



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

MAESTRIA EN TOXICOLOGIA INDUSTRIAL Y AMBIENTAL

**“RIESGO TOXICOLÓGICO DEL MONÓXIDO DE CARBONO EN
TRABAJADORES DE LAS ISLAS DE RECARGA DE HIDROCARBUROS EN LA
TERMINAL DE PETROECUADOR DE LA CIUDAD DE CUENCA”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAGISTER EN
TOXICOLOGÍA INDUSTRIAL Y AMBIENTAL**

AUTOR:

Dra. Malena Silvana Mosquera Alvear
CI: 0103162541

DIRECTOR:

Dra. Ruth Eugenia Rosas Castro Msc.
CI: 0101598753

CUENCA - ECUADOR

2018



RESUMEN

La existencia en aire laboral de monóxido de carbono (CO) en concentraciones que sobrepasan los límites establecidos por las normativas nacionales e internacionales, es un motivo de preocupación e interés a nivel mundial por los riesgos que su presencia puede representar para la salud humana. Con un diseño cuasi experimental se realizó la medición de la carboxihemoglobina (COHb), antes y después de la jornada de trabajo mediante CO oximetría de pulso (espectrofotometría) con el empleo del equipo Detector Rad 57-Masimo Rainbow a funcionarios de las Islas de Recarga de la Terminal de Petroecuador de Cuenca (ITCPE) y se contrastó los resultados del grupo expuesto con un grupo no expuesto de características similares. Simultáneamente se realizó una monitorización del monóxido de carbono ambiental en las áreas de trabajo mediante el empleo del equipo detector de CO ambiental MSA Altair 5X de propiedad de la empresa de Petroecuador, se calculó el riesgo toxicológico y se analizaron mediante encuesta las características personales y de seguridad de los funcionarios.

La COHb de final de jornada tuvo un incremento significativo con respecto al inicio de la jornada ($P = 0.05$), los valores son superiores al 3.5% establecido por la OMS como máximo tolerable para exposición en el trabajo. La concentración del CO ambiental de las Islas de Recarga de la Terminal de Petroecuador de Cuenca al final de jornada fue ligeramente superior a los límites establecidos, se obtuvieron valores de $CP=1,023$; $FE=0,93807$. La sintomatología más frecuente referida por el grupo expuesto al CO fue: ardor de garganta (50%) y tos (50%).

Palabras clave: Monóxido de carbono, carboxihemoglobina, CO-oximetría, pulso, exposición.



ABSTRACT

The existence of carbon monoxide in a workplace in concentrations that exceed the limits established by national and international regulations, is a cause of worldwide concern and interest for the risks that its presence may represent for human health. With a quasi-experimental design, the measurement of carboxyhemoglobin (COHb) (spectrophotometry) with the use of the Detector Rad 57-Masimo Rainbow was performed before and after the working day by means of pulse oximetry to the main staff of the Recharge Islands in Petroecuador in Cuenca Terminal (ITCPE) and the results of the exposed group against an unexposed group of similar characteristics. At the same time, environmental carbon monoxide monitoring was carried out in the work areas by using the Altair 5X MSA environmental CO detector equipment owned by the Petroecuador company, a survey applied to the main staff demonstrated the toxicological risk that they are daily exposed.

At The end-of the, day COHb had a significant increase according with the data at the beginning of the day. ($P = 0.05$), the values are significant higher than 3.5% established (maximum for work exposure). The concentration of the environmental CO of the Recharge Islands in Petroecuador in Cuenca Terminal at the end of the day was slightly higher than the established limits, values of CP = 1.023, FE = 0.93807 were obtained. The most frequent symptomatology reported by the exposed group to CO was: sore throat (50%) and cough (50%). The average system allowed ensure the accomplishment of the sanitary regulations, and suggested the control in the use of safety equipment and the implementation of other ventilation mechanisms to help the reduce the risk to human health.

Key words: carbon monoxide, carboxyhemoglobin, CO-Oximeter, pulse, exposure



TABLA DE CONTENIDOS

Contenido	pág
Portada.....	1
Resumen	2
Abstract	3
Tabla de contenidos	4
Índice de tablas	7
Índice de gráficos	8
Cláusula de Licencia y Autorización para Publicación en el Repositorio Institucional.....	9
Cláusula de Propiedad Intelectual.....	10
Agradecimientos.....	11
Dedicatoria	12
Abreviaturas y simbología	13
Capítulo I	
Introducción.....	15
Capítulo II	
Revisión bibliográfica.....	18
2.1 Antecedentes.....	18
2.2 Monóxido de carbono	18
2.2.1 Generalidades.....	18
2.2.2 Características	19
2.3 Epidemiología.....	19
2.4 Toxicidad	20
2.4.1 Acción tóxica	20
2.4.2 Dosis tóxica.....	21
2.5 Fuentes de intoxicación.....	21
2.5.1 Fuentes endógenas.....	21
2.5.2 Fuentes exógenas.....	21
2.6 Etiología de las intoxicaciones.....	24
2.6.1 Accidental.....	24
2.6.2 Suicida	24



2.6.3 Profesional	24
2.7 Valores referenciales	25
2.7.1 Monóxido de Carbono	25
2.7.2 Carboxihemoglobina	27
2.7.3 Exposición Diaria.....	28
2.8 Fisiopatología	28
2.8.1 Unión a Hemoglobina.....	29
2.8.2 Formación de Carboxihemoglobina.....	29
2.8.3 Unión a proteínas	30
2.8.4 Daño celular directo	30
2.8.5 Mioglobina.....	31
2.8.6 Óxido nítrico	32
2.8.7 Gualinato ciclasa.....	32
2.9 Sintomatología.....	32
2.9.1 Sobreaguda.....	32
2.9.2 Aguda.....	32
2.9.3 Crónica.....	33
2.9.4 Síndrome tardío.....	34
2.10 Manifestaciones clínicas.....	34
2.10.1 Piel	34
2.10.2 Gastrointestinal	34
2.10.3 Pulmonar	34
2.10.4 Cardiovascular	34
2.10.5 Oftalmológico	34
2.10.6 Neuropsiquiátrico	34
2.11 Tratamiento	35
2.12 Diagnóstico.....	36
2.12.1 Exámenes de laboratorio	37
2.12.2 Pruebas toxicológicas	37
2.13 Criterios para la vigilancia de trabajadores expuestos a CO	37
2.13.1 Conducta a adoptar de acuerdo a los resultados de exámenes	38
2.14 Prevención.....	41

Capítulo III



Hipótesis y objetivos	43
3.1 Hipótesis.....	43
3.2 Objetivos.....	43
3.2.1 Objetivo General	43
3.2.2 Objetivos Específicos	43
Capítulo IV	
Material y Métodos	44
4.1 Descripción de la metodología	44
4.2 Variables.....	44
4.3 Población de estudio	44
4.3.1 Número de mediciones	44
4.4 Criterios de inclusión y exclusión.....	45
4.4.1 Criterios de inclusión de casos.....	45
4.4.2 Criterios de exclusión de casos.....	45
4.5 Procedimientos, técnicas e instrumentos para recolección de datos	45
4.5.1 Autorización	45
4.5.2 Consentimiento informado	46
4.5.3 Encuesta	46
4.5.4 Recopilación de información	46
4.5.5 Medición de CO.....	46
4.5.5.1 Descripción del MSA Altair 5X.....	47
4.5.5.2 Rango de aplicación.....	47
4.5.6 Obtención del dato de COHb	47
4.5.6.1 Descripción de CO-oxímetro de pulso Rainbow	47
4.5.6.2 Factores que afectan la oximetría de pulso	49
4.5.6.3 Fiabilidad del equipo	49
4.6 Cálculo del Riesgo Toxicológico.....	49
4.7 Aspectos éticos de la investigación	49
4.8 Análisis de la información	50
Capítulo V	
Resultados	52
5.1 Características de la población de estudio	52



5.2 Monitoreo de carboxihemoglobina.....	54
5.3 Comparación de COHb según exposición al inicio y final jornada	55
5.4 Relación entre CO aire ambiente y % COHb.....	58
5.5 Cálculo del riesgo	62
Capítulo VI	
Discusión	64
Capítulo VII	
Conclusiones y Recomendaciones	71
7.1 Conclusiones	71
7.2 Recomendación.....	72
Referencias bibliográficas.....	74
Anexos	84
ÍNDICE DE TABLAS	
Tabla 1. Emisiones de gases provenientes de automóviles	23
Tabla 2. Intoxicaciones por monóxido de carbono	25
Tabla 3. Valores límites de exposición para CO en ppm.....	26
Tabla 4. Concentración de monóxido de carbono	27
Tabla 5. Manifestaciones clínicas de la intoxicación por CO.....	33
Tabla 6. Edad de los funcionarios de las islas de recarga.....	52
Tabla 7. Características demográficas de la población	52
Tabla 8. Uso de equipos de protección de los funcionarios.....	53
Tabla 9. Comparación de COHb de grupo control con monitoreos al Inicio y final de la jornada	54
Tabla 10. Valores de COHb al inicio y final de la jornada, máximo, mínimo, promedios.....	57
Tabla 11. Comparación de %COHb al inicio y final de jornada	57
Tabla 12. Relación entre Monóxido en aire ambiente y %COHb	58
Tabla 13. Comparación de % COHb de expuestos y no expuestos.....	61
Tabla 14. Correlación entre %COHb promedio final y CO promedio Trabajadores expuestos	61



ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Combustión de la mezcla y emisiones de escape	22
Gráfico 2. Representación esquemática de las curvas de disociación	30
Gráfico 3. Acción tóxica del CO sobre cadena respiratoria	31
Gráfico 4. Detector de CO ambiental MSA Altair 5X	46
Gráfico 5. Detector Rad 57-Masimo Rainbow Set.....	48
Gráfico 6. Distribución de síntomas de la población de estudio	53
Gráfico 7. Comparación monitoreo 1 antes y después de la jornada	55
Gráfico 8. Comparación monitoreo 2 antes y después de la jornada	56
Gráfico 9. Comparación monitoreo 3 antes y después de la jornada	56
Gráfico 10. CO aire ambiente máximos de los tres monitoreos.....	59
Gráfico 11. Concentraciones %COHb inicio y final de jornada-promedio hora CO	60

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Autorización de Petroecuador para el trabajo investigativo.....	84
Anexo 2. Consentimiento informado.....	85
Anexo 3. Encuesta de características demográficas	88
Anexo 4. Datos encuesta.....	89
Anexo 5. Fotos de Las Islas de recarga de la Terminal Cuenca-Petroecuador....	90
Anexo 6. Datos de la concentración de monóxido de carbono en aire ambiente .	92
Anexo 7. Datos de niveles de COHb en la población de estudio.....	93
Anexo 8. Datos de la concentración de COHb en el grupo control.....	94
Anexo 9. Archivo de mediciones de CO en las Islas de Petroecuador-Cuenca ...	95
Anexo 10. Ficha de Seguridad del CO	98



CLÁUSULA DE LICENCIA Y AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

CLÁUSULA DE LICENCIA Y AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Malena Silvana Mosquera Alvear, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "RIESGO TOXICOLÓGICO DEL MONÓXIDO DE CARBONO EN TRABAJADORES DE LAS ISLAS DE RECARGA DE HIDROCARBUROS EN LA TERMINAL DE PETROECUADOR DE LA CIUDAD DE CUENCA", de conformidad con el art.114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, marzo de 2018

Malena Silvana Mosquera Alvear.

C.I. 010316254-1



CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL

CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Malena Silvana Mosquera Alvear, autor del Trabajo de Titulación "RIESGO TOXICOLÓGICO DEL MONÓXIDO DE CARBONO EN TRABAJADORES DE LAS ISLAS DE RECARGA DE HIDROCARBUROS EN LA TERMINAL DE PETROECUADOR DE LA CIUDAD DE CUENCA", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, marzo de 2018

Malena Silvana Mosquera Alvear.

C.I. 010316254-1



AGRADECIMIENTOS

Mi sincero agradecimiento a la Dra. Ruth Rosas Castro Msc. Directora de Tesis, por su gran apoyo para el desarrollo de este trabajo, con sus aportes, conocimientos y experiencia muy acertada.

Mis agradecimientos a los funcionarios de las Islas de Recarga de Petroecuador Terminal Cuenca, por su colaboración en la realización de este trabajo investigativo y de manera especial al Ing. Jorge Alvarado por su asesoría.

Mi agradecimiento a la Empresa Petroecuador por la autorización, apertura y colaboración para el desarrollo de esta investigación.

Malena Silvana



DEDICATORIA

Con mucho amor y gratitud a mi esposo Pablo por su incondicional apoyo y a mis hijos Pablo Andrés, Nicolás y Emilia por su paciencia, comprensión y cariño demostrada en el transcurso de este proyecto de mi vida.

A Dios por permitirme cumplir con esta etapa de formación personal.

Malena Silvana



ABREVIATURAS Y SIMBOLOGIA

ACGIH	American Conference Governmental Industrial Hygienist
ART	Área técnica
ATP	Adenosintrifosfato
ATSDR	Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades
CMP	Concentración Máxima Permitida
CO	Monóxido de Carbono
COHb	Carboxihemoglobina
ECG	Electrocardiograma
EEG	Electroencefalograma
EP	Petroecuador
EPA	Environmental Protection Agency
FDA	Administración de Drogas y Alimentos
Hb	Hemoglobina
IM	Intramuscular
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
ITCPE	Islas de Recarga de la Terminal Cuenca de Petroecuador
IV	Intravenosa
L	Litros
min	minuto
ml	Mililitros
mm Hg	Milímetros de Mercurio
NIOSH	Instituto Nacional de Salud y Seguridad Ocupacional
NO _x	Óxido Nítrico
O ₂	Oxígeno
O ₂ Hb	Oxihemoglobina
OMS	Organización Mundial de la Salud
OSHA	Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (Occupational Safety and Health Administration)
ppm	Partes por Millón
RMN	Resonancia magnética nuclear
SNC	Sistema Nervioso Central



TAC	Tomografía axial computarizada
TLV-TWA	Valor límite de umbral-Promedio ponderado de tiempo
TULSMA	Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Medio Ambiente
VLB	Valor Límite Biológico



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

La intoxicación por Monóxido de Carbono (CO) es un problema de salud pública todavía poco reconocido (Cedeño, 2010). El CO se produce por combustión incompleta de la materia orgánica como los hidrocarburos (Butriago & Velásquez, 2014), la principal fuente de producción de CO es la combustión de máquinas fundamentalmente en espacios con escasa ventilación (Carreño & Bermúdez, 2014). El monóxido de carbono al ser una sustancia sin olor, color y no irritante para las vías respiratorias puede pasar inadvertida, inofensiva en pequeñas cantidades, lo que facilita el proceso de intoxicación (Oyarzún, 2010) dado que no despierta fenómenos de alergia que permitan a la persona crear conciencia de la presencia del compuesto (Chayán, 2009); sin embargo, en cantidades elevadas resulta muy tóxica para el organismo (Heredia, 2014) siendo una causa importante de morbilidad y discapacidad laboral (Ponce, y otros, 2005).

La intoxicación por CO es grave, pudiendo llegar a ser letal o dejar secuelas irreversibles (Vargas, 2009), los peligros del CO provienen principalmente de la hipoxemia que se acompaña de la muerte celular de diversos órganos vitales (Vásquez, 2016). La Intoxicación aguda es fulminante a una concentración en el ambiente mayor a 1200 ppm (Labanti, 2016) que puede producir desmayos, convulsiones y muerte instantánea por síncope cardio-respiratorio (Pelhamn, 2002; Betten, 2013). Su peligro es mayor en aquellas personas que padecen enfermedades cardiovasculares, angina de pecho o enfermedad vascular periférica (Harris, 2008).

Investigaciones iniciales sobre la toxicidad del monóxido de carbono establecen que la concentración vehicular puede ocasionar hasta un 60 a 95% del incremento de este gas en la atmósfera (Ledesma, 2012) y sus emisiones anuales totales exceden al de todos los contaminantes atmosféricos combinados (Romero, Olite, & Alvarez, 2006). Estudios realizados en España por Nogué & Dueñas (2006) manifiestan que el número de intoxicaciones por CO es difícil de establecer, pero pueden ser más de 2.500 por año de las cuales un centenar pueden resultar mortales constituyéndose



en una de las principales causas de muerte de origen tóxico (Dueñas, Pérez, Escudero, & Hernández, 1998). En Chile para el año 2000 el 91% de las emisiones de monóxido de carbono en la región metropolitana de Santiago de Chile fueron producidas por el transporte automotor y en Colombia se estimó para 1996 que su concentración media atmosférica en un día normal se encuentra entre 30 y 35 ppm (Fajardo, Rodríguez, & Téllez, 2006).

