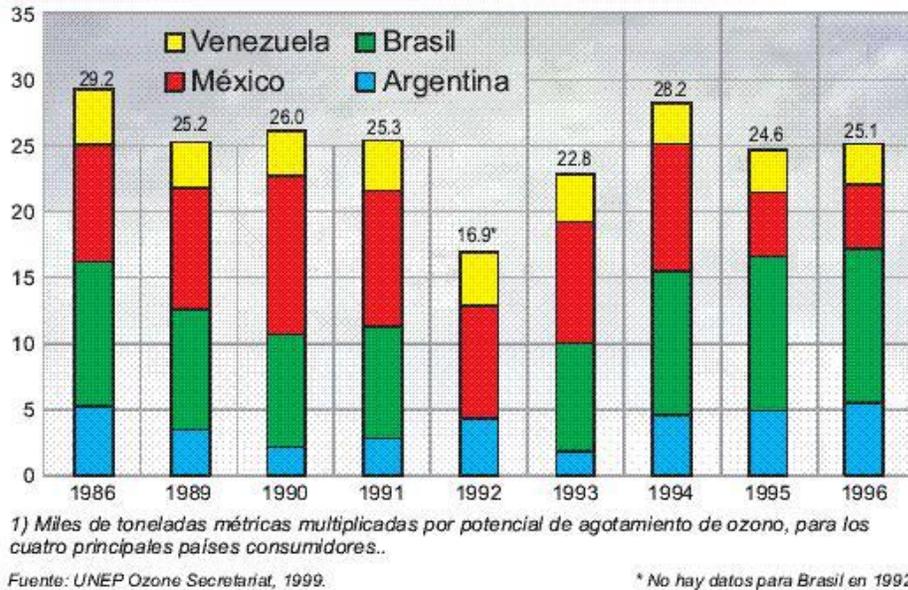


Figura 11. Producción de CFCs en América Latina y el Caribe

Fuente: Slideshare (2011)

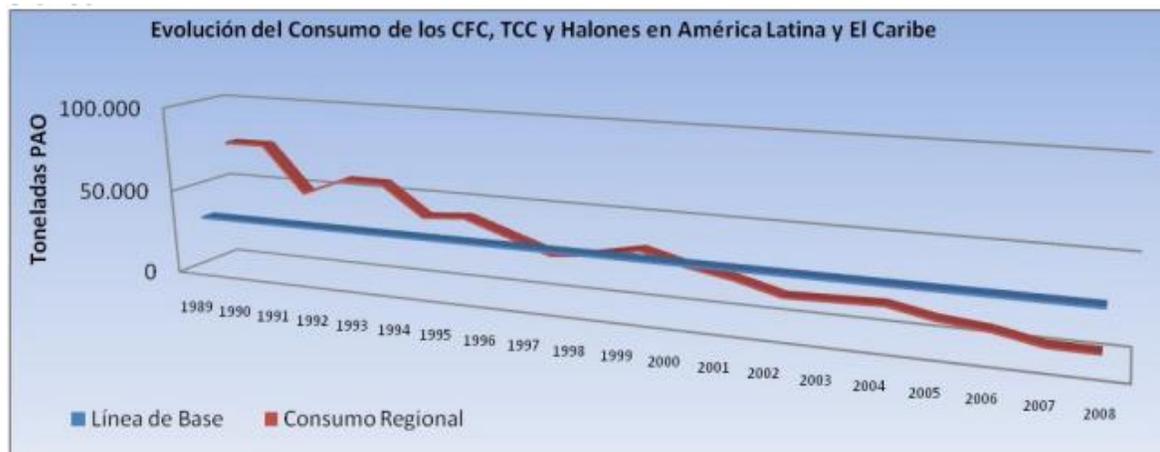
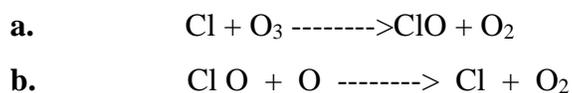


Figura 12. Evolución del consumo de los CFC, TCC y Halones en América Latina y el Caribe

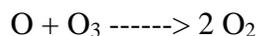
Fuente: PNUMA (2010)

El conjunto de productos químicos denominados clorofluorocarbonos (CFC's) contienen cloro, flúor y carbono, se usan en refrigeración, aire acondicionado, aerosoles y materiales aislantes y se creía que eran inertes químicamente. Son inertes en la troposfera (hasta 10 km) y se vuelven activos por encima de los 20 km (estratosfera) que es donde la concentración de ozono es mayor.

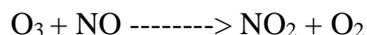
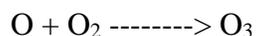
Al descomponerse los CFC's liberan cloro atómico el cual es muy reactivo y destruye a las moléculas de ozono, se considera que un sólo átomo de cloro destruye hasta 100 mil moléculas de ozono. Las ecuaciones químicas que representan el proceso son:



La acción catalítica del átomo de cloro se observa según dos ecuaciones químicas, ya que el átomo de cloro vuelve a quedar libre para reaccionar con otras moléculas de ozono, etc. El monóxido de cloro (ClO), un subproducto de los clorofluorocarbonos, también destruye las moléculas de ozono. La reacción química neta está representada por la siguiente ecuación química:



Reacciones químicas de producción y descomposición del ozono:



Fuente: Crutzen (1970)

2.4 ESTÁNDARES DE CALIDAD DEL AIRE – EPA (AGENCIA DE PROTECCION AMBIENTAL)

Los valores recomendados por la agencia estadounidense de protección ambiental para los gases y humos generados en un proceso de soldadura se muestran en la tabla:

Tabla 04: Estándares de calidad del aire ambiente de la EPA (1995)

Contaminante		Categoría	Tiempo promedio	Nivel de concentración	Forma
Monóxido de carbono (CO)		Primaria	8 horas	9ppm	Valor que no puede ser superado más de una vez al año.
			1 hora	35ppm	
Plomo (Pb)		Primaria y secundaria	Promedio móvil de 3 meses	0,15 µg/m ³	Valor que no puede ser superado.
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)		Primaria	1 hora	100 ppb	Percentil 98 de concentraciones máximas en
		Primaria y Secundaria	Anual	53 ppb	Media anual.
Ozono (O ₃)		Primaria y Secundaria	8 horas	0,075 ppm	Cuarto máximo valor anual de concentración en 8 horas como
Material	PM2,5	Primaria	Anual	12 µg/m ³	Media anual, promediada en 3 años.
Particulado		Secundaria	Anual	15 µg/m ³	Media anual promediada en más de 3 años.
	PM10	Primaria y secundaria		35 µg/m ³	Percentil98, promediado en más de 3 años.
		Primaria y secundaria		150 µg/m ³	Valor que no puede ser superado más de una vez al
Dióxido de Azufre (SO ₂)		Primaria	1 hora	75 ppb	Percentil 99 en 1 hora como máximo diaria.
		Secundaria	3 horas	0,5 ppm	Valor que no puede ser superado más de una vez al

Fuente: Delgado (2016)

2.5 LÍMITES PERMISIBLES PARA AGENTES QUÍMICOS EN PERÚ

Este reglamento aprobado por Decreto Supremo N° 0258-75-SA, declara que las exposiciones a sustancias químicas de uso industrial, aun en concentraciones próximas o debajo del límite permisible, pueden ocasionar efectos adversos a la salud de los trabajadores a mediano o largo plazo.

Conceptos técnicos:

2.5.1 TWA (Media ponderada del tiempo)

Es la concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador medida o calculada de forma ponderada con respecto al tiempo, para la jornada estándar de 8 horas diarias.

La TWA, puede calcularse matemáticamente mediante la siguiente fórmula:

$$TWA = \frac{\sum C_i T_i}{8}$$

Siendo:

Σ : Sumatoria

C_i : La concentración i-ésima

T_i : Tiempo de exposición, en horas, asociado a cada valor C_i

2.5.2 STEL (Exposición de corta duración)

Es la concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador, medida o calculada para cualquier periodo de 15 minutos a lo largo de la jornada.

2.5.3 TLVs (Valores límites permisibles)

Valores de referencia para las concentraciones de los agentes químicos en el aire, y representan condiciones a las cuales se cree que, basándose en los conocimientos actuales, la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos sin sufrir efectos adversos para la salud.

El valor límite para los gases y vapores se establecen originalmente en ppm, valor independiente de las variables de temperatura y presión atmosférica, pudiendo expresarse en mg/m³ para una temperatura de 25°C y una presión de 760 mmHg. Valor que depende de las citadas variables.

La conversión de ppm a mg/m³ se efectúa utilizando la siguiente ecuación:

$$TLV = \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} = \frac{(\text{TLV}_{\text{ppm}}) * (\text{Peso molecular del agente químico en gramos})}{24.45}$$

Siendo 24,45 el volumen molar en litros en tales condiciones estándar (Minsa 2005)

El ministerio de salud del Perú menciona los límites permisibles para la exposición a ciertos agentes químicos que intervienen en los procesos de soldaduras como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 05: Valores límite permisibles para agentes químicos en el ambiente de trabajo.

N° CAS	Agente químico	Límites adoptados				Peso Molecular (gramos)	Notas
		TWA		STEL			
		ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³		
630-08-0	Monóxido de carbono	25	29			28.01	TR1.VLB
124-38-9	Dióxido de carbono	5000	9000	30000	54000	44.01	
50-00-0	Formaldehido			C 0.3	C0.37	30.03	Sc, UIC
7439-92-1	Plomo inorgánico		0.05			207.2	VLB
5/09/7446	Dióxido de azufre	2	5.2	5	13	64.07	
10102-44-0	Dióxido de nitrógeno	3	5.6	5	9.4	46.01	
10028-15-6	Ozono					48	
	Trabajo pesado	0.05	0.1				
	Trabajo moderado	0.08	0.16				
	Trabajo ligero	0.1	0.2				
	Trabajo pesado, moderado o (≤ 2 horas)	0.2	0.4				

Fuente: MINSA (2005)

Tabla 06 Estándares nacionales de calidad ambiental del aire(Todos los valores son concentraciones en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)).

Contaminantes	Periodo	Forma del estándar		Método de análisis
		Valor	Formato	
Dióxido de azufre	Anual	80	Media aritmética anual	Fluorescencia UV (Método automático)
	24 horas	365	NE más de una vez al año	
Monóxido de Carbono	8 horas	10000	Promedio móvil	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)
	1 hora	30000	NE más de una vez /año	
Dióxido de nitrógeno	Anual	100	Promedio aritmético anual.	Quimioluminiscencia (Método automático)
	1 hora	200	NE más de 24 veces al año	
Ozono	8 horas	120	NE más de 24 veces al año	Fotometría UV
				(Método automático)
Plomo	Anual			Método para PM10
	Mensual	1.5	NE más de cuatro veces al año	(espectrofotometría de absorción atómica)
PM – 10	Anual	50	Media aritmética anual	Separación inercial/ filtración (Gravimetría)
	24 horas	150	NE más de tres veces al año	

Nomenclatura NE: significa no exceder

Fuente: MINAM (2001)

Tabla 07: Valores de tránsito

Contaminante	Periodo	Forma del estándar		Método de análisis
		Valor	Formato	
Dióxido de Azufre	Anual	100	Media aritmética anual	Fluorescencia UV (Método)
PM-10	Anual	80	Media aritmética anual	Separación inercial/ filtración (Gravimetría)
	24 horas	200	NE más de tres veces al año	
Dióxido de Nitrógeno	1 hora	250	NE más de 24 veces al año	Quimioluminiscencia
				(Método automático)
Ozono	8 horas	160	NE más de 24 veces al año	Fotometría UV
				(Método automático)

Fuente: MINAM (2001)

Tabla 08: Valores referenciales

Contaminante	Periodo	Forma del estándar	Método de análisis
		Valor	
PM 2.5	Anual	15	Separación inercial/

Fuente: MINAM (2001)

2.6 EFECTOS DE LOS CONTAMINANTES TÓXICOS

- a. Daño genético.
- b. Cambios en la función hormonal
- c. Cáncer.
- d. Alergia.
- e. Cambios de comportamiento
- f. Resistencia.
- g. Sinergia

2.6.1 Daños genéticos

Algunas sustancias tóxicas son mutagénicas y provocan mutaciones en el ADN de plantas, animales o humanos. La alteración de los genes humanos puede provocar enfermedades como piernas deformes, labios leporinos, inmunidad corporal debilitada y malformaciones en el desarrollo fetal, que van desde pequeñas lesiones cardíacas hasta malformaciones mortales.

2.6.2 Cambios en la función hormonal

Algunas de estas sustancias tienen estructuras químicas similares a las hormonas humanas, como el estrógeno, y pueden regular la producción de esperma, afectar la función del sistema reproductivo y provocar una reducción de la fertilidad.

2.6.3 Cáncer

Algunos productos sintéticos y compuestos derivados del petróleo, como los HAP, los hidrocarburos y el negro de humo, son potencialmente cancerígenos.

2.6.4 Alergias

Algunos contaminantes tóxicos, como las dioxinas y el níquel, pueden provocar reacciones alérgicas. Las personas que desarrollan hipersensibilidad a estas u otras sustancias pueden experimentar síntomas como asma, erupciones cutáneas y estornudos.