Evaluaciones realizadas por Pino & Hernández (2016) en conductores de buses, policías de tránsito y vigilantes de parqueaderos de la ciudad de Bogotá encontraron que los individuos con concentraciones altas de COHb presentan alteraciones electrocardiográficas y sintomatología compatible con intoxicación crónica por monóxido de carbono. Los estudios de Machado (2007) en un ambiente de mayor densidad vehicular y poblacional en la zona localizada en Sinamaica, Venezuela, establecen que las concentraciones de CO para el período total de muestreo rebasan la norma venezolana en 36%, señalando la conveniencia de medidas de control.

En la ciudad de Cuenca se han realizado investigaciones sobre el riesgo toxicológico por exposición a Monóxido de Carbono en espacios relacionados con el manejo de hidrocarburos o productos de su combustión; estos estudios desarrollados han estado basados en la determinación de CO en el aire ambiente y en el porcentaje de saturación de la hemoglobina total por Carboxihemoglobina (Romero & Espinoza, 2011; Rosas, 2014; Durán, 2015), trabajos en los que se han establecido que se superan los valores de las normativas nacionales e internacionales para jornadas de 8 horas: CO de 35 ppm según la OSHA, de 50 ppm según el Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Medio Ambiente (TULSMA) y un máximo de 229 ppm, y COHb de 3,5% según la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Las Islas de recarga de la Terminal de Petroecuador de la ciudad de Cuenca, área donde se realizó el presente estudio, están destinadas a la distribución de los diferentes hidrocarburos que son almacenados en tanques cilíndricos, construidos en acero al carbono (Alvarado, 2016) en la región sur del país mediante tanqueros; son espacios destinados al manejo de volúmenes muy grandes de combustibles que luego son transportados por camiones repartidores que incrementan en el ambiente



CO, lo que representa un riesgo para la salud de los empleados que desempeñan la dispensación de combustibles (Escudero & Hernández, 1998; Flachsbart, 2016).

Se procuró determinar el riesgo toxicológico del monóxido de carbono para las personas que laboran en las ITCPE, ubicada en el kilómetro 13 de la Panamericana Norte de la ciudad de Cuenca, instalaciones donde se almacenan gasolina y diésel con una capacidad de alrededor de 18.000 m³, distribuida en nueve tanques de almacenamiento. Los combustibles llegan a la terminal mediante la transferencia de tanqueros desde la Terminal de Pascuales en la provincia de Guayas y la Libertad en la provincia de Santa Elena, en la que se puede descargar seis unidades al mismo tiempo y también cuenta con una Isla de despacho que transportan el producto a las estaciones de servicio de la zona según Alvarado (2016).

Para cumplir este objetivo se midió la concentración de CO en el aire laboral mediante el uso del equipo detector de CO ambiental MSA Altair 5X y la carboxihemoglobina biomarcador altamente específico en sangre (Arroyo, 2003), con la técnica de CO-Oximetría de pulso (espectrofotometría) con el empleo del equipo Detector Rad 57-Masimo Rainbow en los funcionarios que laboran en esta área. Las mediciones se realizaron cada mes y por tres meses consecutivos durante la dispensación de combustibles a los tanqueros de distribución, la toma de las muestras se realizó al inicio y final de la jornada laboral, se determinó el riesgo toxicológico por el CO y se aplicó una encuesta para establecer las características demográficas de los funcionarios que laboran en las islas de recarga.

Este trabajo pretende establecer un aporte científico e investigativo en relación con la concentración del monóxido de carbono en el ambiente laboral, su riesgo para la salud de los funcionarios de la empresa y así establecer recomendaciones y medidas preventivas adecuadas.



CAPITULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 ANTECEDENTES

De los gases emitidos a la atmósfera, la concentración del CO representa aproximadamente el 75% de los contaminantes gaseosos totales, sin embargo, no afecta directamente a la vegetación o materiales al ser una molécula bastante estable. La importancia de su estudio radica en los daños que puede causar a la salud humana cuando un individuo se expone por tiempos prolongados y a concentraciones elevadas.

“La International Agency for Research on Cancer (IARC) ha clasificado a las emisiones de los motores diésel en el grupo 2A y las emisiones de los motores de gasolina en el grupo 2B, que establece la posibilidad de ser posiblemente cancerígenos para el hombre” (Moreno, 2003; Rosas, 2014).

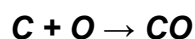
Dado que los hidrocarburos son compuestos constituidos por carbono e hidrógeno, provenientes del petróleo y sus derivados, la mayoría son cancerígenos y causan enfermedades de vías respiratorias de tipo alérgicas, su presencia a altas concentraciones produce vértigo, náuseas, vómito, somnolencia, taquicardia e incluso la muerte (Ballester, 2005). Los espacios con una exposición grande a hidrocarburos son atmósferas deficientes de oxígeno (Epelde, Vidal, Fayos, & Iglesias, 2011), estos lugares no están destinados para la ocupación continua de personas por el riesgo toxicológico (Álvarez, 2010), por acumulación de sustancias tóxicas.

2.2 EL MONÓXIDO DE CARBONO

2.2.1 Generalidades. El CO es un gas que en condiciones normales es incoloro, inodoro, tóxico e inflamable en el aire a distintas concentraciones (Ortiz & Mamani, 2013), se lo obtiene por combustión incompleta del carbono presente en los



combustibles fósiles cuando no se oxidan completamente todos los elementos combustibles (Aranguéz, 1999). En los productos de combustión aparece el CO y carbono no quemado (hollín) (EPA, 2009) cuando el aporte de oxígeno no es suficiente para oxidar por completo el combustible, con lo que se forma gases como el CO (Ledesma, 2012).



La permanencia media de las moléculas de CO en la atmósfera, es de un mes aproximadamente, antes de oxidarse y convertirse en CO₂.

2.2.2 Características

2.2.2.1 Características Físicas. Su peso molecular es de 28.011 gramos/ mol, punto de fusión -205.06°C , punto de ebullición -191.5°C , temperatura crítica 132.9°C -140.25°C . Se produce fundamentalmente por la combustión incompleta de materia orgánica en condiciones deficientes de oxígeno como gas, gasolina, keroseno, carbón, petróleo, tabaco o madera (Pérez, 2008).

2.2.2.2 Características Químicas. A temperatura ambiente es estable, se disocia en carbono y anhídrido carbónico entre 400°C y 800°C (Health, 2011) y a partir de esto la reacción se estabiliza dando anhídrido carbónico y desprendimiento de calor (llama azul), posee poder reductor y reacciona con diversos óxidos metálicos (de cobre, cobalto, hierro, plomo etc.) dando lugar a la formación de anhídrido carbónico y el metal correspondiente (Pérez & Marchesse, 2013).

2.3 Epidemiología

El efecto tóxico del monóxido de carbono ha sido objeto de estudio desde mucho tiempo atrás; así, el envenenamiento por CO se conoce desde cientos de años cuando se empleó en espacios no ventilados materiales para obtener fuego. Claude Bernard en 1857 fue el primero en describir un envenenamiento por este gas. La incidencia real de las intoxicaciones por CO se desconoce, ya que muchas de ellas



son indetectables al no ser letales y tener una sintomatología muy poco específica que puede confundirse con otras patologías.

En los Estados Unidos desde 1979 hasta 1988, las muertes no intencionadas por envenenamiento con CO han disminuido progresivamente, siendo los motores de los vehículos la principal causa, representando el 57% de su origen y de estos el 83% corresponden a vehículos aparcados. Muchas de las muertes producidas han ocurrido en espacios con puertas o ventanas abiertas, por lo que una ventilación pasiva no puede ser suficiente para reducir el riesgo en estos espacios (ATSDR, 2012).

Otra causa para el envenenamiento con CO es la inhalación de humos provenientes de otros tipos de fuego, como los casos de incendios forestales, incendios de edificios, por lo que los bomberos están expuestos a un alto riesgo.

Los habitantes no fumadores de zonas urbanas con una gran población vehicular pueden presentar niveles de COHb entre 1 a 2% debido a sus concentraciones altas de CO en su ambiente; el uso del tabaco también es considerado como otro factor de riesgo, pues incrementa los niveles de COHb, pudiendo observarse valores entre 4% y 9% o más, estos casos pueden ser tratados efectivamente al conocerse sus antecedentes.

Muchos renovadores de pinturas contienen cloruro de metileno, sus vapores son absorbidos rápidamente y cuando llegan a la circulación en el hígado se convierte en CO.

2.4 Toxicidad

2.4.1 Acción Tóxica. El monóxido de carbono indirectamente ocasiona asfixia oxipriva. El sistema nervioso, que es el de mayor exigencia de O₂, manifiesta primero los efectos que en un inicio son reversibles y funcionales, pero posteriormente no, se vuelven irreversibles con secuelas permanentes posteriores a la intoxicación oxicarbonada. Se ha demostrado la acción directa del CO a dosis suficiente sobre las células con la utilización de CO marcado con carbono radioactivo, probándose



que la eliminación del CO fijado en los tejidos como en el miocardio es prolongada, incluso podría durar semanas debido al CO disuelto en el plasma y no al unido a la Hb. Se trata de un efecto tóxico específico sobre los procesos metabólicos celulares por parálisis del fermento respiratorio de Warburg (unión a los citocromos celulares), pero antes de que esto ocurra, ya se habrá producido la muerte por mecanismo asfíctico, típica de una intoxicación aguda.

2.4.2 Dosis Tóxica. No existe una dosis tóxica absoluta establecida, la misma dependerá de su concentración en el aire y del tiempo de exposición. Por otra parte, la dosis tóxica no depende del peso corporal, ni del número de personas presentes en el área contaminada, dado que todos están expuestos. Los ancianos, niños, embarazadas y personas con anemia son los más afectados. Se emplean como detectores biológicos animales pequeños (roedores) por su sensibilidad a este gas.

2.5 Fuentes de Intoxicación

2.5.1 Fuentes endógenas. Pequeñas cantidades de CO son producidas por el cuerpo humano en forma continua como uno de los productos finales del catabolismo de la hemoglobina y otros grupos hemo, por lo tanto, es normal que exista una saturación de COHb del 0.4- 0.7% en un individuo sano, o que en situación de anemia hemolítica aumente la producción endógena de CO, llegando a una saturación de carboxihemoglobina del 4-6%. Sin embargo, es raro que esta producción endógena pueda provocar síntomas de intoxicación en un sujeto normal (Harris, 2008).

2.5.2 Fuentes exógenas. De forma exógena el CO se produce por la combustión de materiales con carbono en ambientes pobres en oxígeno:

La combustión se da por una reacción exotérmica de oxidación de sustancias, entre un combustible (elemento que se oxida) y de un comburente (elemento oxidante) o aire atmosférico que es el más común y calor que puede producir sustancias gaseosas y se las encuentra en los productos o humos (CO₂, H₂O como vapor de



agua, N₂, O₂, CO, H₂, C en forma de hollín, SO₂ (Gisbert & Villanueva, 2004). Se manifiestan en forma de calor, luz y visualmente en forma de fuego, llama u otros.

La combustión puede ser de dos tipos:

a. Combustión completa, cuando para asegurar que se oxiden todos los elementos combustibles se emplea un exceso de comburente decir para que las sustancias combustibles reaccionan hasta el grado máximo posible de oxidación. En este caso no existirá presencia de sustancias combustibles en los productos o humos de reacción.



b. Combustión incompleta, cuando no se oxidan completamente todos los elementos combustibles debido a un aporte insuficiente de oxígeno, es decir, no se alcanza el grado máximo de oxidación y hay presencia de sustancias combustibles en los gases o humos de la reacción. En los productos de combustión aparece el CO y carbono no quemado (hollín). (EPA, 2009)

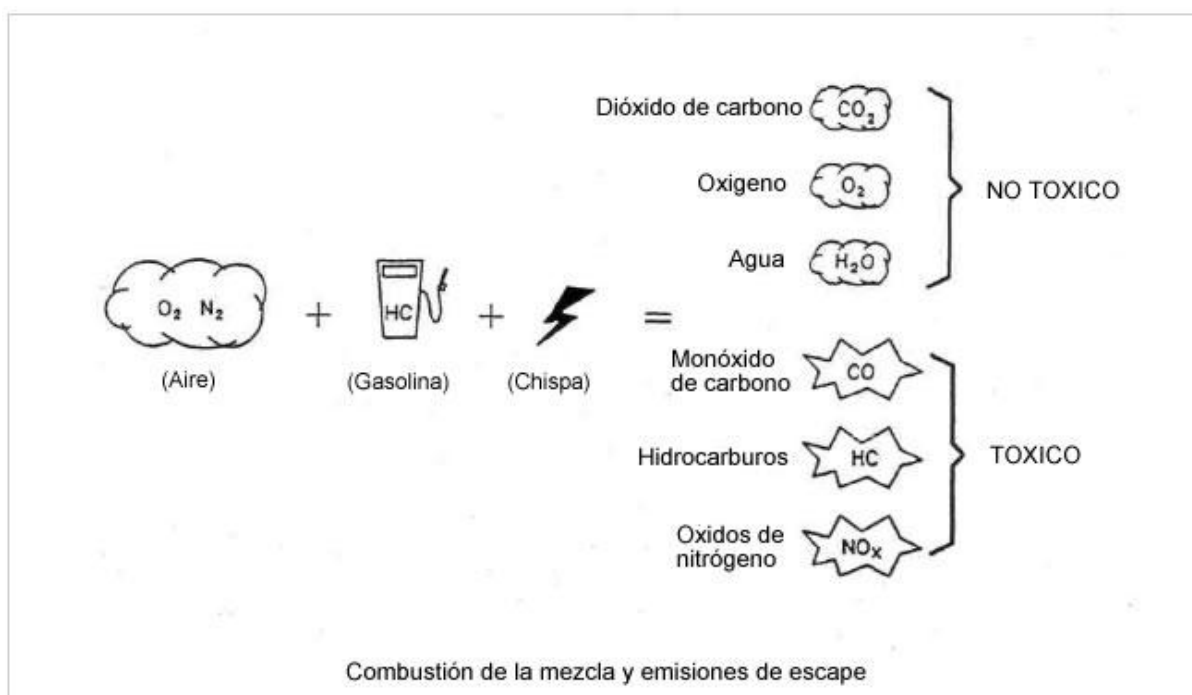


Gráfico 1. Combustión de la mezcla y emisiones de escape (descripción de las sustancias que integran los gases de escape).

Fuente: Mendoza, 2014.

De acuerdo a este criterio se clasifican en:

2.5.2.1 Fuente doméstica: Se produce CO por el empleo de artefactos que queman gas, carbón, leña, kerosén, alcohol, o cualquier otro combustible. El gas natural no contiene CO en su composición, pero su combustión incompleta es capaz de generarlo.

2.5.2.2 Maquinaria de combustión interna. La fuente principal son los motores de automóviles, lo que provoca contaminación ambiental, los mismos que pueden ser la causa de intoxicación letal dentro de un garaje público o de una vivienda, o aún para los que viajan dentro si los conductos de escape de gases son defectuosos. Una de las actividades diarias más frecuentes es conducir un automóvil; sin embargo, es muy difícil realizar mediciones constantes de cada uno de los vehículos, pero se pueden efectuar estimaciones de las emisiones.



Tabla 1. Emisiones de gases provenientes de automóviles.

	Motor de gasolina	Motor diésel
Monóxido de carbono	60 g por km recorrido	0.69 a 2.57g por km recorrido

Fuente: Alvarado J, 2009.

2.5.2.3 Fuente industrial. Constituye el 20% de la producción total de CO. Los trabajadores más expuestos son los de la industria del metal, mineros, mecánicos, almacenes de carga y descarga por la maquinaria de traslado.

2.5.2.4 El Fuego. Es la causa más frecuente de muerte por intoxicación por CO, durante un incendio las sustancias que se producen por la combustión de materiales de la construcción son altamente tóxicas constituyéndose en un alto índice de causas de morbi-mortalidad, porcentaje que va acompañado por una falta de oxígeno consumido en la combustión.

2.5.2.5 El tabaco. Fuente que en muchas ocasiones pasa inadvertida, pero su humo contiene aproximadamente 400 ppm de CO, por lo que una persona que fuma aproximadamente un paquete diario puede alcanzar niveles de COHb de 6-8%. El mismo valor pueden alcanzar los fumadores pasivos cuando viven en ambientes con elevado consumo de tabaco.

2.5.2.6 Los aerosoles. Una fuente no muy frecuente son los aerosoles domésticos, industriales y quitamanchas que contienen cloruro de metileno, sustancia disolvente que es metabolizada, tras ser inhalada, de forma lenta hacia CO por lo que la sintomatología de la intoxicación puede aparecer de forma retardada y, además, los niveles de COHb se mantienen durante más tiempo ya que la vida media de CO producido en el organismo es mayor que la del inhalado. La exposición prolongada al cloruro de metileno (mayor de 8 horas) ha producido niveles superiores al 8% de CO.



2.6 Etiología de las Intoxicaciones

Para conocer el origen de una intoxicación es importante establecer si en su producción ha habido o no la voluntad de realizarla o si se produjo de forma accidental. Las intoxicaciones por CO pueden darse por las siguientes causas:

2.6.1 Accidental. Es la causa más frecuente pues la emanación del gas es suscitada por el mal funcionamiento de los aparatos domésticos como calefones, cocinas, chimeneas, en el interior de la casa, encendido del automotor o automóvil dentro de una zona cerrada, por ejemplo, un garaje.

2.6.2 Suicida. En algunos casos, cuando se emplea el CO como un agente suicida, debido a sus características suele denominarse “el asesino silencioso”.

2.6.3 Profesional. Cuando el envenenamiento o intoxicación accidental-laboral ocurre en los lugares de trabajo, como sucede por ejemplo en los mineros por los gases de las exposiciones de grisú, también los trabajadores- dispensadores de gasolineras que están expuestos al humo del escape de los vehículos, control vehicular, jefes de pista de descargue de combustible, bomberos, etc. Es una intoxicación propia de profesionales en las que las emanaciones de CO constituyen un riesgo (Gisbert & Villanueva, 2004).

Tabla 2. Intoxicaciones por monóxido de carbono.

PAIS	VISITAS HOSPITALARIAS ANUALES	MUERTES ACCIDENTALES	MUERTES SUICIDAS
Estados Unidos	25000	500	1700
Suiza	130	23	-
Francia	120	20	-
España	2000	4	-

Fuente: Investigación de intoxicación por CO realizado por G. Oliu et al. (2010)



2.7 Valores referenciales

Los gobiernos desarrollan reglamentos y recomendaciones para proteger la salud pública, que pueden ser impuestos por ley. La Administración de Salud (EPA), Seguridad Ocupacional (OSHA) y la Administración de Drogas y Alimentos (FDA) son algunas agencias federales que desarrollan reglamentos para sustancias tóxicas. La Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR) y el Instituto Nacional de Salud y Seguridad Ocupacional (NIOSH), son dos agencias federales que desarrollan recomendaciones para sustancias tóxicas.

2.7.1 Monóxido de Carbono

- La concentración máxima permitida (CMP) en el ambiente de trabajo de CO en un máximo de 8 horas es de $10000\text{ug}/\text{m}^3$ y para una hora no exceder $30000\text{ug}/\text{m}^3$ según las normativas internacionales EPA y NECAA, capítulo VI.
- La CMP sin tener efectos y con una permanencia de 8 horas es de 25-50 ppm (Gutierrez, 2009; TULSMA, 2013).
- En zonas de tránsito pesado la concentración puede llegar a 115 ppm, en carreteras 75 ppm, en garajes cerrados 100 ppm. Un escape de un vehículo emite 10% ó 100.000 ppm (Gutierrez, 2009).
- EL TLV de 8 horas de exposición a CO (TLV-TWA) según la (OSHA) de los EE. UU es de 35 ppm o $40\text{ mg}/\text{m}^3$ y un límite máximo (TLV-C) de 200 ppm ($229\text{ mg}/\text{m}^3$).
- La American Conference Governmental Industrial Hygienist, fija su valor límite biológico en 20 partes por millón.
- En ambiente General el valor de CO fijado por la OMS es de 35 ppm por hora (Tellez, Rodríguez, & Fajardo, 2006).
- Los niveles considerados inminentemente dañinos son de 1200 ppm en adelante (NIOSH, 1986; ACGIH, 2005).
- La EPA ha establecido un límite ambiental de 10 miligramos por metro cúbico (mg/m^3) (9 partes por millón en volumen) para monóxido de carbono en el aire



promediado sobre 8 horas. Este límite no debe excederse más de una vez al año.

- La OSHA ha establecido un límite legal de 55 mg/m³ (50 ppm) para monóxido de carbono en el aire promediado durante una jornada de 8 horas diarias.

Tabla 3. Valores límites de exposición para CO en ppm en exposiciones promedio diarias para 8 h y en exposiciones de corta duración promedio para 15 min aportados por diferentes Instituciones.

País	Estándar	Exposición diaria (8h)	Exposición de corta duración (15 min)
USA	OSHA (PELs) ^a	50	
USA	NIOSH (RELs) ^b	35	200 ^g
USA	ACGIH (TLV) ^c	25	
Australia	NOSH (OES) ^d	30	200
Canadá	OHSR (PEVs) ^e	35	200
España	INSHT (VLA) ^f	25	125 ^g

^a Occupational Safety and Health Administration (OSHA) Permissible Exposure Limits (PELs). ^b National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) Recommended Exposure Limits (RELs). ^c American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) Threshold Limit Values (TLVs). ^d National Occupational Health and Safety. Occupational Exposure Standards (OES). ^e Occupational Health and Safety Regulations. Permissible Exposure Values (PEVs). ^f Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) Valores Límite Ambientales (VLA). ^g Valor umbral que no debe ser sobrepasado en ningún momento durante la jornada^{18, 29}.

Fuente: Carballo, 2010.

2.7.2 Carboxihemoglobina

- Según la OMS (2007) se acepta 3,5% de COHb, en no fumadores o fumadores vecinales: 0.5-2.5, fumadores pasivos: 2-4%, fumadores: 5-9%, intoxicación leve o moderada: 12-20%, intoxicación aguda: 20-30%, coma: 50-70% y muerte rápida: >70%.
- Valores del 2% de COHb en sangre son tolerados, desde el 4% empieza la sintomatología, aunque no existe una relación directa entre la sintomatología y los valores encontrados, los fumadores toleran cantidades de hasta el 9% de COHb en sangre (OMS, 2005; Zaragoza, 2005).
- La exposición por varios minutos a 1000 ppm de CO (0.1%) pueden resultar en un 50% de saturación de la carboxihemoglobina.



La tabla siguiente explica las concentraciones de CO en el ambiente, el porcentaje de formación de COHb y los síntomas que ocasionan a esos niveles.

Tabla 4. Concentración de monóxido de carbono, % de COHb y sintomatología.

Concentración de Monóxido de Carbono	COHb (%)	Síntomas
Menos de 35 ppm (cigarrillo)	5	Ninguno o cefalea leve
0.005% (50 ppm)	10	Cefalea leve, disnea de grandes esfuerzos, vasodilatación cutánea
0.01% (100 ppm)	20	Cefalea pulsátil, disnea de moderados esfuerzos
0.02% (200 ppm)	30	Cefalea severa, irritabilidad, fatiga, visión borrosa
0.03-0.05% (300-500 ppm)	40 – 50	Cefalea, taquicardia, náuseas, confusión, letargia, colapso, respiración de Cheyne Stokes
0.08 – 0.12% (800-1200 ppm)	60 – 70	Coma, convulsiones, falla respiratoria y cardíaca
0.19% (1900 ppm)	80	Muerte

Fuente: Gutierrez, 2009.

2.7.3 Exposición Diaria (ED)

Es la concentración media de un agente químico en la zona de respiración del trabajador medida de forma ponderada con respecto al tiempo, para la jornada laboral real y referida a una jornada estándar de ocho horas diarias.

Referir la concentración media a esta jornada implica considerar el conjunto de las distintas exposiciones del trabajador durante su jornada laboral real, cada una con su correspondiente duración, como equivalente a una única exposición uniforme de ocho horas laborales.

La ED puede calcularse *matemáticamente* mediante la siguiente ecuación:



$$ED = \frac{\sum c_i t_i}{8}$$

Donde:

Σ Sumatoria

c_i Es la concentración i-ésima

t_i Es el tiempo de exposición laboral, en horas, asociadas a cada valor de c_i .

2.8. Fisiopatología

La intoxicación por CO es frecuente y muchas veces grave pudiendo llegar a ser letal o dejar secuelas irreversibles (Vargas, 2009). Los peligros del CO provienen principalmente de su toxicidad, su inflamabilidad y baja densidad que facilita que el CO llegue a los alveolos pulmonares, luego al torrente sanguíneo con la reducción de la capacidad de la sangre para llevar oxígeno al organismo, la hipoxemia se acompaña de la muerte celular de diversos órganos vitales como del cerebro, corazón y pulmón (Vásquez, 2016).

Además, el monóxido de carbono se une a ciertas proteínas que contienen Hb: mioglobina y ciertos citocromos, su vía de eliminación son los pulmones: $V \frac{1}{2}$ 480 minutos (8h) en ambientes no ventilados, 320 minutos al aire de un ambiente ventilado, 80 minutos con oxígeno puro 25 minutos con oxígeno hiperbárico.

2.8.1 Unión a la Hemoglobina. El CO es un gas asfixiante que actúa al combinarse con la hemoglobina, proteína de los glóbulos rojos que contiene hierro, la cual se encarga de transportar el oxígeno a las células y tejidos a través de la sangre y forma un compuesto estable, la carboxihemoglobina (López, 2009; Gómez, 2016), biomarcador que manifiesta alteraciones bioquímicas y fisiológicas en la estructura de la hemoglobina y en el proceso fisiológico de oxigenación celular y tisular la misma que impide a la hemoglobina unirse al oxígeno del aire privando al cuerpo del



oxígeno necesario para la respiración metabólica (Aceituno, Urrutia, & Sujima, 2009), es un gas que ingresa por inhalación al organismo y se disuelve a la razón de 2 a 2.5 cm³ de CO en 100 cc de sangre (Zaragozano, 2005). Desde el punto de vista fisiopatológico el CO tiene una afinidad de 250 veces más que el oxígeno (O₂), éste desplaza al O₂ de la hemoglobina (Hb) para formar carboxihemoglobina de color rojo cereza, esta gran afinidad y sus propiedades organolépticas lo hacen un elemento tan peligroso en concentraciones pequeñas (Vargas, 2014).

2.8.2 Formación de Carboxihemoglobina. El CO ingresa fácilmente por las vías respiratorias superiores y llega a los pulmones, pasa a la circulación y se une con la hemoglobina formando COHb que es una molécula incapaz de oxigenar los tejidos.

La molécula de hemoglobina dispone de cuatro sitios de unión con el oxígeno, cuando uno de estos sitios es ocupado por el monóxido de carbono, la hemoglobina se altera de tal forma que impide que los otros sitios se unan al oxígeno (Brandan, Aguirre, & Giménez, 2008) lo que ocasiona la hipoxia celular por la caída del contenido arterial de oxígeno por incremento de la afinidad de la Hb y anoxia celular (Guyton, 2006), ya que el CO tiene la capacidad de fijarse a los citocromos mitocondriales alterando la fosforilación oxidativa (Fajardo, Rodriguez, & Téllez, 2006; Peña, 2010).

El CO con una presión parcial inferior 250 veces a la del oxígeno 0,4 mmHg en vez de los 100 mmHg el CO consigue los mismos porcentajes de saturación que el O₂ (fig 1), lo que ocasiona un desplazamiento de la curva de disociación del oxígeno con la Hb hacia la izquierda por lo que llega menos oxígeno a los tejidos.

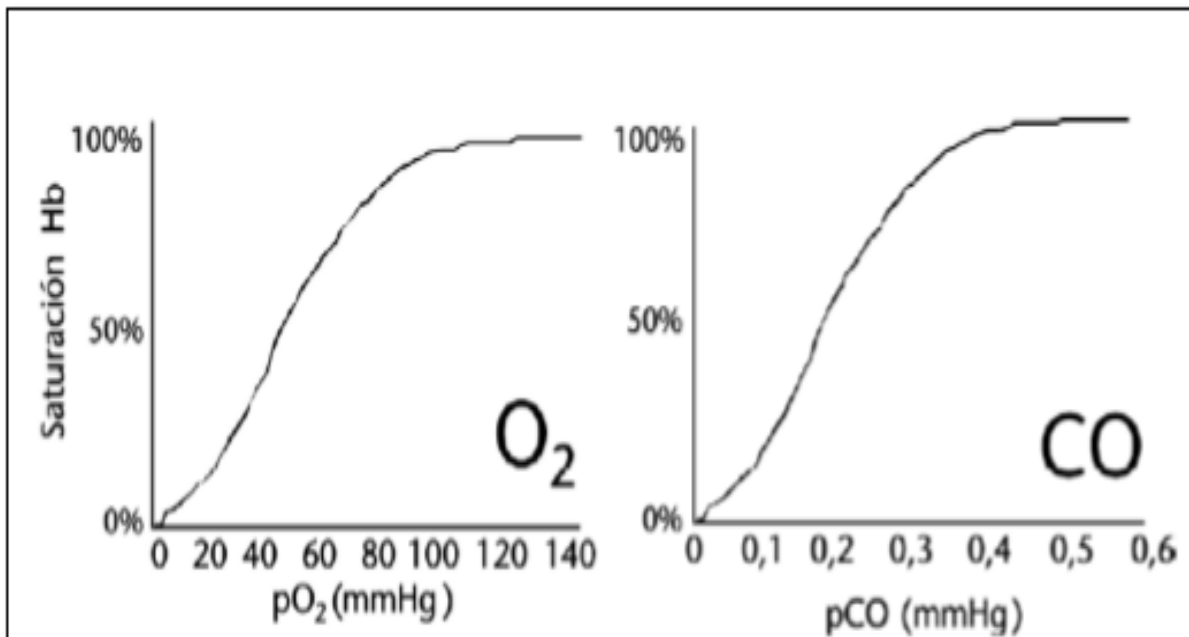


Gráfico 2. Representación esquemática de las curvas de disociación de la hemoglobina para el oxígeno y el monóxido de carbono. Obsérvese que la presión parcial de CO que se necesita para saturar el 100% de la Hb en forma de COHb es de alrededor de 0,4mmHg, 230 veces inferior a la presión parcial de O₂ requerida para saturar el 100% de la Hb en forma de oxihemoglobina.

Fuente: Oliu, Nogue & Miro, 2010.

2.8.3 Unión a otras proteínas. El CO se une también a otras proteínas como la mioglobina cardíaca y la mioglobina muscular alterando su normal funcionamiento, lo que produce una mala perfusión.

2.8.4 Daño celular directo. Cuando al citocromo c oxidasa que se encuentra en la pared mitocondrial y participa en el transporte de electrones (único sistema que reacciona directamente con el oxígeno transfiriéndole cuatro electrones para formar dos moléculas de agua) se une al CO e impide la respiración celular y la síntesis de ATP lo que facilita el metabolismo anaerobio con la formación de radicales libres de oxígeno, la acidosis láctica y la muerte celular, así también la degradación de ácidos grasos insaturados o peroxidación lipídica lo que lleva a la desmielinización reversible del sistema nervioso central y favorece la adhesión leucocitaria en la microvasculatura sanguínea. Durante la reoxigenación el daño celular producido por la hipoxia continúa, lo que lleva a una reperfusión típica. El estrés oxidativo es consecuencia también de la liberación de óxido nítrico por las plaquetas y el endotelio (Repetto, 2009).