2.6.5 Cambios de comportamiento

Algunos animales, como los peces, viven en grandes grupos para protegerse de los depredadores, pero se ha demostrado que cuando se intoxican con contaminantes, olvidan sus patrones de comportamiento protector y se vuelven más vulnerables.

2.6.6 Resistencia

Muchas plagas y malezas han desarrollado resistencia y pueden sobrevivir ilesas a dosis cada vez más altas de pesticidas y herbicidas. Lo mismo ocurre con las bacterias enfermas que son resistentes a los antibióticos. Cuantos más químicos sintéticos introduzcamos en la naturaleza, o cuantos más antibióticos usemos, más probabilidades habrá de que se desarrolle este tipo de resistencia. Como resultado, debemos buscar constantemente nuevos pesticidas y antibióticos.

2.6.7 Sinergia

Un efecto sinérgico es cuando el efecto de dos sustancias juntas es mayor que la suma de los efectos producidos por cada sustancia individualmente. (“1+1=3”). Este efecto ha sido demostrado para varios contaminantes que son mucho más dañinos que la suma de sus efectos individuales. (Ciencias de la Tierra y del Medio ambiente; sin fecha)

2.7 GASES INDUSTRIALES

2.7.1 Acetileno(C_2H_2)

Descripción general y propiedades químicas

El acetileno es un gas incoloro, inflamable e inodoro en estado puro. El acetileno disponible comercialmente contiene trazas de impurezas como fosfina, arsina, sulfuro de hidrógeno y amoníaco, y tiene olor a ajo. Este gas es ligeramente más ligero que el aire y soluble en agua y algunas sustancias orgánicas. Cuando el acetileno se combina con el aire y el oxígeno, arde en una llama ardiente, caliente, incandescente y humeante.

Producción

El acetileno se puede producir mediante la reacción de carburo de calcio en agua o mediante pirolisis (descomposición) de diversos hidrocarburos. A menudo se utiliza el primer método. (Avila Perona, Enrique Mario; sin fecha)

2.7.2 Aire

Presentación general: Aire comprimido o aire atmosférico

Descripción general y propiedades químicas:

El aire es un gas incoloro, inodoro, no tóxico y no inflamable. El aire es esencial para la vida y la mayoría de sus propiedades físicas y químicas pueden considerarse como un promedio ponderado de sus componentes. A -193°C , el aire se condensa formando un líquido azul pálido. El aire contribuye a todos los tipos comunes de combustión.

Fabricación

En la industria, el aire se utiliza a diversos niveles de presión y temperatura y requiere equipos para su purificación, compresión y control de temperatura (Avila y Enrique sf).

2.7.3 Argón (Ar)

Descripción general y propiedades químicas:

Argón (griego: inerte) es un gas monoatómico no tóxico, incoloro, inodoro e insípido. Junto con el helio, el neón, el criptón, el xenón y el radón, pertenece a un grupo especial de gases conocidos como "gases nobles", "gases inertes" o "gases nobles". Estos términos significan que el gas tiene una tendencia muy baja a reaccionar con otros compuestos o elementos. El argón es aproximadamente 1,4 veces más pesado que el aire y es ligeramente soluble en agua.

Producción

Entre el grupo de gases nobles, el argón es el más común. El argón está presente en la atmósfera a nivel de la superficie de la Tierra en una concentración del 0,934 por ciento (en

volumen). La única fuente conocida de argón puro es el aire, por lo que se produce mediante destilación en una planta de separación de aire (Avila y Enrique sf).

2.7.4 Dióxido de carbono (CO₂)

Presentación general: Anhídrido carbónico, hielo seco

Descripción general y propiedades químicas:

El dióxido de carbono es un gas ligeramente tóxico, inodoro e incoloro con sabor ácido. El CO₂ no es un combustible y no contribuye a la combustión. Pesa 1,4 veces más que el aire. El dióxido de carbono se evapora a presión atmosférica y -78°C. El dióxido de carbono reaccionará violentamente con bases fuertes, especialmente a altas temperaturas.

Producción

El dióxido de carbono se produce como subproducto de alguna combustión. Sin embargo, debe pasar por un proceso de purificación que elimine trazas de agua, oxígeno, nitrógeno, argón, metano, etileno (Avila y Enrique sf).

El extintor de incendios de CO₂, expulsa este gas líquido (dióxido de carbono sólido), como agente extintor de incendios. Esta expulsión se logra mediante la presión persistente que crea el agente extintor dentro del dispositivo.

- Forma de extinción: por enfriamiento y asfixia.
- Peligros de uso: exposición del dispositivo al calor.
- Clase de incendio: Efectivo en incendios de Clase A y B. También se puede utilizar en presencia de corriente eléctrica.

2.7.5 Helio (He)

Descripción general y propiedades químicas:

El helio es un gas monoatómico, incoloro, inodoro, insípido y no tóxico. El helio pertenece a un grupo de gases llamados "raros", "inertes" o "nobles". Se caracteriza por una reactividad muy baja y no produce ningún compuesto conocido. El helio es el segundo elemento más

ligero después del hidrógeno y pesa aproximadamente una séptima parte del aire. El helio tiene muy baja solubilidad en agua, por lo que el gas no se quema ni explota.

Producción:

Después del hidrógeno, el helio es el elemento más común en el universo. Sin embargo, durante la formación de la Tierra sólo se incorporaron pequeñas cantidades de gases nobles. El contenido de helio en la atmósfera terrestre es de 5,24 ppm. (0,000524% del volumen).

La principal fuente de helio es la producción de varios pozos de gas natural que contienen helio. Estas fuentes se encuentran principalmente en los Estados Unidos, Canadá, Polonia y la ex Unión Soviética, y la concentración de helio en estos gases suele ser del 1 por ciento. (Avila y Enrique sf).

2.7.6 Hidrógeno (H)

Descripción general y propiedades químicas

El hidrógeno es un gas incoloro, inodoro, inflamable y no tóxico a temperatura y presión ambiente. El gas arde en el aire y produce una llama azul pálida que es casi invisible. El hidrógeno es el gas más ligero y pesa unas 15 veces menos que el aire.

Producción

El hidrógeno se produce industrialmente ya sea por electrólisis del agua, reformado con vapor de hidrocarburos u oxidación parcial de carbón o hidrocarburos. El más común es el reformado con vapor de hidrocarburos (Ávila y Enrique sf).

2.7.7 Nitrógeno (N₂)

Descripción general y propiedades químicas

El nitrógeno es un gas incoloro, inodoro e insípido. No es inflamable y no contribuye a la combustión. La atmósfera contiene 78,09 por ciento (en volumen) de nitrógeno. Este gas es ligeramente más ligero que el aire y ligeramente soluble en agua. Inactivo excepto a altas temperaturas.

Producción:

El nitrógeno, al igual que el oxígeno, se obtiene destilando el aire. Es decir, toma aire de la atmósfera, lo filtra, lo comprime y lo enfría. Estos pasos eliminan los componentes de humedad, los gases no deseados y los contaminantes. El aire purificado pasa a través de una columna y la separación extrae nitrógeno, oxígeno y argón en forma líquida. (Avila y Enrique sf).

2.7.8 Oxígeno (O₂)

Descripción general y propiedades químicas:

El oxígeno es un gas incoloro, inodoro e insípido. Es aproximadamente 1,1 veces más pesado que el aire y ligeramente soluble en agua y alcohol. A presión atmosférica o temperaturas inferiores a -183°C, el oxígeno es un líquido azul pálido ligeramente más pesado que el agua. El oxígeno en sí no es inflamable, pero ayuda a la combustión. Es altamente oxidante y reacciona fuertemente con materiales inflamables, lo que puede provocar un incendio o una explosión. El oxígeno forma compuestos con todos los gases excepto con los gases nobles.

El oxígeno es el elemento más abundante en la Tierra. Existe en estado libre sólo en la atmósfera (20,94 por ciento en volumen) o disuelto en ríos, lagos y océanos.

Producción

La producción industrial de oxígeno sigue un proceso de destilación que elimina el aire de la atmósfera, lo filtra, lo comprime y lo enfría. A través de estos pasos se extraen los componentes del agua, los gases innecesarios y las impurezas. El aire purificado pasa a través de una columna y, además del oxígeno, se extraen en forma líquida mediante separación nitrógeno y argón.

Gases: El gas es un producto que se produce durante la combustión. Estos pueden ser tóxicos y son uno de los elementos más peligrosos en un incendio. El monóxido de carbono (CO) es un gas tóxico incoloro, inodoro e insípido que se produce cuando la combustión es incompleta. Reacciona con la hemoglobina e interfiere con el transporte de oxígeno en la sangre. Su Inhalación puede ser fatal. El típico gas de la combustión (CO₂), no es venenoso, a menos que sea inhalado entonces es mortal. Porque desplazaría al oxígeno produciendo la muerte por asfixia. Esta característica es aprovechada para extinción de incendios en ambientes cerrados o semicerrados. Otros gases como el cianuro de hidrógeno (HCN) es producido por la quema de materiales con contenido de nitrógeno como las fibras sintéticas y lanas. Cuando se calientan algunos materiales plásticos, como el PVC, se libera ácido clorhídrico (HCl). (Ávila y Enrique sf).

2.7.9 Formaldehído (HCHO)

Es un gas incoloro de olor sofocante, muy soluble en agua, en la cual polimeriza rápidamente, también denominado metanal, es un material químico de partida para ciertos procesos de producción industrial como barnices. El formaldehído se encuentra presente en el aire en fundiciones de hierro y como no en los procesos de soldadura, en los cuales el metal base o el de aporte suele ser el hierro.

Por tanto, conforme al valor de referencia de la Oficina Federal alemana para el Medio Ambiente la concentración de formaldehído por metro cúbico no puede ser superior a 0,1 mg en el aire de espacios interiores ni siquiera durante un tiempo breve.

Fuente: google.com.pe (HCHO, valores Normales)

Tabla 09: Formaldehído – efecto en función de la concentración (ppm)

Formaldehído - efecto en función de la concentración	
de 0.05 - 0.125 ppm	Umbral de olor
de 0.01 - 1.6 ppm	Irritación de las mucosas (nariz, faringe) y de los ojos
de 2 - 3 ppm	Picor en la nariz, los ojos y la faringe
de 4 - 5 ppm	Soportable durante unos 30 minutos, aumento del malestar lagrimeo excesivo
de 10 - 20 ppm	A los pocos minutos de exposición se experimenta un lagrimeo excesivo (que puede perdurar, hasta una hora después de la exposición), sensación de asfixia inmediata, tos, escozor intenso en la garganta, la nariz y los ojos
30 ppm	Edema pulmonar tóxico, neumonía, peligro de muerte

Fuente. Oficina federal de Medio Ambiente (trotec.com)

Si consideramos a condiciones normales, con Temperatura $T=25^{\circ}\text{C}$ y a 1 atmósfera (1013.25 mbar) de presión, tendríamos el equivalente aproximado en mg/m^3 :

Tabla 10: Formaldehído – efecto en función de la concentración (mg/m³)

Formalehído – efecto en función de la concentración (mg/m³)	
12.33mg/ m ³ - 0.15mg/m ³	Umbral de olor
0.01mg/ m ³ - 1.96 mg/ m ³	Irritación de las mucosas (nariz, faringe) y de los ojos
2.45mg/ m ³ - 3.68mg/ m ³	Picor de la nariz, los ojos y la faringe.
4.9mg/ m ³ - 6.14mg/ m ³	Soportable durante unos 30 minutos, aumento del malestar, lagrimeo excesivo
12.27mg/ m ³ - 24.55mg/ m ³	A los pocos minutos de exposición se experimenta un lagrimeo excesivo (que puede perdurar hasta una hora)

Fuente: Elaboración propia

2.8 TVOC. (TOTAL VOLATIL ORGANIC COMPOUNDS)

Los VOC (Compuestos Orgánicos Volátiles en español), se emiten en forma de gases procedentes de productos cotidianos como los materiales de construcción, los equipos de mantenimiento y los productos de limpieza. Hay miles de estas sustancias, y algunos ejemplos que se encuentran habitualmente en los edificios son:

- a. Benceno:** se encuentra en el humo del tabaco, el disolvente de pintura, los desodorantes, los ambientadores y los abrillantadores de muebles
- b. Formaldehído:** presente en desinfectantes, tapicería de muebles, alfombras y madera contrachapada
- c. Etilenglicol:** se encuentra en productos de limpieza, productos de cuidado personal y perfumes
- d. Cloruro de metileno:** se encuentra en los quitamanchas, la ropa lavada en seco, los limpiadores de tejidos, los disolventes comerciales y el refrigerante del aire acondicionado

- e. **Tetracloroetileno:** - utilizado en disolventes, limpieza en seco, decapantes de pintura
- f. **Tolueno:** se utiliza en la pintura, los limpiadores de metales y los adhesivos.

Como hay tantos VOC, es imposible controlarlos todos continuamente. Por ello, se adoptó una medida conocida como TVOC para medir la cantidad total de VOC en un espacio determinado.