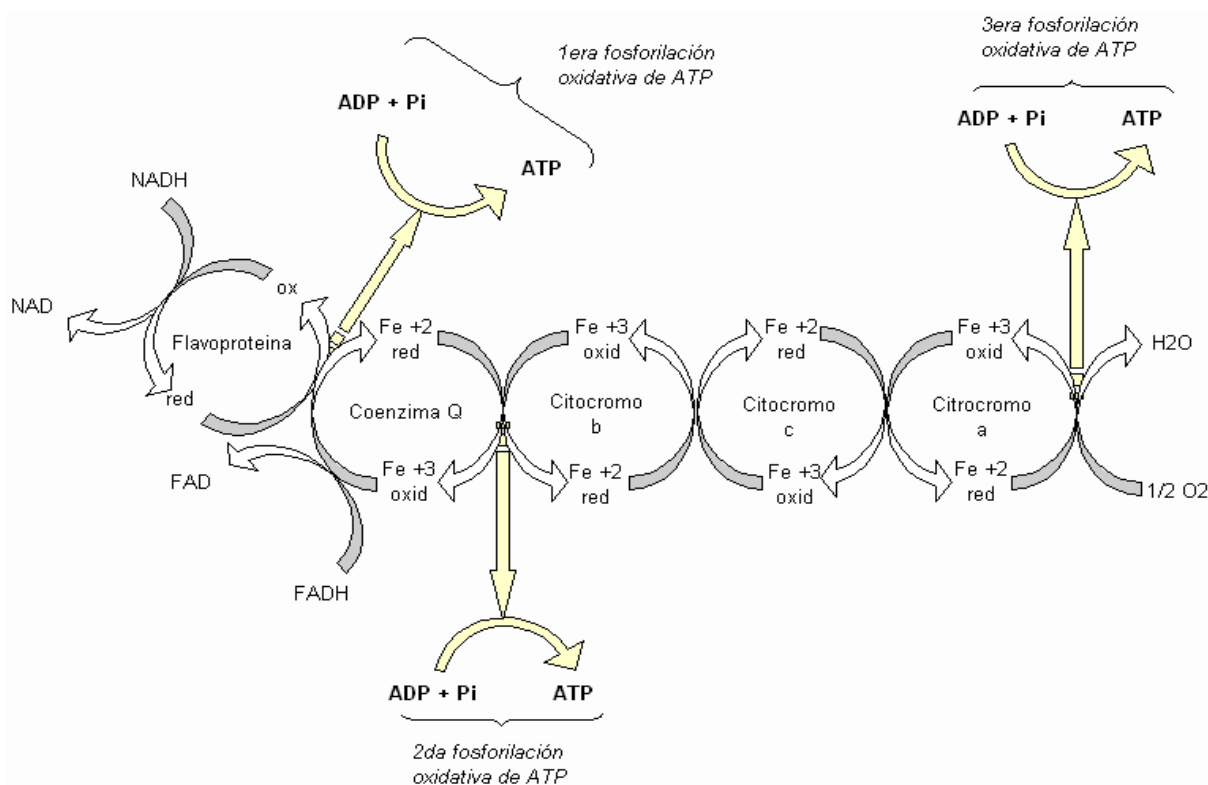


Gráfico 3. Acción tóxica del CO sobre cadena respiratoria mitocondrial. Fuente: Repetto, 2009.

En intoxicaciones leves o moderadas los síntomas son muy inespecíficos y tan solo la sospecha clínica o el contexto en el que se encuentra el enfermo (incendio, en invierno en casas con estufas a gas, calefón, etc), van a hacer buscar la intoxicación por CO. Habitualmente suele confundirse con una intoxicación alimentaria, delirium tremens, intoxicación aguda por etanol o migraña.

2.8.5 Mioglobina. En el espacio extravascular se encuentra del 10% al 15% de la reserva corporal de CO, la mioglobina presente en las células del músculo estriado y cardíaco presenta una afinidad 60 veces mayor por el CO que para el oxígeno, lo que conlleva a la presencia de arritmias, disfunción miocárdica, toxicidad muscular y rabdomiolisis por falta de oxígeno en el corazón.

2.8.6 Óxido nítrico. Cumple un papel importante en la intoxicación por CO, tiene participación en las funciones de la modulación del tono muscular, en la inhibición de la agregación plaquetaria, en la neurotransmisión central periférica y en la



inmunidad. La presencia de NO en el SNC se da con hipotensión, vasodilatación cerebral y pérdida de conciencia manifestaciones de intoxicación por CO asociadas a su presencia.

2.8.7 Gualinato ciclasa. Su activación enzimática eleva las concentraciones de GMPc intracelular ocasionando vasodilatación cerebral con la presencia de cefalea hasta pérdida de conciencia.

2.9 Sintomatología. Va a estar relacionada directamente con la concentración de CO en el ambiente que pueda ser inspirado, del tiempo de exposición, así como de la susceptibilidad de cada individuo.

2.9.1 Sobreaguda. No es muy frecuente, se da a una concentración en el ambiente mayor a 1200 ppm, se pueden presentar desmayos, convulsiones, y fallecen instantáneamente por síncope cardiorrespiratorio (Labanti, 2016). En concentraciones de 12.800 ppm hay riesgo de muerte de forma inmediata entre 1 a 3 minutos de exposición (Ledesma, 2012; Rey, Correcher, & Calvo, 2012).

2.9.2 Aguda. Es más común, ocasionada por la exposición en un ambiente de CO a concentraciones entre 100 – 500 ppm se manifiestan cefalea, calor, náusea, malestar, vómito, debilidad en extremidades inferiores (inmovilización), somnolencia, insensibilidad como paso previo al coma, respiración débil, taquicardia (Puras, 2013), durando de 2-3 días, si la víctima pasa este tiempo puede darse la muerte. Si la víctima sobrevive la recuperación es lenta y puede dejar secuelas en órganos o sistemas (Villanueva & Gisbert, 2004)

2.9.3 Crónica. Se produce por exposición durante períodos prolongados a concentraciones de CO que varían entre 50 -100 ppm, la sintomatología es similar a la sintomatología aguda pero menos severa, menos perceptible; por lo tanto, los pacientes pueden ser diagnosticados incorrectamente (Vargas, 2014).



Tabla 5. Manifestaciones clínicas de la intoxicación por monóxido de carbono.

Leve	Moderada	Grave
Cefalea*	Confusión**	Palpitaciones
Náuseas	Síncope-debilidad	Hipotensión
Vómito	Dolor precordial	Arritmias
Mareo	Disnea	Infarto
Dolor abdominal	Taquicardia-Taquipnea	Paro cardiorespiratorio
Letargia	Rabdomiolisis, calambres musculares	Convulsiones, coma
Visión borrosa	Debilidad***	Ataxia

* Aproximadamente el 50% de los pacientes las presentan. ** El 30% están al ingreso. *** El 20% de los pacientes manifiestan algún grado de debilidad generalizada. Fuente: Peña, 2010

Condiciones agravantes para la intoxicación por CO:

- La concentración de CO en aire inspirado.
- Tiempo de exposición: a mayor tiempo, mayor incorporación del gas.
- Volumen minuto respiratorio (varía con edad y actividad). Lactantes y ancianos son más susceptibles.
- La pO_2 (presión de oxígeno) en los capilares pulmonares (cuanto mayor pO_2 menor carboxihemoglobina).
- La concentración de hemoglobina en sangre cuando está disminuida (anemia) es más grave.
- Mayor índice metabólico (mayores síntomas en niños)

2.9.4 Síndrome Tardío. En ciertos casos luego de una intoxicación aguda, cuando el paciente se ha recuperado de forma completa, tras varias semanas de no presentar ningún síntoma de la intoxicación por CO, pueden surgir síntomas neurológicos similares al Parkinson, síntomas psiquiátricos, déficit de memoria acompañada de alteración de la capacidad de concentración, trastornos de la personalidad, irritabilidad, mal humor y agresividad. Su frecuencia es del 10-15% de



los casos, es más común en personas ancianas con la presencia de acidosis, hipodensidades en el cerebro (lesiones visualizadas mediante técnica de scanner cerebral) y coma. Un tratamiento precoz con oxigenoterapia hiperbárica podría prevenir su aparición.

2.10 Manifestaciones Clínicas. El establecimiento de intoxicación por CO puede verse apoyada con el análisis de las siguientes manifestaciones clínicas:

2.10.1 Piel: puede estar presentes palidez o cianosis. La coloración rojo cereza en piel y mucosas clásicamente descrita, sólo es observada en el cadáver.

2.10.2 Gastrointestinal: con frecuencia se observan náuseas, vómitos, dolor abdominal y diarrea, especialmente en niños. Incontinencia fecal sobre todo en niños

2.10.3 Pulmonar: taquipnea marcada, cuando la intoxicación es grave, se puede observar edema pulmonar no cardiogénico.

2.10.4 Cardiovascular: es común encontrar taquicardia, arritmias asociada a hipertensión e hipertermia. En la intoxicación severa se puede observar hipotensión con efecto directo en el miocardio dando lugar a síncope, es la causa más frecuente de muerte

2.10.5 Oftalmológico: alteraciones visuales como edema de papila, hemorragias retinianas. Un signo precoz sensible es la visualización de las venas retinianas de color rojo brillante.

2.10.6 Neuropsiquiátrico: es frecuente la alteración de la memoria. Otras observaciones incluyen variabilidad emocional, disminución de la habilidad cognoscitiva, cuadros de psicosis, convulsiones, cefalea, verborragia, letargo, estupor, coma, ataxia, rigidez, reflejos alterados, apraxia, agnosia, desórdenes de la audición, trastorno vestibular y amaurosis. En algunos casos específicos se puede observar Síndrome Neurológico Tardío que se manifiesta entre los 2 y 28 días luego de una intoxicación aguda o en personas ancianas, con una serie de manifestaciones neurológicas y psiquiátricas como cefalea, trastornos de la visión,



incontinencia de esfínteres, alteraciones de la personalidad, de la conducta, de la memoria y de la marcha, etc. También pueden presentar secuelas como parkinsonismos y alteraciones en la vía auditiva y/o vestibular.

2.11 Tratamiento

Cuando el grado de la intoxicación no es mayor, los síntomas se revierten de manera natural a medida que transcurre el tiempo siempre que el sujeto sea retirado de la fuente de CO, mediante el empleo de una mascarilla específica para gases y se debe romper las ventanas para facilitar la aireación del lugar y evitar de esta manera accidentes en cadena, es necesario establecer la fuente para prevenir posteriores exposiciones.

El tratamiento se inicia en cualquier caso con la administración de oxígeno, si la cifra de COHb excede el 20% se debe recurrir a la oxigenoterapia a presión (O₂ hiperbárico), que consiste en introducir al intoxicado en cámaras de hiperpresión con O₂ a 3 atm con máscara no recirculante a un flujo de 10 a 12 L/min hasta que el nivel de COHb sea inferior a 5% y el paciente esté asintomático.

El O₂ es el antídoto pues acorta la vida media del CO de manera significativa, y se debe continuar administrándolo hasta total recuperación, se verifica que no exista daño de las vías respiratorias que en estas circunstancias es común (Vomero, Pandolfo, & Vásquez, 2009) y el control de signos vitales, pues daños acompañados de hipoxia severa puede producir problemas de memoria y de aprendizaje, sordera o demencia.

A 3 atmósferas el oxígeno disuelto en sangre alcanza los 6 volúmenes por ciento, lo que es suficiente para suplir los requerimientos basales de oxígeno del cuerpo con gasto cardíaco normal en ausencia de hemoglobina funcional (Ortiz & Mamani, 2013).

En casos de intoxicaciones severas se debe controlar la temperatura corporal y la presión arterial. Para reducir el edema cerebral se administra manitol al 20% 1 g/kg/IV por 20 min, o suero glucosado hipertónico y punción lumbar o prednisolona 1



mg/Kg/IV o IM c/4 horas. Se recomienda reposo en cama varias semanas para minimizar las complicaciones del SNC.

También es recomendado el uso de sustitutivos de la hemoglobina en su función transportadora de oxígeno a través de su capacidad de óxido reducción, se pueden emplear la tiotina por vía intravenosa (IV) y el citocromo C por vía intramuscular (IM).

La vida media de la COHb es de 320 minutos, en voluntarios jóvenes y sanos respirando aire ambiente. La administración de 1% de O₂ a 1 atmósfera reduce la vida media a 80.3 minutos, mientras que con O₂ al 100% a 3 atmósferas se reducirá la vida media a 23.3 minutos. Se realiza esta técnica porque el O₂ es el único antídoto que acorta la vida media del CO de manera rápida. (García, 2011) (Vargas, 2009).

2.12 Diagnóstico

El mayor indicador para un posible caso de envenenamiento por CO es su historia de potencial exposición al gas. Por la clínica inespecífica el diagnóstico depende de la sospecha, orientan la sospecha: una clínica aguda, una posible fuente de contaminación, la mejoría sintomatológica al apartar del lugar y la mejoría clínica con administración de oxígeno (Bucheli, y otros, 2014).

Se estima que hay un alto porcentaje de infradiagnóstico pues bajas concentraciones pueden pasar desapercibidas, pero al ser repetidas van aumentando los niveles de COHb hasta producir intoxicación crónica (Buchelli et al, 2014).

En la historia clínica se debe buscar un foco contaminante (mala combustión), hábitos de riesgo (tabaco) o presencia de mismos síntomas en cohabitantes (Argimon & Jiménez, 2004)

Se deben realizar controles electrocardiográficos, radiografía de tórax (para descartar lesiones pulmonares en caso de aspiración de humo o broncoaspiración



en paciente con alteraciones de la consciencia), exámenes analíticos y otras técnicas de imagen (Argimon & Jiménez, 2004).

2.12.1 Pruebas de Laboratorio

2.12.1.1 Exámenes de Laboratorio: la determinación cuantitativa de COHb en sangre puede establecer niveles elevados que indicarían intoxicación. Sin embargo, un valor de COHb normal o bajo no la descartan (pacientes que han recibido oxigenoterapia previa o que consultan tardíamente y en particular si son niños). El seguimiento es recomendado para evaluar la eficiencia de un tratamiento.

Los síntomas iniciales, como la cefalea, comienzan a menudo con niveles de COHb de 10%, mientras que el cerebro y corazón pueden verse gravemente afectados con niveles superiores al 20% de COHb. En niños menores de 3 meses la presencia de hemoglobina fetal que alcance hasta un 30% se puede interpretar como una elevación de la COHb de hasta el 7%, que no refleja intoxicación definitiva por CO.

2.12.2 Pruebas toxicológicas

Comprenden pruebas como:

- Gasométricas, miden el volumen total o la presión que ejercen gases cuando son absorbidos e ingresan al organismo.
- Técnica de FELDSTEIN-KLENDSHOJ (método químico por microdifusión): Consiste en la liberación de CO que se encuentra en la sangre como COHb de la cámara externa de una unidad de Conway, mediante ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 10%, se coloca en la cámara central cloruro de paladio ($PdCl_2$) (Caviedes et al., 2014).
- Ensayo de dilución (Haldane). La técnica se fundamenta en la apreciación de la coloración de soluciones sanguíneas (Romero & Espinoza, 2011).

2.13 Criterios para la vigilancia de trabajadores expuestos a CO

La vigilancia de la población expuesta debe realizarse:



Anualmente

- Concentración de Carboxihemoglobina: Índice Biológico de Exposición se establece en 3%.
- Examen Clínico con orientación:
 - a. Cardiológica: en los expuestos, manifestaciones de isquemia (angor)
 - b. Neumológica: cefalea, astenia, vértigo
 - c. Alteración en pruebas de: vigilancia, atención, coordinación oculomotriz, discriminación de intensidades luminosas y sonoras, todo esto aumenta el riesgo de accidente laboral.
 - d. Oftalmológica: neuritis óptica
 - e. Psicológica: cambio de conducta, dificultad en el aprendizaje, irritabilidad, excitación, alucinaciones.

Recordar. Dados los antecedentes de compromiso cardiovascular es conveniente la realización de ECG y estudios de riesgo cardiovascular, otros estudios recomendados son la realización de Fondo de ojo y glucemia.

2.13.1 Conducta a adoptar de acuerdo a los resultados de los exámenes periódicos:

1. *Con una concentración de COHb mayor al 3,5%, sin manifestaciones de enfermedad y sin alteraciones en el fondo de ojo, Electrocardiograma, glucemia o en el estudio de riesgo cardíaco.*

- a. Evaluación del medio ambiente laboral y corrección de falencias que condicionan la exposición al contaminante.
- b. Educación del trabajador en normas de higiene y protección personal.
- c. Repetir dosaje a los quince días; de mantener valor elevado volver a medir en quince días.
- d. De persistir la modificación evaluar nueva conducta a adoptar.
- e. Luego de la normalización, control anual.