Por lo tanto, la mayoría de las veces se utiliza el Total COV para medir la concentración del total de COV. Esto es más fácil y menos costoso que medir los COV individuales. Los monitores de calidad del aire que detectan compuestos orgánicos volátiles muestran sus lecturas en términos de VOC, representados como una medida única en partes por billón (ppb) o miligramos por metro cúbico (mg/m³).

Debido a la diversidad de compuestos orgánicos volátiles la agrupación realizada por las diferentes empresas no es siempre la misma, asimismo las ponderaciones que les asignan.

Esto puede hacer que para el mismo aire dos medidores de compañías muestren valores ligeramente diferentes.

Según la Oficina Federal para el Medio Ambiente Alemana, en las habitaciones destinadas a una permanencia prolongada en ellas el valor de TVOC no puede superar a largo plazo la gama de 1 a 3 mg/m³.

Tabla 11: TVOC - efecto en función de la concentración (mg/ m³)

TVOC - efecto en función de la concentración	
< 0.2 ng/m ³	Sin irritación ni síntomas de malestar
0.2 - 3.0 mg/m ³	Es posible que aparezcan irritaciones o síntomas de malestar, si el efecto del cambio se da junto con otros parámetros de exposición
3.0 - 25 mg/m ³	La exposición conlleva ciertos efectos posiblemente dolor de cabeza, si el efecto del cambio se da junto con otros parámetros de exposición
> 25 mg/m ³	Dolor de cabeza. Otros efectos neurotóxicos además del dolor de cabeza

Fuente: Oficina Federal de Medio Ambiente (trotec.com)

2.9 MATERIALES PARTICULADOS (PM)

Las siglas PM (material particulado o materia particulada) hacen referencia a partículas de diferentes tamaños que están suspendidas en la atmósfera, en el aire que respiramos, disminuyendo la calidad de dicho aire y provocando problemas para la salud.

Dentro de las PM podemos encontrar las mencionadas PM 2.5 y las PM10. Es importante conocer esta diferenciación porque se puede tender a englobar ambos tipos como si fueran lo mismo y, en realidad, presentan divergencias importantes.

En primer lugar, el tamaño. Las PM 2.5 tienen un diámetro igual o inferior a 2.5 micras mientras que las PM10 tienen un diámetro igual o inferior a los 10 micrómetros.

En segundo lugar y quizá más relevante es el origen y el material por el que están compuestas estas partículas. Las PM10 suelen estar más asociadas a orígenes y componentes naturales mientras que las PM 2.5 provienen más asiduamente de fuentes relacionadas con la actividad humana como con la emisión de gases contaminantes procedentes de vehículos.

Una vez vistas las principales diferencias, haremos hincapié en las partículas PM 2.5 debido a su mayor peligrosidad y a la importancia que supone reducir su presencia para evitar efectos nocivos para la salud.

La Organización mundial para la salud (OMS) en su guía para la salud establece los siguientes parámetros:

- MP2,5: 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, media anual
- 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, media de 24 horas.
- MP10: 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, media anual
- 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, media de 24 hora.

2.9.1.- Material Particulado menor a 2.5 micrones (PM2.5)

Se denominan partículas PM 2.5 a aquellas partículas cuyo diámetro es igual o inferior a 2.5 micras. Una micra o micrómetro es una unidad de longitud que equivale a una milésima parte de un milímetro, por lo que estas partículas son indetectables para el ojo humano.

Este grado de indetectabilidad supone incluso un factor añadido a la importancia que hay que derivar en estas partículas.

Uno de los problemas más graves para la salud es la capacidad de estas micropartículas de penetrar en los pulmones e incluso alcanzar los alvéolos, transportando sustancias dañinas a zonas muy sensibles del aparato respiratorio con la posibilidad de agravar enfermedades respiratorias y, en casos extremos, producir la muerte.

Otro de los aspectos clave es el diminuto tamaño de estas partículas, el cual favorece su permanencia en suspensión en el aire, así como la entrada a través de los orificios nasales de

personas y animales. La alta exposición a dichas partículas puede desembocar en patologías y problemas para la salud, entre los que destacan:

- a. **Enfermedades respiratorias.** Tanto agravamiento como causa de enfermedades como la bronquitis, el asma o las alergias, irritación de las vías respiratorias y de los pulmones e incluso incremento de la susceptibilidad a las enfermedades de tipo respiratorio.
- b. **Enfermedades cardíacas.** Diversos estudios ponen de manifiesto la incidencia de las partículas PM 2.5 en patologías sanguíneas y de corazón dando lugar a inflamaciones del sistema circulatorio, cambios en la viscosidad de la sangre y la presión arterial pudiendo ocasionar arritmias, infartos, ictus o agravar otro tipo de enfermedades cardiovasculares.
- c. **La prolongada exposición.** a estas partículas contaminantes en una sociedad puede disminuir su esperanza de vida global.

Los grupos de riesgo, como son ancianos, niños y personas con patologías son los más expuestos a sufrir los inconvenientes de estos contaminantes.

Actualmente, el valor límite de presencia de PM 2.5 es el siguiente:

Se ha establecido que el promedio aritmético de la concentración de PM2.5 de todas las muestras en un año no deberá exceder de quince microgramos por metro cúbico (15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

La concentración máxima en 24 horas, de todas las muestras colectadas, no deberá exceder sesenta y cinco microgramos por metro cúbico (65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), valor que no podrá ser excedido más de dos (2) veces en un año (Soler&Palau, 13 de Julio, 2020).

2.9.2.- Material particulado menor a 10 micrones (PM₁₀).

Las PM₁₀ se pueden definir como aquellas partículas sólidas o líquidas de polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento o polen, dispersas en la atmósfera, y cuyo diámetro varía entre 2,5 y 10 μm (1 micrómetro corresponde la milésima parte de 1 milímetro). Están formadas principalmente por compuestos inorgánicos como silicatos y aluminatos, metales pesados entre otros, y material orgánico asociado a partículas de carbono (hollín). Se caracterizan por poseer un pH básico debido a la combustión no controlada de materiales.

Fuentes de emisión y aplicaciones de las PM₁₀. Las fuentes de emisión de estas partículas pueden ser móviles o estacionarias, destacando que un 77,9 por ciento de la cantidad total emitida de PM₁₀ procede del polvo suspendido existente en la atmósfera. La industria, la construcción y el comercio con un 7,6 por ciento y el transporte rodado con un 6,5 por ciento representan otros focos de contaminación de especial relevancia.

Como fuentes minoritarias de contaminación es importante señalar que el 3,7 por ciento del total procede de quemas agrícola y un 3,3 por ciento es de origen doméstico.

Efectos sobre la salud humana y el medio ambiente. La exposición prolongada o repetitiva a las PM₁₀ puede provocar efectos nocivos en el sistema respiratorio de la persona, no obstante, son menos perjudiciales que las PM_{2,5} ya que, al tener un mayor tamaño, no logran atravesar los alveolos pulmonares, quedando retenidas en la mucosa que recubre las vías respiratorias superiores. La Directiva 2008/50/CE indica que para la protección de la salud no pueden superarse los 50 microgramos por metro cúbico durante 24 horas más de 35 veces por año civil. La mayoría de éstas partículas precipitan en la tierra, provocando una capa de polvo en la superficie que puede afectar seriamente a la salud tanto de los organismos terrestres como los organismos acuáticos (PRTR-España PEN 2021-2024).

2.10 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA CAMPANA DE SOLDEO PARA DETECCIÓN DE GASES

2.10.1 Construcción de la campana de soldeo

Si necesitamos capturar emanaciones de gases o contaminantes de un determinado proceso de soldadura, la campana de soldeo vendría a ser el elemento más esencial y eficaz para evitar que el o los gases contaminantes se propaguen por el medio ambiente y puedan ser medidos in situ. Una campana de soldeo, es una caja cerrada con una cara abierta a la emisión nociva y de la que parte un conducto de salida alimentado por un extractor mecánico, en el cual se puede testar las concentraciones de gases (CO y CO₂) y demás emanaciones, así como se puede registrar las temperaturas respectivas generadas por cada proceso.

2.10.2 Conceptos básicos. Unidades.

1. Cantidad de aire (V):

Como en los procesos de acondicionamiento de aire tiene lugar a bajas presiones puede considerarse el aire como un fluido incompresible y así la cantidad de aire existente en un local coincide con el volumen del mismo. Su expresión se hace en metros cúbicos. m³

2. Caudal de aire (Q):

Este concepto implica aire en movimiento y por tanto hay que relacionar la cantidad con el tiempo en que circula. Se expresa en metros cúbicos por hora (m³/h) y a veces en litros por segundo (l/s). La fórmula de relación entre ambos es:

$$1\text{m}^3/\text{h} = 3.6 \text{ l/s}$$

3. Velocidad del aire (v):

La velocidad del aire con que circula un determinado caudal (Q) que atraviesa una sección (S) de conducto u otro espacio, viene determinado por la fórmula:

$$V(\text{m/s}) = Q(\text{m}^3/\text{h}) / 3600(\text{m}_2)$$

Esta velocidad determina una presión del aire en dirección a la circulación del mismo que se llama Presión Dinámica(Pd) cuya expresión es $Pd = (\text{mm c.d.a}) = V^2(\text{m/s}) / 16.3$. Esta presión (Pd) sumada a la presión Estática (Pe) que el aire produce en todas direcciones dentro del conducto o recinto dan la presión total (Pt) lo que constituye la ecuación de Bernoulli, fundamental en el estudio de los fluidos (aire) en movimiento. $Pt = Pe + Pd$.

2.11 CAPTACIÓN LOCALIZADA

Cuando en un local se originan gases, olores y polvo, aplicar al mismo los principios de la ventilación general, puede originar algunas problemáticas concretas como una instalación poco económica y en algunos casos poco efectiva debido a los grandes volúmenes de aire a transportar. En consecuencia, siempre que ello sea posible, lo mejor es solucionar el problema de contaminación en el mismo punto donde se produce mediante la captación de los contaminantes lo más cerca posible de su fuente de emisión, antes de que se dispersen por la atmósfera del recinto y sea respirado por los operarios. Las aspiraciones localizadas pretenden mantener las sustancias molestas o nocivas en el nivel más bajo posible, evacuando directamente los contaminantes antes de que éstos sean diluidos. Una de las principales ventajas de estos sistemas es el uso de menores caudales que los sistemas de ventilación general, lo que repercute en una construcción más efectiva.

Por último, la ventilación por captación localizada debe ser prioritaria ante cualquier otra alternativa y en especial cuando se emitan productos tóxicos en cantidades importantes, dañinos y perjudiciales para el operador de soldadura eléctrica y alumnos de la Unalm en este caso.

2.12 DE LOS MATERIALES

Los materiales empleados en la fabricación de la campana de extracción de gases, fueron tomados del depósito de materiales de reciclaje o artefactos dados de baja de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). Ellos provenían de estructuras de equipos refrigerantes, escritorios etc., (que irían a hacer de paredes de la campana), y un motor con mecanismo de extracción de un equipo de laboratorio.

- Motor con rodete de alabes curvados hacia adelante (multipala) acoplamiento directo.
- tuberías de acople de 6" y 8" de diámetro.
- latas de 0.80m x 1.2 m.
- Remaches cherries (múltiples).

Conocidas ya las dimensiones procedimos a realizar el plano con las medidas obtenidas, no sin antes consultar las consideraciones obtenidas de las consultas bibliográficas. Tales como:

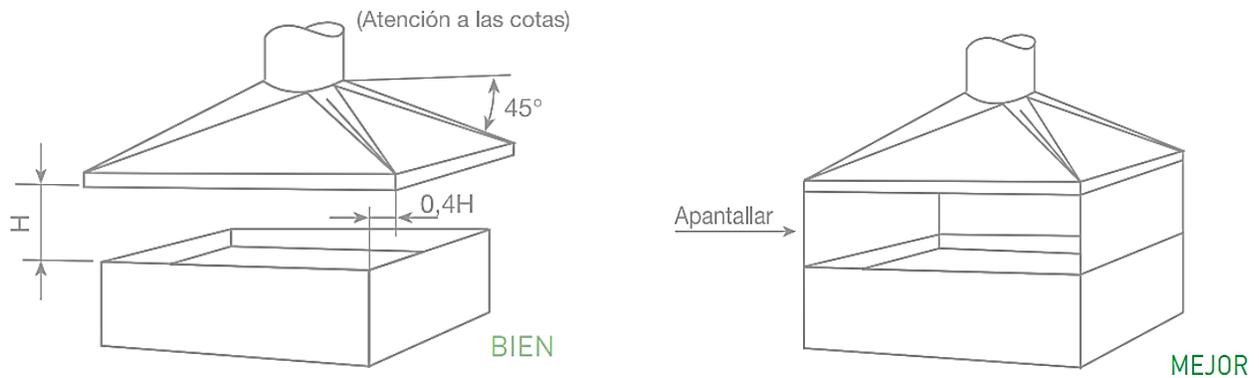


Figura 13: Forma correcta de la campana de soldeo

Fuente: Soler & Palau (2020)

2.12.1 Velocidades de arrastre o captación mínima (V_a)

Esta responde al principio fundamental de que es “la velocidad que debe tener el aire para arrastrar vapores, gases, humos y polvo en el punto más distante de la campana.”

Según (Soler & Palau 2020), nos correspondería el tipo cabina mostrado en la Figura 14.

Y cuya fórmula para calcular el caudal es:

$$Q = VA = VWH$$

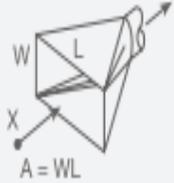
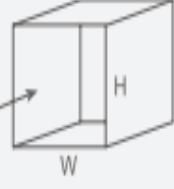
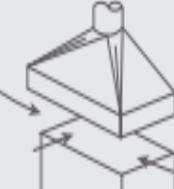
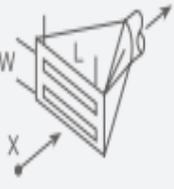
Tipo de campana	Descripción	Caudal
	Campana simple	$Q = V(10x2+A)$
	Campana simple con pestaña	$Q = 0,75V(10x2+A)$
	Cabina	$Q = VA = VWH$
	Campana elevada	$Q = 1,4 PVH$ P = perímetro H = altura sobre la operación
	Rendija múltiple. 2 ó más rendijas.	$Q = V(10x2+A)$

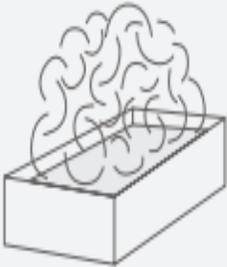
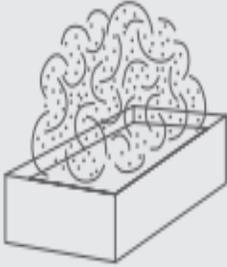
Fig. 4.2: Tipos de campanas

Figura 14. Tipos de campanas

Fuente: Soler&Palau (2020)

En cuanto a la velocidad de captación de la campana, (Soler & Palau2020) aconseja en la tabla siguiente:

Tabla 12: Velocidades de captación o arrastre

	Características de la fuente de contaminación	Ejemplos	Velocidad de captación m/s		
<p>Únicamente gases y vapores</p> 	Desprendimiento con velocidades casi nulas y aire quieto.	Cocinas. Evaporación en tanques. Desengrasado.	0,25 - 0,5		
	Desprendimientos a baja velocidad en aire tranquilo.	Soldadura. Decapado. Talleres galvanotecnia.	0,5 - 1		
	Generación activa en zonas de movimiento rápido del aire.	Cabinas de pintura.	1 - 2,5		
<p>Con partículas sólidas en suspensión</p> 	Generación activa en zonas de movimiento rápido del aire.	Trituradoras.	1 - 2,5		
	Desprendimiento a alta velocidad en zonas de muy rápido movimiento del aire.	Esmerilado. Rectificado.	2,5 - 10		
<p>Se adoptarán valores en la zona inferior o superior de cada intervalo según los siguientes criterios:</p> <table border="0"> <tr> <td style="vertical-align: top;"> <p>Inferior</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pocas corrientes de aire en el local. 2. Contaminantes de baja toxicidad. 3. Intermitencia de las operaciones. 4. Campanas grandes y caudales elevados. </td> <td style="vertical-align: top;"> <p>Superior</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Corrientes turbulentas en el local. 2. Contaminantes de alta toxicidad. 3. Operaciones continuas. 4. Campanas de pequeño tamaño. </td> </tr> </table>				<p>Inferior</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pocas corrientes de aire en el local. 2. Contaminantes de baja toxicidad. 3. Intermitencia de las operaciones. 4. Campanas grandes y caudales elevados. 	<p>Superior</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Corrientes turbulentas en el local. 2. Contaminantes de alta toxicidad. 3. Operaciones continuas. 4. Campanas de pequeño tamaño.
<p>Inferior</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pocas corrientes de aire en el local. 2. Contaminantes de baja toxicidad. 3. Intermitencia de las operaciones. 4. Campanas grandes y caudales elevados. 	<p>Superior</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Corrientes turbulentas en el local. 2. Contaminantes de alta toxicidad. 3. Operaciones continuas. 4. Campanas de pequeño tamaño. 				

Fuente: Soler&Palau (2020)

Para soldadura, la velocidad de captación estaría entre 0,5m/s – 1m/s, prefiriéndose la campana de 3 paredes porque cuanto más encerrado éste el foco contaminante (gases), menor será la cantidad de aire necesario para captar y evacuar los gases. Midiéndose esta velocidad en la parte más alejada de la cabina.

2.12.2 Velocidad de transporte (Vc)

También llamada velocidad de Conducción, es la velocidad con que el extractor de gases de la campana evacua los gases generados o captados en el interior de la campana durante el soldeo de las muestras. La siguiente tabla nos muestra la relación entre las velocidades de succión o arrastre (Va), y la velocidad de transporte o conducción (Vc).

Tabla 13: Velocidades de arrastre (Va) y velocidades de conducción (Vc)

TIPO DE TRABAJO	Velocidad de arrastre (Va)	Velocidad de transporte (Vc)
	(m/s)	(m/s)
Gases o vapores	0.25 a 0.5	12
Gases Soldadura	0.5 a 1	15
Caldera de vapor	0.75	10
Estufa barnizada	1 a 1.25	8
Taladro	2	22

Fuente: Soler & Palau (2020)

2.13 JUSTIFICACIÓN DEL USO DEL MOTOR DE RODETES CENTRÍFUGO

Datos:

- 1/3 HP = 248.7 Watts = 0.25 KW
- 1725 rpm
- W = 1.2m
- H = 0.8m
- V= 0.5m/s (asumiremos la menor velocidad recomendada en la tabla 13)

De: $Q = VA = VWH \rightarrow Q = 0.5\text{m/s} * 1.2\text{m} * 0.8\text{m} = 0.48 \text{ m}^3/\text{s}$

$Q = 0.48 \text{ m}^3/\text{s} * 3600\text{s}/\text{Hora} \rightarrow 1728 \text{ m}^3/\text{H}$

Con este dato y la recomendación de Soler & Palau de una presión de 6.0mm c.d.a a 12mmde c.d.a buscamos un motor de ventilación centrífugo que pueda mover este caudal. Trabajaremos con el promedio de los dos es decir 9mm de c.d.a.

SODECA exhibe características técnicas de modelos de motores centrífugos en su catálogo, junto con sus curvas de potencia tabulados con los rpm (revoluciones por minuto) y presión estática (mm c.d.a).

Tabla 14 Características técnicas de motores de rodete centrífugo



Características técnicas

	Velocidad (r/min)	Intensidad máx. admisible 230V (A)	Potencia eléctrica máx. (kW)	Caudal máximo (m ³ /h)	Nivel son. irradiado dB(A)	Peso aprox. (Kg)	Tipo de turbina	According ErP
SVE/PLUS-100/L	1800	0,45	0,10	290	27	9	Forward	2018
SVE/PLUS-125/H	2340	0,75	0,18	370	38	9,5	Forward	2018
SVE/PLUS-125/L	1800	0,45	0,10	310	28	9	Forward	2018
SVE/PLUS-150/H	2250	1,00	0,25	490	36	12	Forward	2018
SVE/PLUS-150/L	1800	0,45	0,10	355	26	9,5	Forward	2018
SVE/PLUS-160/H	2250	1,00	0,25	490	36	12	Forward	2018
SVE/PLUS-160/L	1800	0,45	0,10	355	26	9,5	Forward	2018
SVE/PLUS-200/H	1400	0,75	0,18	760	38	16,5	Forward	2018
SVE/PLUS-200/L	2650	0,7	0,18	640	37	13,5	Backward	2018
SVE/PLUS-250/H	2400	0,75	0,18	1140	44	15	Backward	2018
SVE/PLUS-250/L	2750	0,75	0,17	705	36	14	Backward	2018
SVE/PLUS-315/H	1400	0,65	0,14	1315	41	23	Backward	2018
SVE/PLUS-350/H	1400	0,85	0,20	1555	38	29,5	Backward	2018
SVE/PLUS-400/H	1350	1,20	0,30	2310	41	33	Backward	2018

Fuente: SODECA (2018)

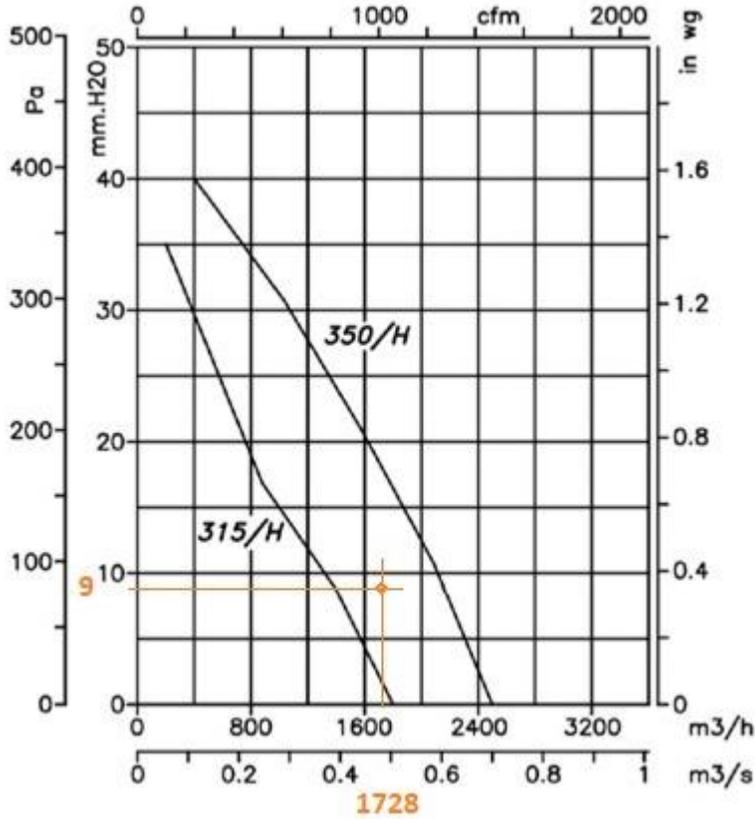


Figura 15. Curvas Características – Presión estática (Pe) vs. Caudal (Q)

Fuente: SODECA (2018)

Nuestro motor para ese tamaño de cabina está situado entre los modelos 315/H con una potencia de 140Watts, y el modelo 350 /H de 200 Watts. Pero el motor instalador en la cabina con una potencia de 248.6 Watts (1/3 HP), cumple con las exigencias del cálculo realizado. Garantizando el funcionamiento de la cabina de soldado.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN

El trabajo de investigación se desarrolló en el área de soldadura del taller de maquinaria agrícola del departamento de Mecanización y Energía, de la facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional Agraria La Molina ubicado en el distrito de La Molina, Provincia de Lima, región Lima con la siguiente ubicación geográfica:

Latitud: 12° 04' 49.23" S

Longitud: 76° 56' 56.87" O

Altitud: 235 msnm

3.2 EQUIPOS Y MATERIALES

a. Equipos

- Máquina de soldar Solandina, SMAW (Electromanual).
- Máquina de soldar Hobart, GMAW (MAG).
- Máquina de soldar Daf, GTAW (TIG).
- Campana de soldeo o de extracción de gases (construida por el tesista).
- Anemómetro GVDA, portátil.
- Detector de gases Meterk (air quality detector precisión instrument).

b. Materiales

- Electrodo de recubrimiento celulósico 6011-E.
- Alambre para soldadura MAG, ER70S-6 (1mm)
- Electrodo de tungsteno para soldadura TIG de 1/8".
- Soldadura para TIG, de 1mm de diámetro.
- Platinas ASTM A36 de ¼" x 2" x 4" (60 unidades)

c. Descripción del procedimiento:

c.1 Construcción del plano de la campana: Se construyó un plano en base a la medida de los materiales obtenidos el cual se encuentra en el Anexo 04.

c.2 Técnica constructiva y armado de la campana: La unión de las piezas fueron hechas con uniones fijas, es decir se empleó remaches tipo “cherries” (uniones fijas en frío), y otras como el soporte del motor, con soldadura “SMAW” (uniones en caliente) con electrodo E 6011. Luego se procedió a sellar la cámara con masilla plástica, a fin de que no tuviera pérdida de captación de los gases contaminantes, para luego lijarla alisando la superficie, preparándola para el acabado con la pintura que es como luce en las fotos colocadas en el anexo 4 .

c.3 Acondicionamiento de la campana de soldeo: A fin de darle más versatilidad para pruebas futuras se colocó una caja de arranque aumentando su seguridad de operación, la cual consta de:

- Una llave térmica de 10 Amperios, un botón de arranque y otro de parada, evitando posibles accidentes por manejo eléctrico durante las pruebas.
- Un Pirómetro que mide temperaturas de - 10°C hasta 100°C, cuyas termocuplas están instaladas a la salida del ducto de la campana, para obtener información sobre la temperatura de los gases y particulados durante el soldado de las muestras.