2. *Cuando ocurre un cuadro de intoxicación aguda manifestado por una concentración de COHb mayor a 30%, compromiso del sensorio (pérdida de la conciencia) y/o convulsiones y compromiso miocárdico.*

- a. El área Médica de la ART procederá de acuerdo a la normativa vigente en materia de enfermedades profesionales.
- b. Evaluación del medio ambiente laboral y corrección de falencias que condicionan la exposición al contaminante. Se sugiere evaluar y eventualmente replantear el conocimiento y práctica de normas de higiene y seguridad en los trabajadores expuestos.
- c. Internación y tratamiento con controles clínicos y de laboratorio hasta corrección de la alteración presente. Luego decidir la oportunidad del regreso a la exposición.
- d. A partir del regreso a la exposición realizar control smestral durante un año.
- e. Luego control anual.

3. *Si después de 15 a 20 días de una intoxicación aguda se instala un cuadro neurológico y/o psiquiátrico:*

- a. El área Médica de la ART procederá de acuerdo a la normativa vigente en materia de enfermedades profesionales.
- b. Evaluación del medio ambiente laboral y corrección de falencias que condicionan la exposición al contaminante. Se sugiere evaluar y eventualmente replantear el conocimiento y práctica de normas de higiene y seguridad en los trabajadores expuestos.
- c. Internación y tratamiento con controles clínicos y de laboratorio hasta corrección de la alteración presente. Luego decidir la oportunidad del regreso a la exposición.
- d. A partir del regreso a la exposición realizar control semestral durante un año.
- e. Luego control anual.

4. *Con una concentración de COHb mayor al 3,5% o normal, acompañado por manifestaciones de un síndrome neuroconductual caracterizado por:*



- Cefaleas
 - Insomnio
 - Anorexia
 - Astenia
 - Vértigo
 - Náuseas
 - Dismunición de la atención y concentración.
- a. El área Médica de la ART procederá de acuerdo a la normativa vigente en materia de enfermedades profesionales.
 - b. Tratamiento de acuerdo a criterio médico.
 - c. Evaluación del medio ambiente laboral y corrección de las falencias que condicionan la exposición al contaminante. Se sugiere evaluar y eventualmente replantear, el conocimiento y práctica de normas de higiene y seguridad en los trabajadores expuestos.
 - d. Realizar controles clínicos y de laboratorio hasta corrección de la alteración presente. Luego decidir la oportunidad del regreso a la exposición.
 - e. A partir del regreso a la exposición realizar control semestral durante un año.
 - f. Luego, control anual.

5. Concentración de COHb mayor al 5% o normal, acompañado de alteraciones en algunos de los siguientes parámetros:

- Fondo de ojo
 - E.C.G.
 - Glucemia
 - Estudio de riesgo cardíaco.
- a. El área Médica de la ART procederá de acuerdo a la normativa vigente en materia de enfermedades profesionales.
 - b. Tratamiento de acuerdo a criterio médico.
 - c. Evaluación del medio ambiente laboral y corrección de las falencias que condicionan la exposición al contaminante. Se sugiere evaluar y



eventualmente replantear, el conocimiento y práctica de normas de higiene y seguridad en los trabajadores expuestos.

- d. Realizar controles clínicos y de laboratorio hasta corrección de la alteración presente. Luego decidir la oportunidad del regreso a la exposición.
- e. A partir del regreso a la exposición realizar control semestral durante un año.
- f. Luego, control anual.

6. *Concentración de COHb mayor al 3,5% o normal, acompañado de algunos de las siguientes patologías:*

- Síndrome de Parkinson
 - Cardiopatía
 - Aterosclerosis
 - Estudio de riesgo cardíaco
- a. El área Médica de la ART procederá de acuerdo a la normativa vigente en materia de enfermedades profesionales.
 - b. Tratamiento de acuerdo a criterio médico.
 - c. Evaluación del medio ambiente laboral y corrección de las falencias que condicionan la exposición al contaminante. Se sugiere evaluar y eventualmente replantear, el conocimiento y práctica de normas de higiene y seguridad en los trabajadores expuestos.
 - d. La reinserción laboral con **Recalificación** dependerá de la evolución de la patología motivo del alejamiento, previa evaluación de la presencia de agentes de riesgo en el nuevo puesto de trabajo, que pudieran influir sobre alteraciones que fueron ocasionadas por el CO. Se sugiere control trimestral durante un año.

2.14 Prevención

Por las propiedades físico químicas del monóxido de carbono, conocido como “el asesino silencioso”, al ser un gas incoloro, inodoro que no causa irritaciones a las mucosas, la mejor medida es la prevención tomando las debidas precauciones en los espacios laborales o donde se ubiquen posibles fuentes de intoxicación por este



gas. La concentración de CO en el aire ambiente no debe exceder el límite máximo permisible.

Se deberá realizar constantes controles del normal funcionamiento de los equipos, chimeneas, tubos de escapes de los automotores, mediante el control continuo de sus sistemas e instalaciones; también es importante mantener los espacios de trabajo que impliquen fuentes de este gas bien ventilados si es necesario con campanas extractoras que permitan la renovación y recirculación del aire y con un monitoreo constante de sus concentraciones en el aire ambiente mediante el empleo de equipos adecuados que alerten su incremento, así como el uso de equipos de protección adecuados con mascarillas con filtros para materiales orgánicos u otros según la necesidad de equipamiento del trabajador de acuerdo a la actividad que realice (ropas de material de Dupont) (EPA, 2009).

También se debe evitar el encendido de motores a combustión en ambientes cerrados. Las áreas laborales donde haya fuente de producción de CO, deben ser supervisadas por ingenieros sanitarios quienes implementarán mecanismos estructurales o funcionales para disminuir la producción y la acumulación de CO. El deporte es un factor de ayuda para la eliminación de CO ingerido (Ministerio de Salud, 2014).



CAPITULO III: HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

3.1 Hipótesis

Los funcionarios de las Islas de carga de hidrocarburos de la Terminal de Petroecuador de la ciudad de Cuenca están expuestos a riesgo toxicológico por la presencia de monóxido de carbono, sobre los máximos tolerables, en el aire ambiente laboral.

3.2 Objetivos

3.2.1 Objetivo General

- Evaluar el riesgo toxicológico del monóxido de carbono durante la jornada laboral en los trabajadores que realizan la recarga de hidrocarburos en las Islas de la Terminal de Petroecuador de la ciudad de Cuenca.

3.2.2 Objetivos Específicos

- Determinar la concentración de monóxido de carbono en el aire ambiente del área de las Islas de la Terminal de Petroecuador de la ciudad de Cuenca durante la jornada laboral.
- Determinar los niveles de carboxihemoglobina en sangre al inicio y al final de jornada laboral de los trabajadores del área de recarga de hidrocarburos de las Islas de Dispensación de Combustibles de Petroecuador.
- Evaluar las manifestaciones de intoxicación por monóxido de carbono en los trabajadores del área de recarga de hidrocarburos de las PC, en función de sus características personales, de exposición y de seguridad.



CAPITULO IV

MATERIAL Y MÉTODOS

4.1 Descripción de la Metodología

En la investigación se aplicó un diseño cuasi experimental con modalidad antes y después, en relación al nivel de exposición al monóxido de carbono al inicio y al final de la jornada laboral en los funcionarios de las Islas de Recarga de hidrocarburos de la Terminal de Cuenca de Petroecuador. Los resultados obtenidos de esta población se compararon con el resultado obtenido en una única medición de la COHb realizada a un grupo no expuesto a emisiones de monóxido de carbono.

4.2 Variables

Variable	Tipo de Relación
Exposición al monóxido de carbono	Nominal independiente
Carboxihemoglobina	Continua dependiente
Características personales y de trabajo sexo, edad, tiempo de exposición, actividad física y hábito de fumar	Discreta interviniente

4.3 Población de estudio. Conformado por 18 personas: 8 funcionarios que representan el 100% de las personas que laboran en el área de las Islas de Carga de combustible de la Terminal Cuenca de Petroecuador, que representan el grupo expuesto al monóxido de carbono y el grupo no expuesto constituido por 10 personas de edad comparable, residentes en Quingeo, una parroquia rural del cantón Cuenca, zona con poca circulación vehicular. La estrategia de inclusión de participantes obedeció a criterios de conveniencia: 1) comparación de los niveles de COHb en todas las personas expuestas a CO antes y después de la jornada de trabajo y 2) comparación de los niveles de COHb de todas las personas expuestas a CO con personas no expuestas.

4.3.1 Número de mediciones. Se realizaron en la población de estudio 58 mediciones del CO a saber: 8 mediciones al inicio y 8 mediciones al final de jornada



una vez cada mes y por 3 meses consecutivos, y una medición a cada uno de los 10 participantes no expuestos al monóxido. Así mismo, las cifras del CO ambiental se obtuvieron de las mediciones en la zona de carga de la terminal durante las ocho horas laborales.

4.4 Criterios de inclusión y exclusión

4.4.1 Criterios de inclusión de casos

Se incluyó a todos los funcionarios de la zona de carga de las Islas de la Terminal Cuenca de Petroecuador, con permanencia mayor a ocho horas en su lugar de trabajo, que manifestaron su decisión de participar libre y voluntariamente previa la socialización del objetivo de estudio y la firma del consentimiento informado.

Como personas no expuestas se seleccionaron aleatoriamente a 10 varones mayores de edad, residentes en Quingeo una parroquia rural del cantón Cuenca, no fumadoras, no expuestas a emisiones de CO originado por combustión de hidrocarburos, que manifestaron su voluntad de participar libre y voluntariamente previa la socialización del objetivo del estudio y firma del consentimiento informado.

4.4.2 Criterios de exclusión de casos

Se excluirían del grupo a los fumadores habituales y personas que expresaron su voluntad de no participar, dos personas del grupo de no expuestos.

4.5 Procedimiento, técnicas e instrumentos para la recolección de datos

4.5.1 Autorización. Se obtuvo la autorización de las autoridades de la Subgerencia de Seguridad, Salud y Ambiente de la Empresa de Petroecuador, según comunicación del Ing. Gustavo Ocampo A. Jefe Corporativo de Desarrollo y Capacitación de la Ciudad de Quito, en oficio 02028-VCD-CAP-2017 de fecha 20 de enero de 2017, para la realización del estudio del riesgo toxicológico por CO en el 100% de los funcionarios que laboran en las Islas de Carga de hidrocarburos, que son los espacios destinados para la dispensación de combustibles en los auto-tanqueros para la distribución masiva de la zona sur del país. Anexo 1.

4.5.2 Consentimiento informado. Luego de la socialización del proyecto se procedió a la firma del consentimiento informado por parte de todos los funcionarios que laboran en las Islas de Carga de la Terminal Cuenca de Petroecuador, quienes decidieron voluntariamente participar en la investigación. Con el mismo procedimiento bioético se procedió en el grupo no expuesto. Anexo 2.

4.5.3 Encuesta. Se aplicó una encuesta personal previamente elaborada a funcionarios del área de dispensación de hidrocarburos para obtener información de las características laborales y de salud manifestada por los mismos en base a un modelo exclusivo para recabar la información necesaria (Bucheli, Fernández, Rubinos, Martínez, Rodríguez & Pere, 2014). Anexo 3

4.5.4 Recopilación de información. Se realizó por tres ocasiones de forma sistemática en meses consecutivos junio, julio y agosto; al inicio y al final de la jornada laboral de ocho horas (07h00 a 15h00). Para la determinación de la COHb se empleó la CO-oximetría de pulso, paralelamente se determinó la concentración de CO (ppm) en el aire ambiente de las Islas de dispensación durante su jornada laboral.

4.5.5 Medición de CO. El monitoreo de la concentración de CO en el ambiente laboral se efectuó con el equipo de gases MSA Altair 5X™ (con certificado de autocalibración de fábrica) de propiedad de Petroecuador (gráfico 4). Se midió en las Islas de Carga durante la jornada laboral de ocho horas.



Gráfico 4. Detector de CO ambiental MSA Altair 5X™. Fuente: Alvarado, 2016.



4.5.5.1 Descripción del MSA Altair 5X™. Este equipo es un detector multigas extremadamente sensible que puede medir hasta cuatro gases simultáneamente de una amplia gama de opciones de sensores Xcell incluyendo: gases combustibles, O₂, CO, H₂S, SO₂ y NO₂. La lectura de las concentraciones para CO lo realiza en ppm o mg/m³ (MSA, 2010) en el aire del ambiente. Cuenta con una alarma ajustable que advierte de manera acústica y óptica el incremento de la concentración a niveles peligrosos. La concentración de gas se midió en la apertura del sensor frontal.

4.5.5.2 Rango de aplicación. Se lo emplea para la detección en los incendios (bomberos, víctimas), en el control de los sistemas de calefacción, calderas de gas, chimeneas, control de la calidad del aire (túneles, calderas de gas), detección del CO en el aire en zonas de fumadores (Rosero, 2014).

4.5.6 Obtención del dato de COHb. Se colocó a cada participante el sensor del CO-oxímetro de pulso. El sensor mide el monóxido de dos maneras: 1) como valor porcentual para la saturación arterial de CO (SpCO) y 2) como tasa de pulso (PR). En ambos casos se basa en los principios de la oximetría de pulso (espectrofotometría) (Bravo & Mora, 2016).

La medición se realizó colocando el sensor en el trabajador. El sensor se conecta directamente al instrumento de pulso CO-Oximetría a través de un cable del paciente con el equipo. El sensor recoge los datos de la señal del paciente y los envía al instrumento. El Rad-57 muestra los datos calculados como un valor porcentual para el SpCO, que refleja los niveles sanguíneos de monóxido de carbono unidos a la hemoglobina. El oxímetro de pulso Rad-57 utiliza un sensor de longitud de onda múltiple para distinguir entre sangre oxigenada, sangre desoxigenada, sangre con monóxido de carbono, sangre oxidada y plasma sanguíneo. Una vez que el Rad-57 recibe la señal del sensor calcula los niveles sanguíneos de carboxihemoglobina y frecuencia del pulso. Las mediciones se basan en una ecuación de calibración de longitud de onda múltiple para cuantificar el porcentaje correspondiente a cada estudio.

4.5.6.1 Descripción de CO-oxímetro de pulso Rainbow. El equipo empleado el Rad-7 es un monitor no invasivo que mide la saturación de oxígeno arterial y la

frecuencia cardíaca. El Rad-7 cuenta con una pantalla monocromática con LED que muestra continuamente valores numéricos para la saturación de oxígeno (SpO_2), la frecuencia cardíaca, el índice de perfusión (PI), Saturación de Hemoglobina total ($SpHb$), ($SpCO$) y el indicador de identificación y calidad de la señal (IQ®) (Corporation, 2009).



Gráfico 5. Rad-57 Signal Extraction Pulse CO-Oximete™. Fuente: (Bravo & Mora, 2015)

El pulsicooxímetro, dotado de la tecnología Rainbow SET® (Signal Extraction Technology), trabaja con un tipo especial de sensor (Rainbow® DCI-dc3), compuesto por diodos emisores de luz y un fotodetector. Dicho sensor, colocado en un dedo de la mano no dominante del paciente y conectado por un cable al aparato, permite conocer de manera inmediata y no invasiva las propiedades de la sangre, mediante una ecuación de calibración de múltiples longitudes de onda. Así, distingue derivados de la hemoglobina, como la oxihemoglobina, la COHb y la Metahemoglobina (MetHb) (Sánchez & Bordona, 2012).

La COHb absorbe muy poca luz en el rango del infrarrojo, mientras que en el rango de 660 nm absorbe tanta luz como la oxihemoglobina. El principio en el que se fundamenta la oximetría es la ley de Beer que manifiesta que cuando pasa una luz monocromática de intensidad inicial I_0 a través de una solución en un recipiente transparente, parte de la luz es absorbida de manera que la intensidad de la luz transmitida I es menor que I_0 . Ocurre alguna disminución en la intensidad de la luz



por dispersión de las partículas o reflexión en las interfases, pero principalmente por absorción de la solución. La técnica se basa en el análisis espectrofotométrico que miden porciones de luz transmitida y absorbida por la hemoglobina combinado con el principio de la pletismografía (Bravo & Mora, 2015).

4.5.6.2 Factores que afectan la oximetría de pulso.

- Sitio de colocación del sensor: Si se mide en la oreja se puede requerir 10 segundos, en el dedo de la mano puede ser 30 segundos y en los pies mucho más.
- Esmalte de uñas: Colores fuertes como el rojo, negro y verde, pueden causar errores en la lectura pues alteran la absorbancia lumínica e interfieren con las dos longitudes de onda.
- Factores extrínsecos: El exceso de ruido, luz ambiental, ruidos cinéticos, electrocauterio, estados de hipoperfusión y colocación inadecuada del sensor pueden ocasionar errores en la lectura de la % de COHb (Rojas, 2006).

4.5.6.3 Fiabilidad del equipo. El equipo es autocalibrable después de cada lectura según certificado de los fabricantes que validaron el instrumento con los CO-oxímetros de pulso Masimo Rainbow™ SET. El rango de medición es de 0% a 100% SpCO, la precisión en la medición de saturación de carboxihemoglobina es de 1% al 40% \pm 3%. La validación de Masimo Rainbow™ SET (CO-oximetría de pulso) ha demostrado que mide con precisión los niveles de COHb (MASIMO Corporation™, 2006).

4.6 Cálculo del Riesgo Toxicológico. Para el cálculo del riesgo del monóxido de carbono en el ambiente laboral de las ITCPE, se emplearon los datos de la base EPA/IRIS, así como para el cálculo de la Dosis Diaria Promedio Vitalicia (DDPV), la Dosis Crónica de Referencia por inhalación (DdRci), la dosis suministrada y la dosis suministrada de referencia para establecer el Factor de Exposición y el Coeficiente de Peligro para sustancias no cancerígenas.



4.7 Aspectos éticos de la investigación.

El proceso cumplió con lo que establecen los convenios internacionales cuando se trata de investigación con sujetos humanos. Se socializó el proyecto, se obtuvo la aceptación de cada uno de los participantes, se realizó la firma del consentimiento informado y se garantizó la confidencialidad de la información identificando a cada uno por medio de un número de registro utilizado para el análisis de la matriz de datos. Los resultados serán divulgados únicamente con fines académicos.

4.8 Análisis de la información

Los datos obtenidos se ingresaron en una matriz de datos de un programa de estadística el IBM-SPSS™ versión 22.0 en español para Windows™, donde se utilizó análisis descriptivo e inferencial dado el diseño del estudio.

Para estimar la variación entre los valores de COHb tomados en los tres días a los participantes del estudio se utilizó la prueba de Kruskal Wallis asumiendo la distribución no paramétrica de los datos dado el tamaño de la muestra. Para estimar la variación entre %COHb tomados en los tres días a los funcionarios de las Islas se aplicó ANOVA al inicio y final de la jornada. Se analizó la variación de COHb% registrada antes de la jornada con la COHb% registrada al fin de jornada mediante la comparación de rangos con la prueba U de Mann Whitney. La estimación del riesgo se valoró: 1) determinando el rango de COHb encontrado en la población de estudio al final de la jornada con respecto del inicio de jornada, 2) comparando los rangos de COHb% de fin de jornada, como valores representativos de los funcionarios, con los valores de COHb del grupo no expuesto y 3) estableciendo una correlación entre la concentración de CO (ppm) en las islas de recarga y el valor de la COHb% de fin de jornada de los funcionarios expuestos.

Se contrastó los promedios de %COHb obtenidos antes y después de la jornada, mediante la prueba U de Mann Whitney.

Adicionalmente, se compararon los valores de COHb% obtenidos, antes y después de la jornada, en el grupo expuesto a los gases de la combustión (zona de las Islas)



con los valores obtenidos en la población no expuesta (parroquia Quingeo) mediante la prueba U de Mann Whitney asumiendo la distribución no paramétrica de los datos. Para todas las pruebas se consideraron significativos los valores de $P < 0.05$. Los resultados se presentan en tablas simples de distribución de frecuencias para las variables nominales y en tablas de doble entrada para las pruebas estadísticas. Algunos datos, según su relevancia y el tipo de variable, se presentan con gráficos recomendados por la metodología.



CAPITULO V: RESULTADOS

5.1 Características de la población de estudio

Se recopiló la información de 8 funcionarios que laboran en las Islas de Recarga de Hidrocarburos en la Terminal de Petroecuador de la Ciudad de Cuenca.

Tabla 6. Edad de los funcionarios de las islas de Recarga.

INTERVALO DE EDAD (años)	Porcentaje (%)
25 – 34 años	25.0%
35 – 44 años	62.5%
45 – 54 años	12.5%
Total	100%

Fuente: la investigación. Elaboración: M. Mosquera

El intervalo de edad de 25 a 34 años se encontró en el 25% de la población de estudio. El 62.5%, que fue el subgrupo de edad más frecuente, estuvo comprendido en el intervalo de edades de 35 a 44 años y el 12.5% entre 45 y 54 años.

Tabla 7. Características demográficas de los funcionarios de las islas de Recarga.

Características demográficas	Sexo		Procedencia		Hábito fumar		Años de servicio	
	F	M	U	R	Sí	No	< 1 año	≥ 1 año
Funcionarios de las islas de Recarga	-	100	87.5	12.5	-	100	62.5	37.5

Fuente: la investigación. Elaboración: M. Mosquera

Todos los participantes en el estudio fueron varones (100%). Por procedencia el 87.5% perteneció a zona urbana y el 12.5% a zona rural. Ninguno tuvo el hábito de fumar. Según años de servicio el 62.5% se encontraba laborando menos de 1 año y el 37.5% un año o más.

Tabla 8. Uso de los equipos de protección de los funcionarios de las islas de Recarga.

USO DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN	Porcentaje (%)
Mascarilla para gases	100%
Cascos	100%
Guantes	100%
Ropa adecuada	100%
Total	100%

Fuente: la investigación. Elaboración: M. Mosquera

Cabe resaltar que el 100% de los funcionarios de las Islas de recarga utilizan el equipo de protección adecuado completo durante la jornada laboral.

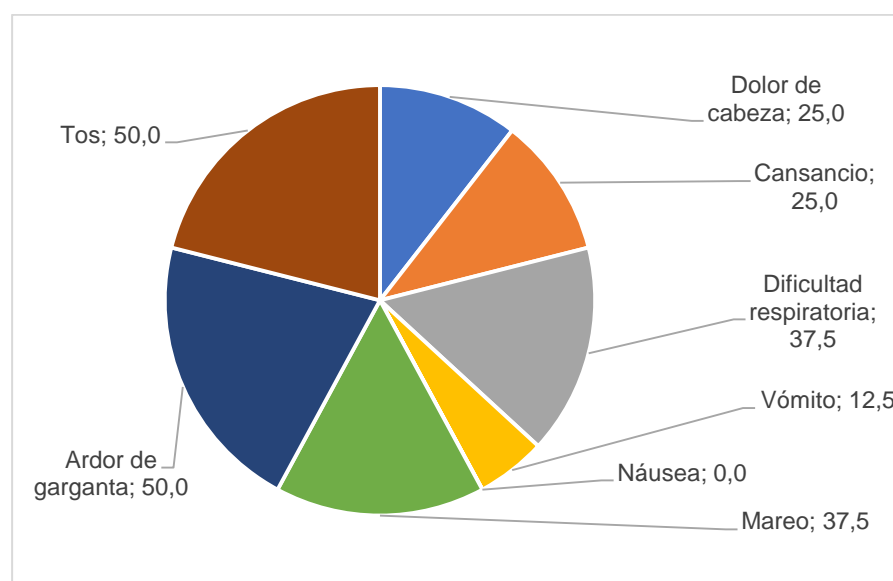


Gráfico 6. Distribución de los síntomas presentes en la población de estudio.



Los cálculos de la distribución de los síntomas se realizaron considerando el 100% a la población de estudio, de donde los más frecuentes fueron: tos (50%), ardor de garganta (50%), mareo (37.5%) y dificultad respiratoria (37.5%). Dolor de cabeza de cansancio fueron el 25% y vómito el 12.5%. No hubo náusea.

5.2. MONITOREOS DE CARBOXIHEMOGLOBINA INICIO Y FINAL DE JORNADA

Las mediciones de %COHb fueron realizadas a la población de estudio: funcionarios que laboran en las Islas de recarga de la Terminal de Petroecuador de Cuenca, al inicio de jornada y al final de la misma, por tres ocasiones, a intervalos de un mes, y esos valores fueron comparados con los valores obtenidos en los controles, representados por personas de características demográficas similares residentes en la parroquia Quingeo, por tanto, no expuestas a emisiones de monóxido.

Tabla 9. COMPARACIÓN DE COHb DEL GRUPO CONTROL CON LOS MONITOREOS AL INICIO Y FINAL DE LA JORNADA EN LAS ISLAS DE RECARGA DE PETROECUADOR

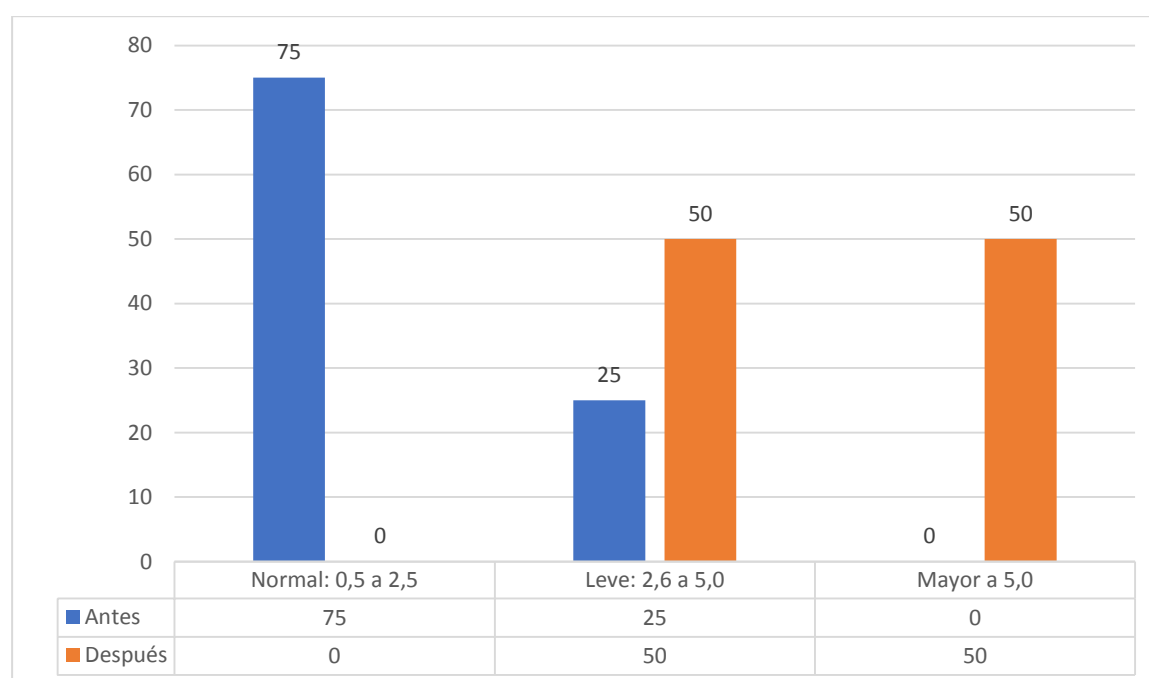
COMPARACIÓN INICIALES.				COMPARACIÓN FINALES.			
Monitoreos % COHb				Monitoreos % COHb			
CONTROL	1	2	3	CONTROL	1	2	3
1.00	1.00	3.00	4.00	1.00	4.00	6.00	4.00
2.00	3.00	2.00	4.00	2.00	8.00	14.00	9.00
3.00	2.00	2.00	2.00	3.00	4.00	5.00	5.00
3.00	2.00	3.00	7.00	3.00	6.00	8.00	8.00
2.00	1.00	5.00	3.00	2.00	4.00	7.00	4.00
2.00	2.00	4.00	4.00	2.00	6.00	4.00	6.00
1.00	1.00	3.00	5.00	1.00	4.00	5.00	5.00
2.00	4.00	4.00	2.00	2.00	8.00	9.00	4.00
P = 0.623				P = 0.000			

Se realizó la prueba inferencial para determinar si existen diferencias significativas entre los valores de COHb obtenidos al inicio de jornada y al final de la misma comparándolos con el grupo control. En el inicio de jornada las diferencias no fueron significativas ($P = 0.623$) pero al fin de jornada sí lo fueron ($P = 0.000$).

5.3 COMPARACIÓN DE LOS MONITOREOS AL INICIO Y FINAL DE JORNADA

Se realizó una categorización de los valores de % COHb por exposición a CO:

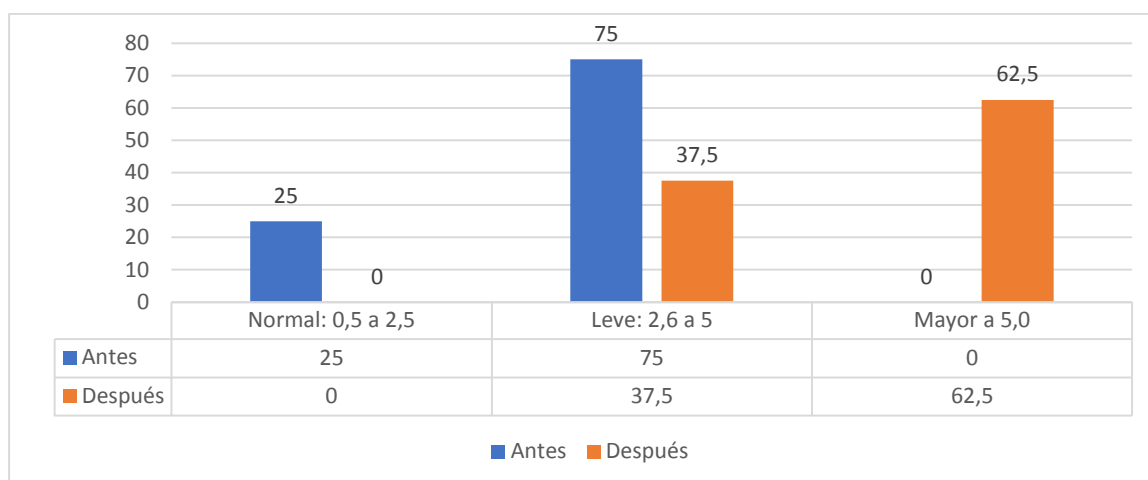
- NORMAL de 0.5% a 2.5%
- LEVE de 2.6% a 5.0%
- MAYOR a 5.0% y se comparó los valores obtenidos antes y después de la jornada en cada monitoreo.



$P = 0.000$

Gráfico 7. Monitoreo 1 de %COHb antes y después de la jornada laboral.

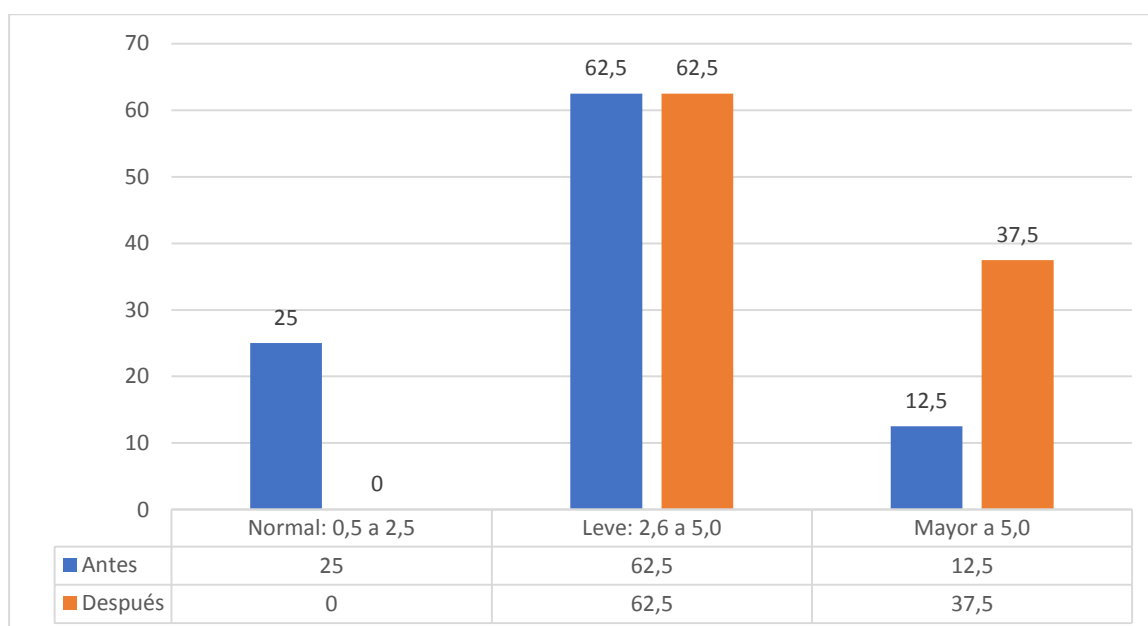
En el monitoreo 1 existió diferencia estadísticamente significativa entre %COHb de inicio de jornada y %COHb de fin de jornada ($P = 0.000$).