1. Verificación de requisitos de diseño de la campana:

Según el manual de diseño de campanas de (Soler & Palau 2020), se ha medido la velocidad de captación con un anemómetro, en el borde de la cara destapada de la campana que sería la posición más alejada del sistema o campana de extracción, obteniendo un valor de 0.57 m/s. valor que se encuentra dentro de lo recomendado (0.5m/s- 1m/s), además la velocidad de salida en el ducto donde se medirá los gases fue de 18 m/s. quedando la campana de soldeo expedita para realizar las pruebas.

3.3 VARIABLES ESTUDIADAS

- Proceso de soldadura SMAW (electromanual)
- Proceso de soldadura GMAW (MAG)
- Proceso de soldadura GTAW (TIG)

3.4 METODOLOGÍA

La metodología consiste en testar a la salida de la campana de soldeo con el instrumento detector, tomándose los registros más altos, que viene a ocurrir, cuando las emanaciones están en flujo continuo y a mitad del tiempo de soldado. Las variables y los tiempos de duración de soldado para un mismo tamaño de muestra están registrados en el Anexo 01.

3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se empleó el diseño completamente al azar (DCA) con tres procesos y diez repeticiones, dando un total de 30 unidades experimentales.

Cuadro 01: Procesos de soldaduras en estudio

Tratamiento	Código	Descripción
T1	GMAW	GAS Metal Arc Welding
T2	SMAW	Shielded Metal Arc Welding
T3	GTAW	Gas Tungsten Arc Welding

Fuente: Elaboración propia.

Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + \Gamma_i + E_j$$

Donde

Y_{ij} : Variable respuesta en el i -ésimo tratamiento y en la j -ésima repetición

μ : Efecto de la media general

Γ_i : Efecto del i -ésimo tratamiento

E_{ij} : Efecto del error experimental

Análisis de variancia (ANVA) y Prueba de medias

Para la significación de los tratamientos se determinó el ANVA y para la comparación múltiple de medias se empleó la prueba de Tukey con un nivel de significación del 5 por ciento.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Formaldehído (HCHO)

Los resultados correspondientes al formaldehído, se presentan en el Cuadro 2 y Figura 15, mientras que los análisis estadísticos se presentan en el Anexo 2. Los análisis estadísticos mostraron alta significación estadística (ANVA) entre tratamientos con un coeficiente de variación de 31.2 por ciento.

En la comparación múltiple de medias, se utilizó la prueba de Tukey al 0.05 para la variable respuesta formaldehído (HCHO). En el Cuadro 2, se observa que la prueba de Tukey indica que existen diferencias significativas entre los 3 tratamientos (T1, T2 y T3); sin embargo, estadísticamente se considera como la mejor media el T3 correspondiente al proceso GTAW (Figura 15), porque el valor más bajo de formaldehído (0.0121) indicó menor gas incoloro de olor sofocante (INSST 2018) emitidos entre los tres procesos de soldadura. Que según se aprecia en la Tabla 9, La oficina federal del medio ambiente de Alemania advierte para el **efecto en función de la concentración** 0.01-1.6 ppm: “irritación de las mucosas (nariz, faringe)”. A su vez en la Tabla 5, el Ministerio de Salud (MINSA) del Perú, exhibe los **Valores máximos permisibles para agentes químicos en el ambiente de trabajo**, para una exposición de corta duración (STEL), un valor de 0.37 ppm. Siendo que la media obtenida no alcanza dicho valor. El proceso GTAW es de menor emanación de formaldehído.

Cuadro 02: Resultados estadísticos de la prueba de Tukey del efecto de los procesos de soldadura para la variable respuesta del Formaldehído (HCHO)

Procesos de soldadura	Formaldehído (mg/m ³)	Tukey: Significación (0.05)
T1(GMAW)	0.1175	a
T2(SMAW)	0.0781	b
T3(GTAW)	0.0121	c

Fuente: Elaboración propia

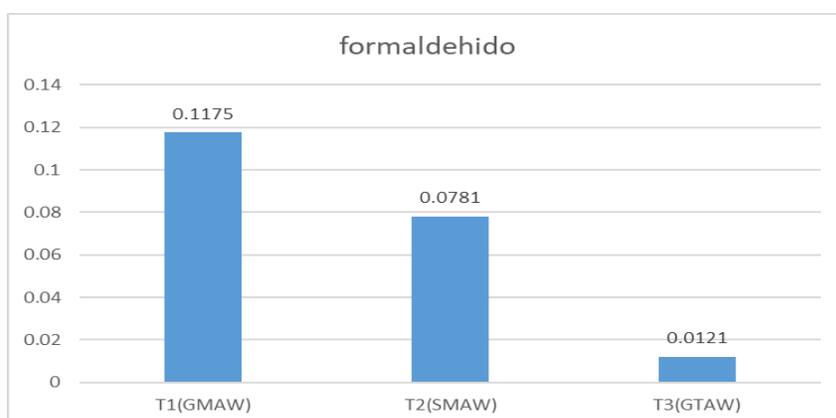


Figura 16: Efecto de los procesos de soldadura en la cantidad de formaldehído (HCHO)

4.2 Volátiles totales (TVOC)

Los resultados correspondientes a volátiles totales, se presentan en el Cuadro 3 y Figura 16, mientras que los análisis estadísticos se presentan en el Anexo 2. Los análisis estadísticos mostraron alta significación estadística (ANVA), entre tratamientos con un coeficiente de variación de 41.9 por ciento, siendo un valor mayor de lo ideal, aceptable como extremo.

En la comparación múltiple de medias, se utilizó la prueba de Tukey al 0.05 para la variable respuesta volátiles totales (TVOC). En el cuadro 3, se observa que la prueba de Tukey indica que existen diferencias significativas entre los 3 tratamientos (T1, T2 y T3); sin embargo,

estadísticamente se considera como la mejor media el T3 con GTAW (Figura 16), porque el valor más bajo de volátiles totales (0.0557 mg/m^3), indica que a valores menores de 0.2 mg/m^3 el efecto en función de la concentración en el ambiente de soldadura será sin irritación ni síntomas de malestar (TROTEC); mientras que, los otros dos procesos de soldadura SMAW y GMAW resultaron dentro del rango ($0,2 - 3,0 \text{ mg/m}^3$) donde será posible que aparezcan irritaciones o síntomas de malestar, si el efecto del cambio se da junto con otros parámetros de exposición. Teniendo en cuenta que entre algunos de los VOC se encuentran componentes como los formaldehidos y el mismo monóxido de Carbono(CO).

Cuadro 03: Resultados estadísticos de la prueba de Tukey del efecto de los procesos de soldadura para la variable respuesta de volátiles totales (TVOC)

Procesos de soldadura	Formaldehido (mg/m^3)	Tukey: Significación (0.05)
T1(GMAW)	0.1175	a
T2(SMAW)	0.0781	b
T3(GTAW)	0.0121	c

Fuente: Elaboración propia

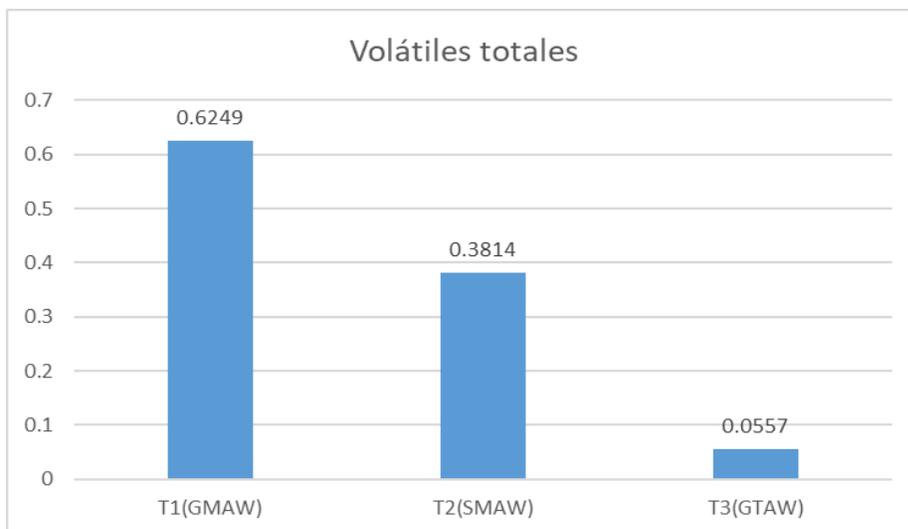


Figura 17: Efecto de los procesos de soldadura en la cantidad de volátiles totales

4.3 PARTICULADO (PM2.5)

Los resultados correspondientes al Particulado ($\text{PM}_{2.5}$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$), se presentan en el Cuadro 4 y Figura 17, mientras que los análisis estadísticos se presentan en el Anexo 2. Los análisis estadísticos mostraron alta significación estadística (ANVA) entre tratamientos con un coeficiente de variación de 11.2 por ciento, que indican homogeneidad de los resultados experimentales.

En la comparación múltiple de medias, se utilizó la prueba de Tukey al 0.05 para la variable respuesta Material Particulado ($\text{PM}_{2.5}$). Se observa que la prueba de Tukey indica que existen diferencias significativas entre los procesos T3 y T2 ($348.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y cierta homogeneidad entre los procesos T1 y T3 ($545.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $348.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) Todos los valores obtenidos por encima de la recomendación: “Se ha establecido que el promedio aritmético de la concentración de $\text{PM}_{2.5}$ de todas las muestras en un año no deberá exceder de quince microgramos por metro cúbico ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$). La concentración máxima en 24 horas, de todas las muestras colectadas, no deberá exceder sesenta y cinco microgramos por metro cúbico ($65 \mu\text{g}/\text{m}^3$) por año” (MINAM 2001); valores establecidos de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, como media anual y $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. media de 24 horas (OMS 2005), y para una evaluación primaria la EPA, establece un valor anual en 3 años de $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y una evaluación secundaria de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en más de 3 años.

Sin embargo, el proceso T3 correspondiente al GTAW (348.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) es el de menor contaminación por Particulado PM2.5.

Cuadro 04: Resultados estadísticos de la prueba de Tukey del efecto de los procesos de soldadura para la variable respuesta del PM2.5

Procesos de soldadura	PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Significación ($\alpha= 0.05$)
T2(SMAW)	1000	a
T1(GMAW)	545.4	b
T3(GTAW)	348.6	c

Elaboración propia

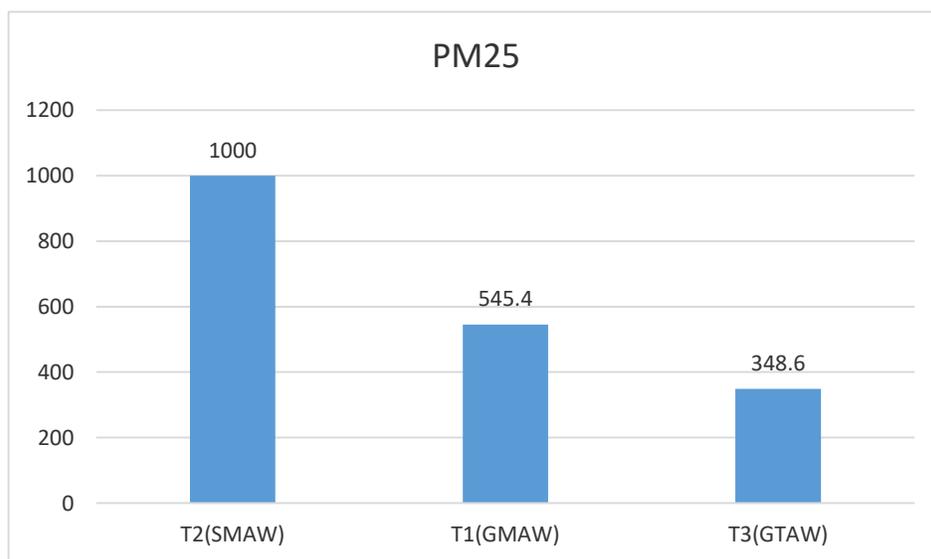


Figura 18: Efecto de los procesos de soldadura en PM2.5

4.4 PARTICULADO (PM10)

Los resultados correspondientes al particulado (PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), se presentan en el cuadro 5 y Figura 18, mientras que los análisis estadísticos se presentan en el Anexo 2. Los análisis estadísticos mostraron alta significación estadística (ANVA) entre tratamientos con un coeficiente de variación de 10.4 por ciento, que indican homogeneidad de los resultados experimentales.

En la comparación múltiple de medias, se utilizó la prueba de Tukey al 0.05 para la variable respuesta particulado PM10. En el Cuadro 5, se observa que la prueba de Tukey indica que existen diferencias significativas entre los 3 tratamientos (T1, T2 y T3); sin embargo, estadísticamente se considera como la mejor media y menor contaminante del aire, el T3 (GTAW), con un valor de 630.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, siendo el mayor contaminante de los tres el proceso SMAW (T2) o electromanual con 1797.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Los tres valores sobrepasan las recomendaciones dadas por la EPA: 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como media anual promedio en más de 3 años o 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como valor que no puede ser superado más de una vez al año (Delgado 2016); asimismo los valores estándar establecidos por el Ministerio del Ambiente (MINAM) de: 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como media aritmética anual y 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para 24 horas, valor que no puede ser excedido más de tres veces al año (MINAM,2001); además, la Organización mundial de la salud, en su guía de calidad del aire y su fundamento establece: 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, como media anual y 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, como media de 24 horas (OMS, 2005). Aún así, el procedimiento T3 (GTAW) vendría a ser el de menos emisión de contaminantes PM10.

Cuadro 05: Resultados estadísticos de la prueba de Tukey del efecto de los procesos de soldadura para la variable respuesta PM10

Procesos de soldadura	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Significación ($\alpha= 0.05$)
T2(SMAW)	1797.7	a
T1(GMAW)	937.1	b
T3(GTAW)	630.6	c

a, b, c: Letras diferentes indican que existe significancia estadística ($p < 0.05$)

Fuente: Elaboración propia

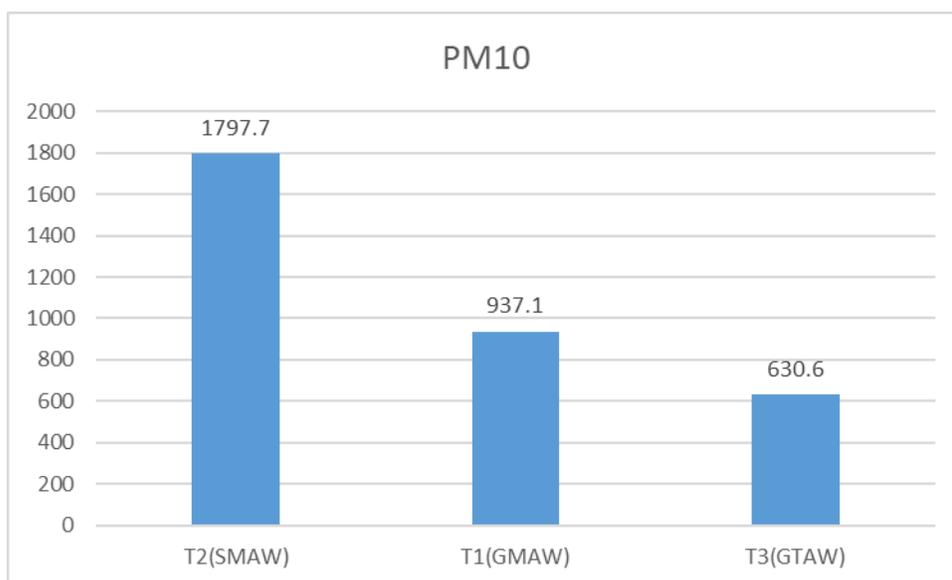


Figura 19: Efecto de los procesos de soldadura en PM10

4.5 DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)

Los resultados correspondientes al CO₂, se presentan en el Cuadro 6 y Figura 19, mientras que los análisis estadísticos se presentan en el Anexo 2. Los análisis estadísticos mostraron alta significación estadística (ANVA) entre tratamientos con un coeficiente de variación de 13.2 por ciento, que indican homogeneidad de los resultados experimentales.

En la comparación múltiple de medias, se utilizó la prueba de Tukey al 0.05 para la variable respuesta Dióxido de carbono (CO₂). En el cuadro 6, se observa que la prueba de Tukey indica que existen diferencias significativas entre los 3 tratamientos (T1, T2 y T3); sin embargo, estadísticamente se considera como la mejor media el T3 con GTAW (Figura 19). De la Tabla 3 observamos que los valores obtenidos en los tres procesos soldables se encuentran por debajo de los 600 ppm correspondiente a: “conserva la calidad del aire interior” (Fontgas 2020). El Ministerio de salud en la Tabla 5 muestra un valor límite para la concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador, medida o calculada para cualquier periodo de 15 minutos a lo largo de la jornada (STEL), de 30000 ppm (MINSA 2005). Con los cálculos efectuados en el anexo 3, se obtuvo los valores de concentración para 15 minutos, (vale decir si mantuviéramos el proceso de soldado durante 15 minutos), de: T1(GMAW) = 18349.16ppm; T2(SMAW) = 16915.625ppm y T3(GTAW) = 8171.59ppm. que tampoco sobrepasan los límites establecidos por el MINSA. Sin embargo, resulta menos contaminante con CO₂, el T3(TIG) y el más contaminante el T1(GMAW). ambos procesos soldables emplean Gas como protección del material de aporte, el GTAW emplea un gas Inerte (TIG) mientras que el GMAW puede emplear en el depósito del material de aporte gas inerte (MIG), o un gas activo. En el presente trabajo se empleó un gas activo (CO₂) convirtiéndose en un proceso Metal Active gas (MAG), de allí la causa del incremento mayor de emanación de Dióxido de carbono.

Cuadro 06: Resultados estadísticos de la prueba de Tukey del efecto de los procesos de soldadura para la variable respuesta CO₂

Procesos de soldadura	CO ₂ ppm	Significación ($\alpha= 0.05$)
T1(GMAW)	609.6	a
T2(SMAW)	541.3	ab
T3(GTAW)	479.4	b

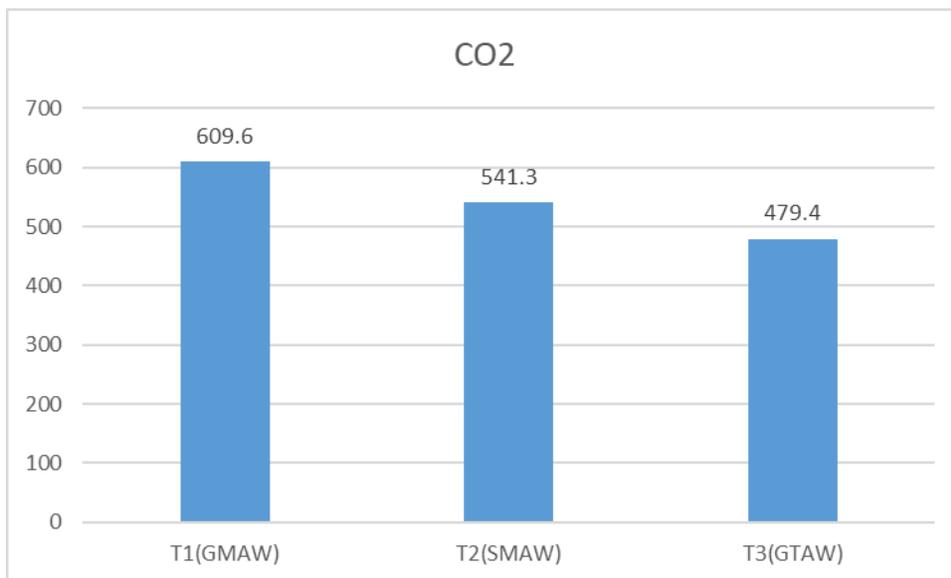


Figura 20: Efecto de los procesos de soldadura en el CO₂

4.6 TEMPERATURA (T°)

Los resultados correspondientes a la variable Temperatura (T°), se presentan en el Cuadro 7 y Figura 20, mientras que los análisis estadísticos se presentan en el Anexo 2. Los análisis estadísticos mostraron alta significación estadística (ANVA) entre tratamientos con un coeficiente de variación de 2 por ciento, que indican homogeneidad de los resultados experimentales.

En la comparación múltiple de medias, se utilizó la prueba de Tukey al 0.05 para la variable temperatura (T°). En la Figura 20, se observa que la prueba de Tukey indica que no existen diferencias significativas entre los 3 tratamientos (T1, T2 y T3); las temperaturas obtenidas en el pirómetro, colocado a la salida de la campana de soldeo registró como temperaturas mayores durante la ejecución de cada proceso, acusando al T3(GTAW) = 35.7 °C como el generador de mayor temperatura en los gases evacuados y al proceso electromanual T2(SMAW) = 27.3°C como el de menor valor. estadísticamente se considera como la mejor media el T2 con SMAW (Figura 20), justificando su uso por su bajo incremento de la temperatura ambiental, con efectos en el calentamiento global.

Cuadro 07: Resultados estadísticos de la prueba de Tukey del efecto de los procesos de soldadura para la variable respuesta de la temperatura

Procesos de soldadura	Temperatura (°C)	Significación ($\alpha= 0.05$)
T3(GTAW)3	35.7	a
T1(GMAW)1	32.6	b
T2(SMAW)2	27.3	c

a, b, c: Letras diferentes indican que existe significancia estadística ($p<0.05$)

Fuente; Elaboración propia

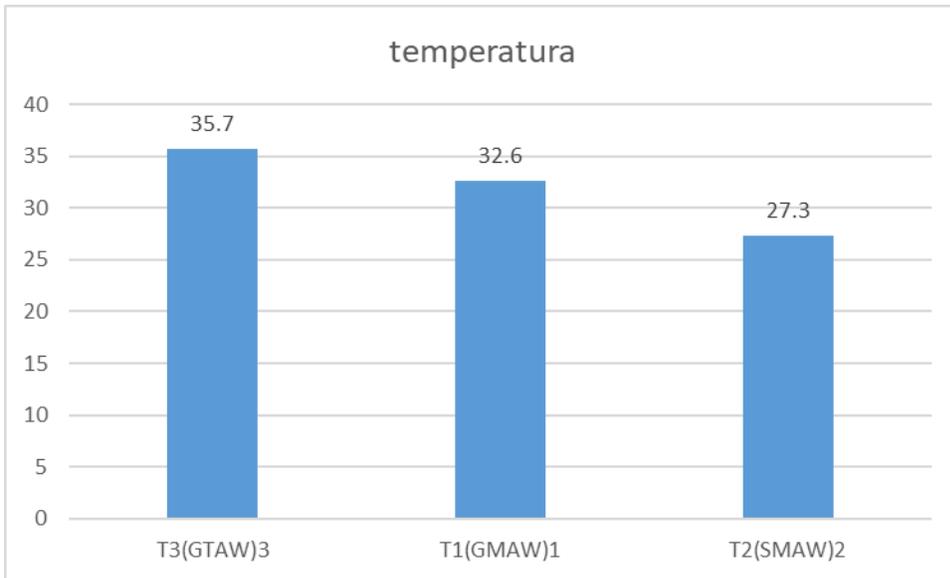


Figura 21: Efecto de los procesos de soldadura en la T°

4.7 TIEMPO DE SOLDADO (t)

Los resultados correspondientes a la variable tiempo (t), se presentan en el Cuadro 8 y Figura 1, mientras que los análisis estadísticos se presentan en el Anexo 1. Los análisis estadísticos mostraron alta significación estadística (ANVA) entre tratamientos con un coeficiente de variación de 7.4 por ciento, que indican homogeneidad de los resultados experimentales.

En la comparación múltiple de medias, se utilizó la prueba de Tukey al 0.05 para la variable tiempo. En la Tabla 8, se observa que la prueba de Tukey, indica que existen diferencias significativas entre los tiempos empleados por los tratamientos (T2 y T3), para una misma longitud de soldadura (10cm.). Si bien el T2(SMAW) o proceso electromanual resulto en análisis anteriores como uno de los más contaminantes y el T3(GTAW) el menos contaminante y contribuidor a la calidad del aire en un ambiente de trabajo, no es muy empleado en la producción industrial por su lentitud y demanda de más horas hombre encareciendo la producción, como podemos observar en la Figura 21, para T2(SMAW)= 28.8s y para el T3(GTAW)= 52,8s sin embargo, estadísticamente se considera como la mejor media el T3 con GTAW, significando casi el doble de tiempo, con lo cual, en todo caso que se quiera decidir por un proceso más rápido y menos contaminante del aire, se optaría por el T1(GMAW)cuyo

tiempo de soldado es estadísticamente el mismo que el T2(SMAW) ligeramente encima con 29.9 s. En el sentido estricto de la protección del medio ambiente nos inclinaríamos por el proceso menos contaminante, el T3(GTAW) o comúnmente llamado: Tunsteng Inert Gas (TIG)

Cuadro 08: Resultados estadísticos de la prueba de Tukey del efecto de los procesos de soldadura para la variable respuesta tiempo de soldado (t)

Procesos de soldadura	Tiempo (segundos)	Significación ($\alpha= 0.05$)
T3(GTAW)3	52.8	a
T1(GMAW)1	29.9	b
T2(SMAW)2	28.8	b

a, b, c: Letras diferentes indican que existe significancia estadística ($p<0.05$)