P = 0.006

Gráfico 8. Monitoreo 2 de %COHb antes y después de la jornada laboral.

En el monitoreo 2 las diferencias entre los valores de %COHb obtenidos al inicio de jornada y los obtenidos al final de la misma, fueron significativas (P = 0.006).



P = 0.033

Gráfico 9. Monitoreo 3 de %COHb antes y después de la jornada laboral.

En el monitoreo 3 existió diferencia estadísticamente significativa entre %COHb de inicio de jornada con %COHb de fin de jornada (P = 0.033).



Tabla 10. VALORES DE %COHb AL INICIO Y FINAL DE JORNADA (MÁXIMO, MÍNIMO Y PROMEDIO) EN LAS ISLAS DE RECARGA DE PETROECUADOR

	MONITOREO 1		MONITOREO 2		MONITOREO 3	
	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUÉS	ANTES	DESPUÉS
Mínimo	1.0%	4.0%	2.0%	4.0%	2.0%	4.0%
Máximo	4.0%	8.0%	5.0%	14.0%	7.0%	9.0%
Promedio	2.0%	5.5%	3.25%	7.25%	3.87%	5.62%

t de Student ($P < 0.05$)

Realizando el análisis de la prueba t de Student se encontró diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los valores de %COHb encontrados al inicio y al final de la jornada de cada monitoreo. De cada medición se expresa el valor mínimo, máximo y el promedio al inicio y al final de la jornada laboral.

Tabla 11. COMPARACIÓN DE %COHb AL INICIO Y FINAL DE JORNADA EN LAS ISLAS DE RECARGA DE PETROECUADOR (ANOVA)

	MONITOREOS INICIALES			MONITOREOS FINALES		
	1 (%)	2 (%)	3 (%)	1 (%)	2 (%)	3 (%)
NORMAL 0,5 A 2,5	75.0	25.0	25.0	-	-	-
LEVE 2.6 a 5.0	25.0	75.0	62.5	50.0	37.5	62.5
LIGERA MAYOR a 5,0	-	-	12.5	50.0	62.5	37.5
TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	P = 0.024			P = 0.283		



En la comparación de los tres monitoreos de inicio de jornada se encontró diferencias estadísticamente significativas ($P = 0.024$). No así en las comparaciones de final de jornada ($P = 0.283$).

5.4 RELACIÓN ENTRE MONÓXIDO DE CARBONO, AIRE AMBIENTE Y %COHb

Tabla 12. MONOXIDO DE CARBONO AIRE AMBIENTE MÁXIMO DE LOS TRES MONITOREOS EN LAS ISLAS DE RECARGA DE PETROECUADOR

Hora (hh:mm)	Monitoreo 1 CO mg/m ³ fecha 06/17	Monitoreo 2 CO mg/m ³ fecha 07/17	Monitoreo 3 CO mg/m ³ fecha 08/17
07:01 - 08:00	0.00000000	0.00000000	0.00000000
08:01 - 09:00	0.71527778	0.00000000	0.8710125
09:01 - 10:00	0.81944444	0.0112000	2.0291262
10:01 - 11:00	5.79305556	15.75833333	18.4271845
11:01 - 12:00	7.86944444	30.7666667	24.1525659
12:01 - 13:00	7.80000000	49.3861111	17.1165049
13:01 - 14:00	2.06944444	28.5652778	16.6962552
14:01 - 15:00	0.12638889	13.4861111	13.4236111
Límite Máximo Permissible de CO (ug/m ³) para una hora 30.000 ug/m ³			

Hubo variación entre los valores de CO obtenidos en la monitorización horaria durante la jornada de 8 horas. En las monitorizaciones 1 (06/17) y 3 (08/17) los valores no sobrepasaron el límite máximo permisible. En las horas quinta y sexta del segundo monitoreo (07/17), los valores sobrepasaron la normalidad.

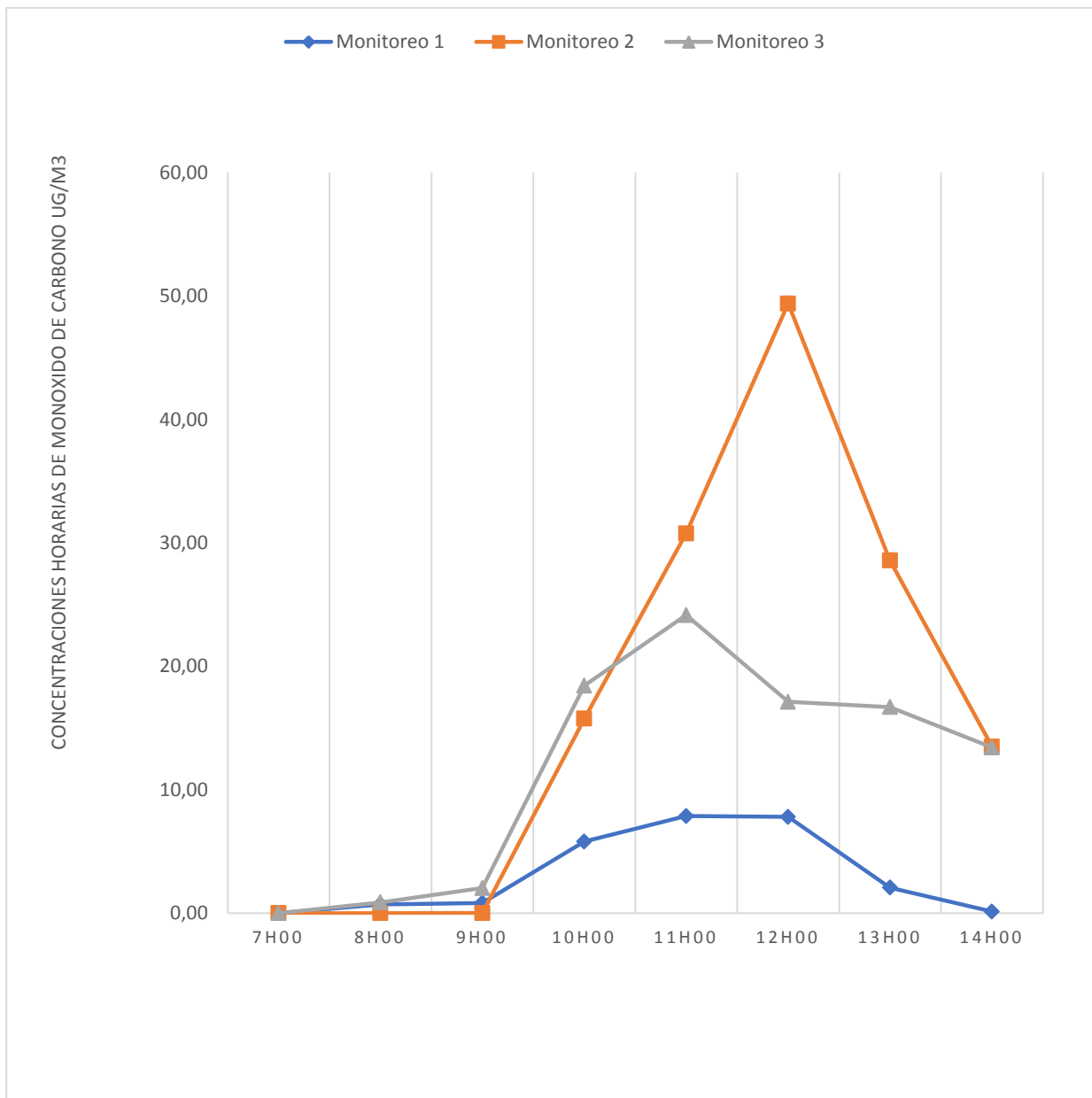


Gráfico 10. Concentraciones de CO en ug/m^3 en aire ambiente máximos de los tres monitores. Islas de Recarga- Petroecuador.

Las curvas de concentraciones horarias de CO muestran las elevaciones de los valores por encima de la normalidad en las horas 5ta y 6ta de la monitorización 2. Se observan variaciones durante las 8 horas en los tres monitores.

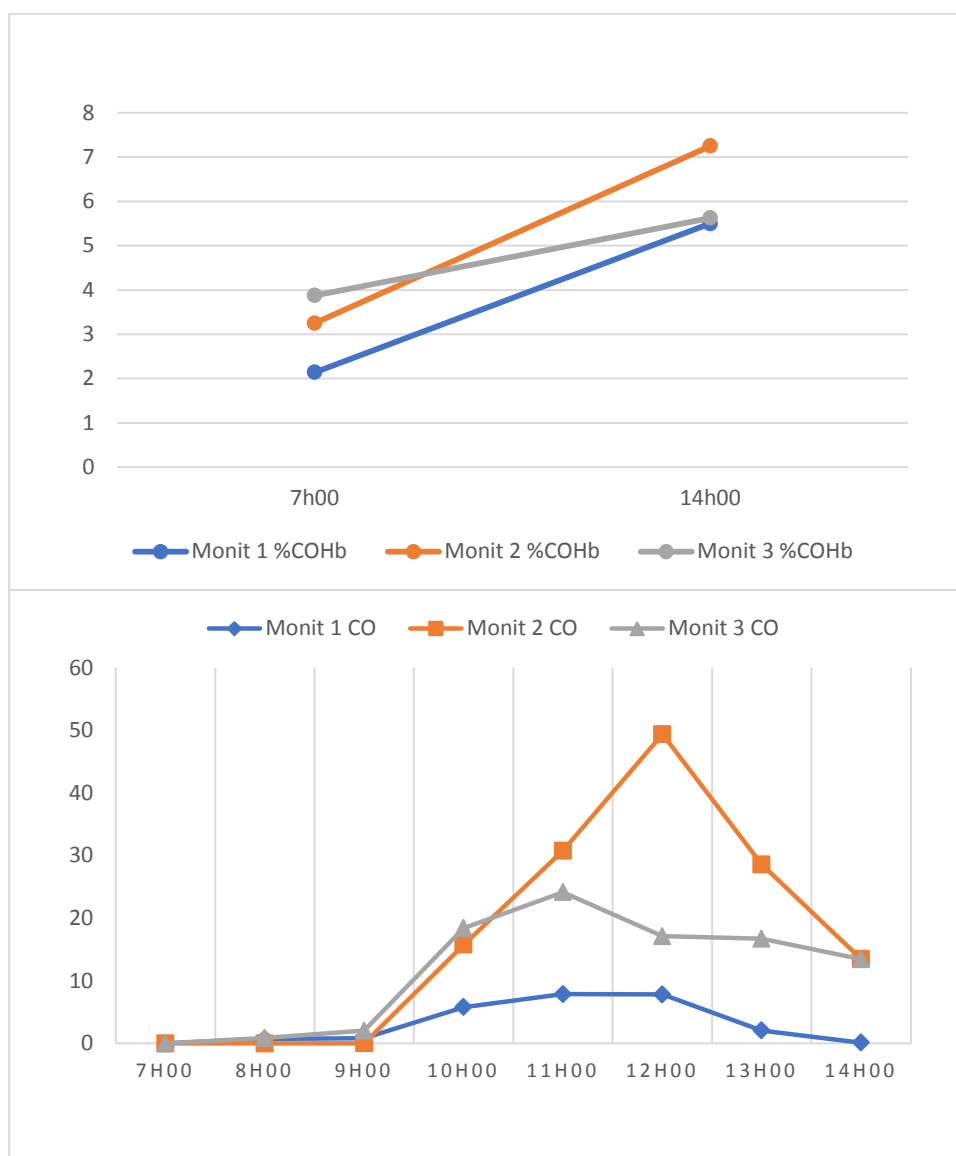


Gráfico 11. Concentraciones (%) de COHb inicio y final de jornada y promedio-hora de la concentración (ug/m^3) de CO en aire ambiente.

En el inicio de jornada la monitorización 1 tuvo valores normales de %COHb, en las monitorizaciones 2 y 3 se registró valores un poco elevados. Al final de jornada, las monitorizaciones 1, 2 y 3 registraron valores más elevados.

La mayoría de valores de concentración de CO ambiental no sobrepasaron el límite máximo permisible a excepción de las horas 5ta y 6ta de la monitorización 2.



Tabla 13. COMPARACIÓN DE VALORES PROMEDIOS %COHb FINAL EN LOS TRABAJADORES EXPUESTOS Y NO EXPUESTOS. ISLAS DE RECARGA PETROECUADOR vs QUINGEO

	MONITOREO 1		MONITOREO 2		MONITOREO 3	
	NO EXPUESTOS CO	EXPUESTOS CO	NO EXPUESTOS CO promedio	EXPUESTOS CO	NO EXPUESTOS CO	EXPUESTOS CO
% COHb	2.1	5.5	2.1	7.2	2.1	5.6
Valor P	0.001		0.002		0.001	

La comparación de %COHb de la población de estudio expuesta en las islas de Recarga mostró valores más elevados en relación con la población no expuesta, en los tres monitoreos. Las diferencias fueron estadísticamente significativas ($P < 0.05$).

Tabla 14. CORRELACIÓN %COHb PROMEDIO FINAL DE TRABAJADORES EXPUESTOS Y CO PROMEDIO DE LAS ISLAS DE CARGA DE PETROECUADOR

	PROMEDIO CO (mg/m ³)	PROMEDIO FINAL %COHb
MONITOREO 1	3. 1491	5.5
MONITOREO 2	17. 2460	7.25
MONITOREO 3	11.5895	5.62

R = 0.839

Límite máximo permisible de CO (ug/m³) para 8 horas: 10000 ug/m³

La prueba de Pearson muestra una correlación significativa entre los promedios de CO para una jornada de 8 horas de trabajo y los valores de %COHb de la población expuesta ($R = 0.839$)



5.5 DATOS PARA EL CÁLCULO DE RIESGO

Exposición de CO en aire ambiente (8 h) percentil 95: 10.66 mg/m³.

VALORES REFERENCIALES

Valor límite de CO (TULSMA): 10 mg/m³ = NOAEL

Tasa de contacto: 20 m³ aire día

Biodisponibilidad: 80% para gases en aire ambiente

Frecuencia de exposición referencial: (5 días/7 días) x (8 h/24 h).

Duración de exposición: 25 años

Masa Corporal: 70 kg

Años de Vida: 70 años

Semanas laborables/año: 48/52 = 0.9230

Días a la semana laborables: 5/7 = 0.7143

Horas laborables por día: 8/24 = 0.333

Días/año: 365

FORMULA DE DDPV

DDPV= (Concentración x Tasa de contacto x Biodisponibilidad x Frecuencia de exposición x Duración de exposición) / Masa corporal x Periodo de vida

$$DDPV = (10.66 \times 20 \times 0.8 \times 25 \times 0.9230 \times 0.7143 \times 0.333) / 70 \times 70 \times 365$$

$$DDPV = 0.0005234 \text{ mg CO/kg día.}$$

Dosis suministrada por día (Ds):

Ds = Concentración x tasa contacto/Masa Corporal

$$Ds = 10.66 \times 20/70$$

$$Ds = 3.0457 \text{ mg/kg/día}$$

$$DdRi = 10 \text{ mg/m}^3 \times 20 \text{ m}^3/\text{día}/70 \text{ kg}$$

$$DdRi = 2.8571 \text{ mg CO/Kg/día}$$



Dosis de referencia crónica por inhalación:

$$DdRci = (10 \times 20 \times 0.7 \times 25 \times 0.9615 \times 0.7143 \times 0.333) / 70 \times 70 \times 365.$$

$$DdRci = 0.0005115 \text{ mg/kg} \times \text{día}$$

CALCULO DEL FACTOR DE EXPOSICIÓN (FE)

Factor de exposición: $DdRi/Ds$

$$\text{Factor de exposición} = 2.8571 \text{ mg CO/Kg/día} / 3.0457 \text{ mg/kg/día}$$

Factor de exposición: 0.93807

El Factor de exposición (FE) es seguro, su valor está muy cercano a la unidad

CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE PELIGRO

$$\text{Coeficiente de Peligro} = DDPV / DdRci$$

$$\text{Coeficiente de Peligro} = 0.0005234 \text{ mg/kg/día} / 0.0005115 \text{ mg/kg/día}$$

$$\text{Coeficiente de Peligro} = 1.023$$

La exposición no representa peligro, el coeficiente de peligro es igual a 1. La concentración a CO en el aire ambiental laboral es ligeramente superior (10.66 mg/m^3) al valor referencial que es de 10 mg/m^3 en el aire, siendo necesario recomendar únicamente revisar las condiciones de ventilación.