Fuente: Elaboración propia

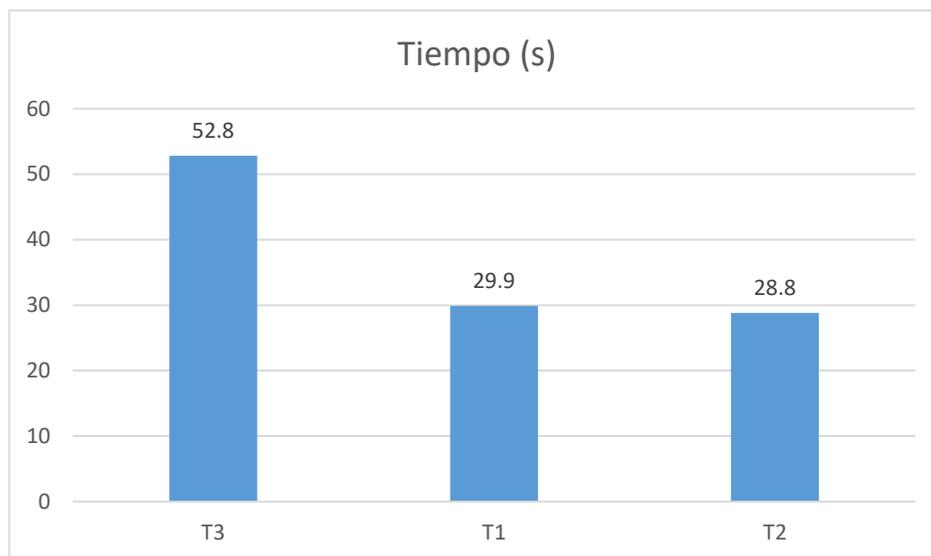


Figura 22: Efecto de los procesos de soldadura con la duración del soldado

V. CONCLUSIONES

- 5.1 Para efectos de emanaciones medidos en la campana la relación de las velocidades de arrastre o captación (V_a), respecto a la velocidad de conducción o salida (V_c) deberá ser mínimo de 1 a 15 (Soler & Palau 2020), en este caso, al medir la velocidad de arrastre con el anemómetro se obtuvo una velocidad de 0.57m/s, mientras que en la salida aproximadamente 18m/s. velocidad que garantiza el buen funcionamiento de la cámara o campana de soldeo por estar este valor por encima del valor mínimo.
- 5.2 Las emanaciones de Monóxido de Carbono (CO), en los procesos de soldadura con arco eléctrico (SMAW, GTAW y GMAW) no son apreciables, y no son detectados como tal por el detector de gases Meterk, que lo contabiliza entre los componentes Volátiles Totales (TVOC). Ieda Giannuzzi sostiene: “que la concentración promedio en la atmósfera es de 0.1 ppm y que la mayor fuente de producción de CO es el motor de combustión interna con concentraciones que pueden alcanzar hasta 115 ppm, en embotellamiento de automóvil”
- 5.3 De los tres procesos testados, el proceso GMAW, en su modalidad de MAG, resultó el de mayor emanación para la variable Dióxido de Carbono (CO_2), y el proceso GTAW con uso de gas inerte (TIG) el de menor contaminación del aire por la emanación de CO_2 .
- 5.4 El proceso de soldado, Gas Tungsten Inert Gas (GTAW), también conocido como TIG es el menos contaminante del aire, pero al incrementar la temperatura en el depósito del material de aporte, contribuiría al calentamiento global más que los procesos GMAW y SMAW.
- 5.5 En el sentido estricto de contaminación del aire el GTAW debería ser el más recomendado como proceso menos contaminante del aire en un ambiente de soldadura.
- 5.6 Los tres procesos soldables en estudio superan ampliamente los estándares consultados, con lo cual se concluye que son altamente contaminantes en particulados PM2.5 y PM10.

VI. RECOMENDACIONES

- a. Instalar un variador de velocidad en el tablero de la campana de extracción, para testar otras emanaciones que requieran diferentes velocidades de arrastre (V_a) o de velocidad de conducción (V_c), para aumentar su versatilidad futura.
- b. Emplear otro detector con un rango de detección más fino del CO en ppm. Para saber exactamente cuántas ppm de CO están contenidas en las emanaciones de TVOC.
- c. Emplear el proceso GTAW (TIG) por ser el menor contaminante del aire en el ambiente de trabajo.
- d. Por haber obtenido el menor tiempo de soldado, después del proceso TIG y siendo el segundo menos contaminante en las emanaciones detectadas, emplear el proceso GMAW (MIG), si el fin es acelerar la producción.
- e. No emplear estos procesos soldables: GMAW, GTAW y SMAW sin una campana de soldeo o método de extracción de emanaciones, debido a su alta contaminación de particulados PM_{2.5} y PM₁₀. Que podrían afectar la salud de los trabajadores o alumnos que participan de una clase de soldadura en el taller de mecanización agrícola de la Universidad Nacional Agraria la Molina.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ávila Perona; sf Gases Industriales y Medicinales.

<http://dea.unsj.edu.ar/cea1/Gasess.pdf>

Benavides Ballesteros, Henry Oswaldo; León Aristizabal, Gloria Esperanza: 2007
Información técnica sobre los gases de efecto invernadero y el cambio climático; IDEAM –
Subdirección de meteorología. 102p.

<http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cam+bio+Climatico.pdf/7fabbbd2-9300-4280-befe-c11cf15f06dd>

Calle, Merche S.; Energías Renovables; Waste Magazine On-line.

<http://waste.ideal.es/biodiesel.htm>

Cano Menéndez, Yander Daniel: 2015 “Toxicidad por exposición a humos de soldadura en la construcción de embarcaciones en astilleros navales ecuatorianos – ASTINAVE EP. Propuesta de un modelo de prevención para el factor de riesgo químico en los procesos de soldadura”;
Universidad de Guayaquil; 149 p.

<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/1609/1/999.pdf>

Casco Hernández, Ángel: 2011 Uso del fundente celulósico, con porcentaje de humedad del 12.5%, en la soldadura de acero para tubería API X-60, unida por el proceso de soldadura con arco sumergido”; universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 70p.

http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB_UMICH/5144/IIMM-M-2011-0100.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Datos macros: 2022; Emisiones de CO2 en el Perú; Expansión.
<https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/emisiones-co2/peru>
[tratados internacionales ozono.pdf – UNEP.25pags.](#)

Delgado Saborit, Juana María: 2005 validación e implementación de técnicas de captación pasiva para el estudio de los niveles y efectos de ozono troposférico y dióxido de nitrógeno en un área costera mediterránea; Universitat Jaume; 50p.

<https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/10539/capitulo1.pdf;jsessionid=54F5C1CEA6FB4A3EB5F25C1C59C61ECA?sequence=2>

Delgado Yaranga, Marco Alonso: 2016 “Diseño de un Sistema de extracción y tratamiento de gases en un ambiente de forja y soldadura”; PUCP - Lima; 99p.

<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/7162>

Department of the army: 1993 Operator’s circular welding theory and application
REPORTING ERRORS AND RECOMMENDING IMPROVEMENTS; Washington, DC;
762 p.

https://web.archive.org/web/20080916073145/artikel-software.com/file/Welding_Manual.pdf

Díaz, Lorena: 2018 – 2023 Tipos de Soldadura; Grupo Arco.

<https://www.maquinasdehielo.com.mx/tipos-de-soldadura/#:~:text=El%20sistema%20de%20soldadura%20el%C3%A9ctrica,suficientes%20para%20fundir%20cualquier%20metal>

Duarte, Hugo; Capa de ozono; Scribd; 4p. <https://es.scribd.com/document/632047609/Capa-de-ozono>

Echarri Prim, Luis: 1998 Ciencias de la tierra y del medio ambiente; Ed. Teide; 200p.

https://cidta.usal.es/contamin_agua/www1/www1.ceit.es/Asignaturas/Ecologia/Hipertexto/09P rodQui/140EfToxic.htm

Escuela de soldadura: 2016 Tutorial de soldadura con TIG. Parte 3; Escuela de soldadores.com

<https://escueladesoldadores.com/como-soldar-con-tig/>

Flores, Juan; Hernández, Alejandro; Moya, Omar: 2020; Sistema automático para la aplicación de soldadura a tope por medio del proceso GMAW, upiita-ipn, México; 185p.

<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/30690/Sistema%20autom%c3%a1tico%20para%20la%20aplicaci%c3%b3n%20de%20soldadura%20a%20tope%20por%20medio%20del%20proceso%20GMAW%20-%20copia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Galobart, Neus: 2020 ¿Sabes lo que estas respirando en tu casa?; Fontgas; 1p.

<https://www.fontgas.com/blog/calidad-del-aire-y-supervision-del-co2/>

GHG (2005): Protocolo de gases efecto invernadero; World Resources Institute -México; 138p.

https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/protocolo_spanish.pdf

Granovsky, Luis: 2005; Renovada Energía. Revista: La jornada en la economía N° 68.

<http://www.jornada.unam.mx/2005/ago05/050801/004n1sec.html>

Horwitz, Henry: 1991 Soldadura, aplicaciones y práctica, Ediciones Alfaomega, México D.F.; 786p.

<https://es.scribd.com/document/389085266/Soldadura-Aplicaciones-y-Practica-Horwitz>

Horwitz, Henry: 2003 Soldadura: Aplicaciones y Práctica 1er edición; Marcombo; 808p.

<https://www.iberlibro.com/buscar-libro/titulo/soldadura-aplicaciones-practica/autor/horwitz/>

Leda, Giannuzzi: 2018; Toxicología general y aplicada; Universidad Nacional de la Plata; 86 p.

https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/136451/CONICET_Digital_Nro.ba08e6b2-f914-4716-b32a-afc26533f7b7_B.pdf?sequence=5&isAllowed=y

Matute Loayza, Karen Anabela: 2020; Dinámica de captura de CO₂ en condiciones de radiación solar directa y difusa en los páramos de Zhurucay; Cuenca; Ecuador; 60p.
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/35003/1/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf>

Maystre, Lucien Y; Spiegel, Jerry: 2012; Sumario Control de la Contaminación Ambiental; INSST; 60p.
<https://www.insst.es/tomo-i>

MCGRAW, H.: 2009. Contaminación Atmosférica. (10) Bloque IV; 234-262; 30p.
<https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448169816.pdf>

Méndez, Aníbal: 2017: ¿Cuán peligroso es el monóxido de carbono?; Steemit; 1p.
<https://steemit.com/stem-espanol/@anibalmdz/cuan-peligroso-es-el-monoxido-de-carbono>

MINAM: 2001 Decreto Supremo N° 074-2001-PCM; Reglamento de Estándares Nacionales de calidad ambiental del aire; 16 p.
<https://sinia.minam.gob.pe/normas/reglamento-estandares-nacionales-calidad-ambiental-aire>

Ministerio de Salud: 2005; Decreto supremo n° 015-2005-SA; 31 p.
https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/280981/252380_DS015-2005-SA.pdf20190110-18386-10o4hbf.pdf?v=1547173561

Núñez Gonzales, José Alberto: 2012; Guía control de la contaminación de gases y humos del proceso de soldadura; Universidad Libre de Colombia; Bogotá; 50 p.
<https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/10745>

Organización Mundial de la Salud – OMS: 2005; Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre – Resumen de evaluación de los riesgos; 25 p.

https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69478/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf

Ortega, Cinthya: 2020; Smog: Consecuencias en el medioambiente; Bioguía.

https://www.bioguia.com/ambiente/smog-que-es-y-las-consecuencias-provoca-en-el-medioambiente_86848816.html

PRTR-España: 2022; Partículas PM10, plan estadístico nacional (PEN 2021-2024); Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico.

<https://prtr-es.es/Particulas-PM10,15673,11,2007.html>

Rivas Arias, José María: 1997 Soldadura eléctrica y sistema T.I.G y M.A.G, Editorial Paraninfo, Magallanes, Madrid. 342 p.

<https://www.paraninfo.es/catalogo/9788428307420/soldadura-electrica-y-sistemas-t-i-g--y-m-a-g>

Rocha, Cristian; Villamarin, Pablo: 2013; “Análisis, evaluación y control de emisiones de gases en los procesos de soldadura, en la construcción de tanques de acero negro, en la empresa “Induacero Cía. Ltda.”, ubicada en la ciudad de Latacunga, sector el Niagara, periodo 2013”; Universidad Técnica de Cotopaxi; Latacunga; Ecuador; 115p.

Rodríguez, Pedro Claudio: 2001; Manual de soldadura, soldadura eléctrica, MIG y TIG; 1ra edición, librería y editorial Alsina; Buenos aires, Argentina; 65p.

<https://fullseguridad.net/wp-content/uploads/2017/09/Manual-de-soldadura-Pedro-Claudio-Rodr%C3%ADguez.pdf>

Rodríguez Galbarro, Hermenegildo; Tutorial n°53 Fundamentos de la soldadura MIG – MAG; Ingemecánica; 247 tutoriales.

[https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn53.html#:~:text=Mediante%20la%20soldadura%20MIG%2FMAG,\)%20o%20inerte%20\(MIG\)](https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn53.html#:~:text=Mediante%20la%20soldadura%20MIG%2FMAG,)%20o%20inerte%20(MIG))

Rojas, Katherine; Roque, André: 2004; Elementos de Contaminación Atmosférica Métodos de Abatimiento de SOx y NOx; Universidad de Chile; 28p.

[Informe de IQ588roque.pdf](#)

Salas Sandoval; Ignacio; Contreras Gonzales, Vicente: 2012 Contaminación ambiental del aire en Buenos Aires, Argentina; 8p.

<file:///C:/Users/Ferd1/Downloads/229-758-1-PB.pdf>

Palate Gaybor, Luis; Monografía Contaminación Atmosférica; UNIVPEN

<https://www.monografias.com/trabajos13/univpen/univpen>

Slideshare: 2011; Ecología y medio ambiente: problemas ambientales globales.

<https://es.slideshare.net/alfagonz/ecoloia-y-medio-ambiente-problemas-ambientales-globales>

SODECA: 2018; Ventiladores centrífugos y extractores en línea para conductos; 316p

https://www.sodeca.com/upload/imgCatalogos/ES/CT01_Centrifugs_2018_ES.pdf

Soler&Palau: 2009; Manual práctico de ventilación, capítulo 4: claves y conceptos de la ventilación localizada; 50p.

<https://www.solerpalau.mx/ASW/recursos/mven/Capitulo%204%20Manual%20de%20Ventilacion.pdf>

Soler & Palau: 2015; Catalogo Industrial, 90p.

<https://www.solerpalau.mx/ASW/recursos/cata/Industrial.pdf>

Sunarc, tecnología en soldadura; Soldadura MIG-MAG, 19 p.

<https://www.esmijovi.com/descargas/soldadura-MIG.pdf>

<https://es.trotec.com/productos-y-servicios/aparatos-de-medicion/emision/gasometros/medidor-bq16-de-hcho-tvoc/>

Useros Fernández, José Luis: 2012; El cambio climático: Sus causas y efectos medioambientales; Universidad de La Rioja; 28p.

<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4817473.pdf>

Usiña, Quishpe, José Pascual: 2014; Diseño y construcción de un sistema de extracción de gases para el laboratorio de soldadura de la UPS Campus Kennedy.

<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/6805>

VIII. ANEXOS

Anexo 1: COMPARATIVO de los tres procesos de soldadura en Diseño Completo al Azar.

a1.0 Datos de la investigación

Muestra	Trat	HCHO	TVOC	PM25	PM10	CO2	Temperatura	tiempo
1	PSMAW	0.063	0.069	1000	1799	205	26	31
2	PSMAW	0.020	0.118	1000	1799	580	26	30
3	PSMAW	0.064	0.347	1000	1799	577	27	26
4	PSMAW	0.075	0.237	1000	1787	574	27	28
5	PSMAW	0.066	0.228	1000	1798	568	27	26
6	PSMAW	0.073	0.406	1000	1799	558	28	30
7	PSMAW	0.129	0.744	1000	1799	611	28	28
8	PSMAW	0.111	0.598	1000	1799	591	28	30
9	PSMAW	0.115	0.716	1000	1799	598	28	29
10	PSMAW	0.065	0.351	1000	1799	551	28	30
11	PGMAW	0.134	0.712	632	955	611	33	28
12	PGMAW	0.132	0.787	519	1046	633	33	30
13	PGMAW	0.114	0.538	492	707	597	32	39
14	PGMAW	0.128	0.627	576	958	614	33	27
15	PGMAW	0.124	0.645	694	1008	605	32	28
16	PGMAW	0.127	0.712	581	1057	621	32	29
17	PGMAW	0.103	0.457	535	1005	598	32	29
18	PGMAW	0.102	0.545	487	927	600	33	29
19	PGMAW	0.109	0.657	450	843	611	33	30
20	PGMAW	0.102	0.569	488	865	606	33	30
21	PGTAW	0.015	0.071	536	965	419	35	55
22	PGTAW	0.052	0.058	446	798	429	35	58
23	PGTAW	0.003	0.058	386	703	485	35	55
24	PGTAW	0.004	0.058	397	707	491	36	54
25	PGTAW	0.008	0.050	368	661	498	36	53
26	PGTAW	0.006	0.028	291	520	493	36	50
27	PGTAW	0.005	0.058	306	550	487	36	48
28	PGTAW	0.007	0.036	283	550	495	36	53
29	PGTAW	0.011	0.062	240	433	499	36	50
30	PGTAW	0.010	0.078	233	419	498	36	52

The ANOVA Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
-------	--------	--------

Trat 3 **PGMAW PGTAW PSMAW**

Number of Observations Read 30
 Number of Observations Used 30

a1.1: The ANOVA Procedure - Formaldehido

Variable: HCHO

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Trat	2	0.05672507	0.02836253	60.89	<.0001
Error	27	0.01257630	0.00046579		
Corrected Total	29	0.06930137			

R-Square **Coeff Var** Root MSE HCHO Mean
 0.818527 31.17305 0.021582 0.069233

a1.2: The ANOVA Procedure - Volatiles totales

Variable: TVOC

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Trat	2	1.63120460	0.81560230	37.04	<.0001
Error	27	0.59453940	0.02201998		
Corrected Total	29	2.22574400			

C.V. (%) 41.9

R-Square Coeff Var Root MSE **TVOC** Mean
 0.732881 41.91845 0.148391 0.354000

a1.3: The ANOVA Procedure - Material particulado

Dependent Variable: PM2.5 (u)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
--------	----	----------------	-------------	---------	--------

Trat		2	2232377.867	1116188.933	223.96	<.0001**
Error		27	134564.800	4983.881		
Corrected Total		29	2366942.667			
R-Square	Coeff Var	Root MSE	PM25 Mean			
0.943148	11.18215	70.59661	631.3333			

a1.4: The ANOVA Procedure - Material particulado

Dependent Variable: PM10

Source		DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Trat		2	7322323.400	3661161.700	271.01	<.0001
Error		27	364753.400	13509.385		
Corrected Total		29	7687076.800			
R-Square	Coeff Var	Root MSE	PM10 Mean			
0.952550	10.36102	116.2299	1121.800			

a1.5: The ANOVA Procedure - Dioxido de carbono

Dependent Variable: CO2

Source		DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Trat		2	84828.4667	42414.2333	8.32	0.0015
Error		27	137604.9000	5096.4778		
Corrected Total		29	222433.3667			
R-Square	Coeff Var	Root MSE	CO2 Mean			
0.381366	13.13678	71.38962	543.4333			

a1.6: The ANOVA Procedure - Temperatura
Variable: T°C

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Trat	2	360.8666667	180.4333333	459.59	<.0001
Error	27	10.6000000	0.3925926		
Corrected Total	29	371.4666667			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Temperatura Mean
0.971464	1.966230	0.626572	31.86667

a1.7: The ANOVA Procedure - Tiempo de soldeo

Dependent Variable: t (seg)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Trat	2	3672.066667	1836.033333	240.53	<.0001
Error	27	206.100000	7.633333		
Corrected Total	29	3878.166667			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	tiempo Mean
0.946856	7.433674	2.762849	37.16667

a1.8: Pruebas de comparación múltiple de Tukey para cada variable.

The ANOVA Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for **HCHO**
(Tukey=0.05)

Means with the same letter are not significantly different.

	Mean	N	Trat
A	0.117500	10	PGMAW

B	0.078100	10	PSMAW
C	0.012100	10	PGTAW

The ANOVA Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for **TVOC (compuestos orgánicos volátiles totales: mg/m3)**
 Tukey=0.05)

Means with the same letter are not significantly different.

	Mean	N	Trat
A	0.62490=0.63	10	PGMAW (MAG: proceso con gas activo)
B	0.38140=0.38	10	PSMAW (Electro manual)
C	0.05570=0.06	10	PGTAW (TIG: proceso con gas inerte y antorcha de tungsteno)

The ANOVA Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for **PM25**
 (Tukey=0.05)

Means with the same letter are not significantly different.

	Mean	N	Trat
A	1000.00	10	PSMAW
B	545.40	10	PGMAW
C	348.60	10	PGTAW

The ANOVA Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for **PM10**
 (Tukey=0.05)

Means with the same letter are not significantly different.

	Mean	N	Trat
A	1797.70	10	PSMAW
B	937.10	10	PGMAW
C	630.60	10	PGTAW

The ANOVA Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for **CO2**
(Tukey=0.05)

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey	Mean	N	Trat
A	609.60	10	PGMAW
A			
B	541.30	10	PSMAW
B			
B	479.40	10	PGTAW

The ANOVA Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for Temperatura
(Tukey=0.05)

Means with the same letter are not significantly different.

	Mean	N	Trat
A	35.7000	10	PGTAW
B	32.6000	10	PGMAW
C	27.3000	10	PSMAW

The ANOVA Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for **tiempo**
(Tukey=0.05)

Means with the same letter are not significantly different.

	Mean	N	Trat
A	52.800	10	PGTAW
B	29.900	10	PGMAW
B			
B	28.800	10	PSMAW

Trat Mean Tukey=0.05

ANEXO 02 Cálculos del TLV de las emanaciones de CO₂ para 15 minutos:

15 minutos = 900 segundos

- T3(GTAW): $900s * 479.4ppm / 52.8 = 8171.59ppm$
tiempo= 52,8 s.
lectura = 479.4ppm.
- T2(SMAW): $900s * 541.3ppm / 28.8 = 16915.62ppm$
Tiempo= 28.8s.
Lectura = 541.3 ppm.
- T1(GMAW): $900s * 609.6ppm / 29.9 = 18349.16ppm$
Tiempo = 29.9 s.
Lectura = 609.6ppm.

ANEXO 03: Fotos



a3.1: Medición de la velocidad de arrastre(V_a) en el extremo derecho de la cámara de soldado.



a3.2: Medición de la velocidad de arrastre(V_a), en el extremo izquierdo de la cámara de soldado.



a3.3: Cámara de soldado, vista frontal.



a3.4: Cámara de soldado vista de perfil.

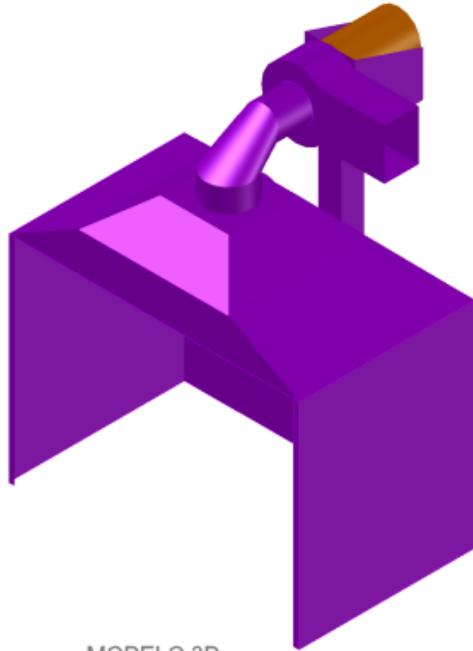


a3.5: Air Quality Detector Precision Instrument

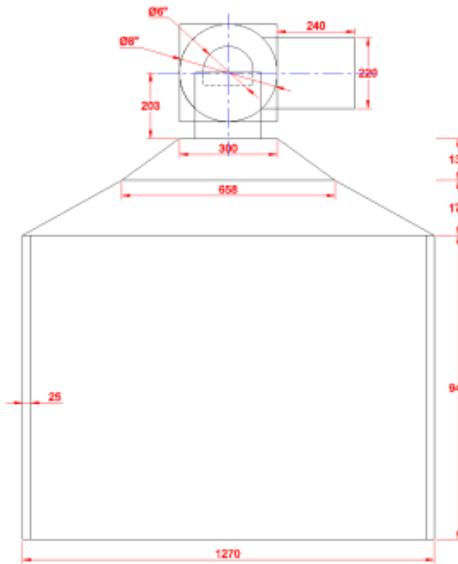


a3.6 Muestras de proceso de soldadura

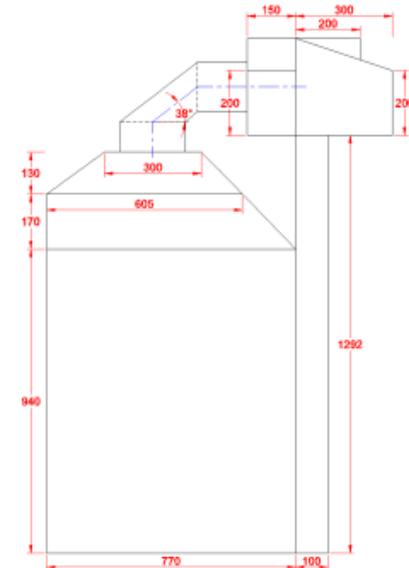
Anexo 04 Plano de la campana de soldeo



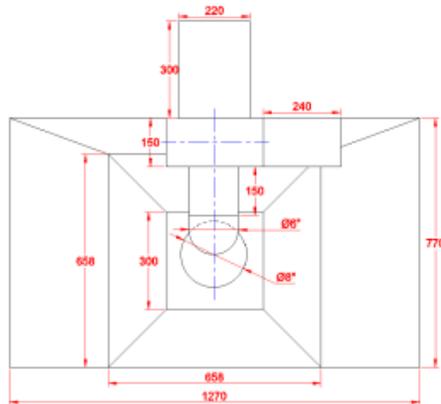
MODELO 3D



VISTA FRONTAL



VISTA DE PERFIL



VISTA DE PLANTA



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA



PLANO:		CAMPANA DE SOLDEO	
AUTOR:	ING. FRANCISCO JAVIER ROJAS ALEJANDRO	HOJA:	A4
FECHA:	10 ABRIL 23'	UNIDAD:	MILIMETROS
		ESCALA:	1:20
			LAMINA N°: 01