CAPITULO VI

DISCUSIÓN

A pesar de que la intoxicación por monóxido de carbono generado por la combustión incompleta de los automotores sigue siendo un problema de salud, únicamente hacen noticia las consecuencias letales que siguen a un evento agudo, en tanto que los crónicos pasan desapercibidos, la mayor parte del tiempo, y se han convertido más bien en situaciones sobre las que existe información controversial y a veces una manifiesta desinformación, sobre todo si se involucran situaciones laborales que pueden converger en reclamos legales como el caso de las exposiciones a monóxido que significan riesgos para la salud.

El monóxido de carbono al ser una sustancia sin olor, color y no irritante, no puede ser detectado claramente por las vías respiratorias y puede pasar inadvertido lo que permite incluso en pequeñas cantidades un proceso de intoxicación, pues no desarrolla sintomatología específica que establezca su presencia en un ambiente dado; sin embargo; en cantidades elevadas resulta muy tóxica para el organismo pudiendo ser causa de muerte. Su peligro está dado principalmente por la hipoxemia que se acompaña de la muerte celular de diversos órganos vitales. El CO tiene una alta afinidad selectiva por la Hemoglobina que no permite la unión del oxígeno para la formación de la oxihemoglobina. La Intoxicación aguda es fulminante a una concentración en el ambiente mayor a 1200 ppm, produce convulsiones y muerte instantánea por síncope cardio-respiratorio.

Esta investigación manifiesta que trabajar en un área sometida a emisiones de monóxido de carbono durante la jornada puede representar un riesgo laboral al no estar lo suficientemente valorada. Las investigaciones internacionales y locales realizadas en condiciones parecidas al estudio realizado, han producido resultados inquietantes. Una de estas investigaciones fue realizada en 2015 en los andenes de embarque de la Terminal Terrestre de la ciudad de Cuenca, área donde un grupo de vendedores se encuentra expuesto a altas emisiones de monóxido por lo menos ocho horas al día. Los hallazgos permitieron ver que los niveles máximos tolerables



(30ppm) de monóxido son superados a partir de las cinco horas de permanencia en el lugar y persisten hasta las horas de fin de jornada (Bravo & Mora, 2015).

No obstante, uno de los informes de la Organización Mundial de la Salud actualizado a septiembre de 2016 divulga que en 2014, el 92% de la población mundial vivía en lugares donde no se respetaban las directrices de la OMS sobre la calidad del aire y según estimaciones de 2012 la contaminación atmosférica en las ciudades y zonas rurales de todo el mundo provocó alrededor de 3 millones de defunciones prematuras cada año (OMS, 2017).

En efecto, las recomendaciones de los expertos suelen expresarse como niveles que “*no-deben-excederse*”, en otras palabras, que no sobrepasen los niveles críticos que mediante estudios se sabe que afectan a los animales. Luego, estos niveles son ajustados para la protección de la salud humana y pueden diferir entre organizaciones por lo que se hace necesario renovarlas periódicamente a medida que se disponga de información actualizada. Según el boletín de junio de 2012 de la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades del Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EUA el límite ambiental para el monóxido de carbono promediado sobre 8 horas es de 9 ppm. Así mismo, para la OSHA, Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (por sus iniciales en inglés), el límite de monóxido en el aire de trabajo es de 50 ppm. La recomendación, para los dos límites, es que no debe excederse más de una vez al año (DTHHS, 2012).

La preocupación por la exposición a altas concentraciones de monóxido, aunque fuese en períodos cortos de tiempo como 30 a 60 minutos, surgió después de que las investigaciones realizadas en el personal dedicado a combatir incendios forestales proporcionaron información relevante sobre las repercusiones que ocasiona el monóxido de carbono cuya inhalación aguda conlleva una serie de síntomas entre los que están descritos mareos, náuseas, dolor de cabeza, irritación ocular y de las vías respiratorias, incremento de la frecuencia cardíaca y respiratoria, falta de concentración y disminución de las facultades cognitivas, que afectan tanto a la capacidad de los sujetos para realizar trabajo físico como a la toma de decisiones (Reisen, Brown, & Cheng, 2006) y si las altas concentraciones persisten tiene consecuencias letales (Raub, Mathieu-Nolf, Hampson, & Thom, 2000).



En países desarrollados de Norteamérica y Europa el interés por la polución se plasmó en las agencias protectoras del medio ambiente ya en la década de los setentas (Noll, Miller, & Norco, 1971); algunos países latinoamericanos se sumaron al empeño en 2011 ejerciendo medidas prácticas a través de organismos responsables del desarrollo territorial, del ambiente y la vivienda y creando protocolos para monitoreo y seguimiento de la calidad del aire. En Ecuador a pesar de que estas regulaciones constituyen parte de la última constitución (Constituyente, 2008) y constan en los enunciados del buen vivir, su implementación es gradual y ha comenzado por las ciudades más grande como Quito, Guayaquil y Cuenca.

Por lo expresado, es válida la reflexión de Carballo y cols (2010) en el sentido de que el uso de los valores promedio no resulta adecuado para cuantificar las exposiciones altamente intermitentes (Carballo, y otros, 2010). Parece más adecuado analizarlas en períodos de corta duración y comparando los resultados con los valores límite establecidos para períodos cortos (McCammon & McKenzie, 2000). En este sentido España, por ejemplo, estableció como límite de exposición al monóxido una concentración de 75 ppm para un período no mayor de 30 min (INSHT, 2010). Otros autores ya han propuesto la utilización de factores de corrección para los límites de exposición ambiental en jornadas que no cumplen el estándar (Austin, 2008).

Al respecto, la inquietud del riesgo toxicológico del CO en las Islas de recarga de Petroecuador de Cuenca se ve respaldada por la curva de valores que muestra el gráfico 10 en las que se observan las concentraciones máximas de los tres monitoreos, en la que en el segundo monitoreo existe una concentración máxima de 50ppm y en dos horas ha descendido a 14 ppm, valor por encima del promedio máximo tolerable que se mantiene hasta el final de la jornada con elevaciones intermitentes inclusive. Esta información es conocida por la empresa donde se realizó la investigación y los datos fueron proporcionados por sus directivos lo que garantiza su confiabilidad.

Aunque el considerar los valores promedio, de acuerdo a las recomendaciones sanitarias tanto ambientales como de protección individual, es una estrategia estadística válida y aceptada, pero deja de lado las concentraciones elevadas que



ocurren en horas pico o en ciertos lugares donde no existen corrientes de aire que modifiquen la concentración. El que una emisión tenga promedio bajo para 8 horas no excluye que existan momentos de emisiones muy altas e igualmente muy bajas. Visto así, el concepto de riesgo debería ser aplicado teniendo como aspecto medular los momentos y lugares de máxima emisión.

Por otro lado, los resultados de la tabla 12 hubo variación entre los valores de CO obtenidos en la monitorización horaria durante la jornada de 8 horas. En las monitorizaciones 1 y 3 los valores no sobrepasaron el límite máximo permisible. En las horas quinta ($30,7666\text{mg}/\text{m}^3$) y sexta ($49,38611\text{mg}/\text{m}^3$) de la monitorización 2, dos de los valores sobrepasaron la normalidad que considera un límite máximo permisible de $30.000\text{ug}/\text{m}^3$. En efecto, durante la primera hora las emisiones de monóxido alcanzan un promedio de 0.25 ppm, pero a la sexta hora este promedio se eleva a 49,38 ppm y posteriormente tiende a disminuir al término de la jornada cuando las emisiones de los automotores han cesado.

A pesar de que el promedio diario no sobrepasa el valor referencial para 8 horas de exposición y los obtenidos al final de jornada constituyen cifras asociadas a la mayor captación de COHb por parte de las personas que laboran en un entorno en el que más de un centenar de camiones tanqueros, realizan la distribución de los combustibles que emanan diariamente monóxido con posibles efectos perjudiciales. Más adelante, la ecuación lineal de correlación (gráfico 10) confirma que a mayor tiempo de emisión la concentración de monóxido se incrementa lo que se traduce en mayor captación de COHb por parte de los sujetos expuestos, cuyas determinaciones de carboxihemoglobina al final de jornada fueron significativamente mayores que al inicio, como puede verse en la tabla 11 se observa de la comparación de los tres monitoreos de inicio de jornada que existen diferencias estadísticamente significativas ($P = 0.024$). No así en las comparaciones de final de jornada ($P = 0.283$). Estudios realizados en el centro histórico de la ciudad de Cuenca, zona con alta concentración vehicular reportan un valor promedio de carboxihemoglobina de 4,83% (Romero & Espinoza, 2011).

Realizando el análisis de la prueba t de Student (tabla 10) se determinó diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los valores de %COHb encontrados al inicio y al final



de la jornada de cada monitoreo, el promedio de las 3 mediciones, realizadas una vez cada mes, constituye el dato de mayor interés porque mientras la mediana de carboxihemoglobina de inicio de jornada no sobrepasa el valor normal de 3.5 %, fijado por la OMS, la mediana de fin de jornada se elevó a 6.1% y el límite máximo del rango fue más elevado aun (14%), lo que representa exposición a CO.

En los estudios realizados por Rosas (2014) en los tres monitoreos la COHb de inicio de jornada se encontraron: un porcentaje dentro de los parámetros normales (0,5-2,5%) seguido de leve (2,5% a 5,0%), en cambio al final de jornada estos valores variaron a leve y ligera mayor (> 5%), lo que evidenció que se dio variación de COHb debido a la exposición de CO en el aire laboral.

Para corroborar esta condición en la tabla 9 de la Comparación de COHb del grupo control con los monitoreos al inicio y al final de jornada en las Islas, se realiza un análisis del incremento de COHb en el grupo expuesto a las emisiones diarias de CO en su trabajo y un grupo de características similares, pero no expuesto y se realizó una prueba de chi cuadrado para determinar si existen diferencias significativas entre los valores de COHb obtenidos al inicio de jornada y al final de la misma. En el inicio de jornada las diferencias no fueron significativas ($P = 0.623$) pero al fin de jornada sí lo fueron ($P = 0.000$). El valor encontrado sobrepasa ampliamente el límite de 3.5% establecido por la OMS como el máximo tolerable en términos de exposición, de manera que laborar en esas condiciones constituye un riesgo permanente para la salud.

De acuerdo a estudios desarrollados por Bravo & Mora (2015) en la zona de Embarque de la Terminal de Cuenca zona de alta concentración vehicular, la comparación entre los valores de % COHb al final de jornada fueron significativamente mayores que los de inicio de jornada ($p < 0.001$) en los tres días que se realizaron las mediciones, lo que estableció que existe exposición a CO en el ambiente.

Estudios realizados por Rosas (2014) sobre el Riesgo toxicológico por CO en los trabajadores del Consorcio de Revisión Vehicular DANTON- Cuenca, encontraron en dos de sus puestos de revisión (Mayancela y Capulispamba), un CO ambiental de 11.56 ppm y 7.37 ppm y sus informes técnicos concluyen que en atención a que



tanto el factor de exposición (0.865) como el coeficiente de peligro (1.15) oscilan alrededor de la unidad, que es el valor máximo tolerable, el riesgo para la salud humana sería mínimo. Otros estudios desarrollados en Cuenca demuestran que la calidad de aire que respiran los habitantes de esta ciudad tiene un riesgo toxicológico importante para la salud humana y el ambiente (García y Cooman, 2006; Jachero y Moscoso, 2009; Astudillo, 2013, Abad, 2013).

En relación con las características de la población (tabla 6), se recopiló la información del 100% de los funcionarios que laboran en las Islas, el intervalo de edad de 25 a 34 años se encontró en el 25% de la población de estudio, el 62.5%, que fue el subgrupo de edad más frecuente, estuvo comprendido en el intervalo de edades de 35 a 44 años y el 12.5% entre 45 y 54 años, todos los participantes en el estudio fueron varones (100%), por procedencia el 87.5% perteneció a zona urbana y el 12.5% a zona rural. Ninguno tuvo el hábito de fumar. Según años de servicio el 62.5% se encontraba laborando menos de 1 año y el 37.5% un año o más (tabla 7) y el 100% utilizan el equipo de protección durante la jornada laboral (tabla 8).

Finalmente, la distribución de los síntomas presentes en la población de estudio (gráfico 5), se realizó considerando el 100% a la población de estudio, de donde los más frecuentes fueron: tos (50%), ardor de garganta (50%), mareo (37.5%) y dificultad respiratoria (37.5%). Dolor de cabeza, cansancio fueron el 25% y vómito el 12.5%. No hubo náusea, la sintomatología referida por los participantes en el estudio sí pertenece a la lista de manifestaciones relacionadas con la intoxicación crónica por monóxido, sin embargo, atendiendo a la situación de que esta información se obtuvo a través de una medición única no es posible asociarla estrictamente a la dependencia de la exposición porque de hecho pertenecen también a diversas entidades clínicas. Sin duda, un estudio con seguimiento de casos aclararía este tipo de inquietudes, las investigaciones en la ciudad de Cuenca por Guñay (2007) en la Terminal Terrestre, determina una alta concentración de CO relacionada con dolores de cabeza, alteraciones visuales y respiratorias.

Se emplearon los datos referenciales de la base EPA/IRIS para el cálculo del riesgo del monóxido de carbono en el ambiente laboral de las Islas de recarga de la



Terminal de Petroecuador de Cuenca, así como para el cálculo de la Dosis Diaria Promedio Vitalicia (DDPV), la Dosis Crónica de Referencia por inhalación (DdRci), la dosis suministrada y la dosis suministrada de referencia para establecer el Factor de Exposición y el Coeficiente de Peligro para sustancias no cancerígenas. El factor de exposición es de 0.93807, por lo que FE es seguro, su valor está muy cercano a la unidad y el Coeficiente de Peligro = 1.023 por lo que la exposición no representa peligro al estar CP cercano a la unidad.



CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

La contaminación del ambiente por la combustión incompleta de los combustibles de origen fósil originado por los automotores, es una de las causas más importantes de intoxicación ambiental.

Los niveles de COHb en sangre de los funcionarios de las Islas de Recarga de Hidrocarburos de la Terminal de Cuenca, medidos al final de la jornada laboral se encuentran fuera del porcentaje normal, establecido por las normativas Nacionales e Internacionales.

La carboxihemoglobina de inicio de jornada se incrementó significativamente hacia el final de la jornada ($P = 0.05$). Los valores al final de la jornada sobrepasan ampliamente el límite de 3.5% establecido por la OMS como máximo tolerable para exposición en el trabajo. Esta variación se mantiene en los tres monitoreos, lo que indica que existe exposición a CO en el aire laboral.

Existe una relación significativa entre la exposición diaria a monóxido de carbono y los niveles de carboxihemoglobina determinados por CO oximetría de pulso en los funcionarios de las Islas de Recarga de la Terminal de Cuenca. Por ello, a mayor tiempo de exposición por día, mayores probabilidades de tener en sangre concentraciones elevadas de COHb de acuerdo a las concentraciones en ambiente laboral de este gas.

La sintomatología más frecuente referida por el grupo expuesto fue: ardor de garganta (50%), tos (50%), dificultad respiratoria (37.5%) y mareo (37.5%).

Los valores encontrados en las Islas de Recarga de la Terminal de Petroecuador en la ciudad de Cuenca $CP=1,023$; $FE=0,93807$, indican que la exposición no representa peligro porque el coeficiente de peligro es muy cercano a 1, así como el factor de exposición. La concentración de CO en el aire ambiental laboral es ligeramente superior (10.66 mg/m^3) al valor referencial que es de 10 mg/m^3 en el aire.



La evaluación de la emisión ambiental de monóxido de carbono mediante el sistema de promedios permite asegurar que se cumplen las recomendaciones sanitarias, aunque durante la jornada laboral existan incrementos intermitentes que estarían enmascarando el riesgo para la salud humana.

7.2 Recomendaciones

En relación al tema de la salud, al observar los primeros indicios de malestar con los síntomas que se pueden asociar a la intoxicación por monóxido de carbono como dolor de cabeza, náuseas o vómitos, mareos acompañados de cansancio, alteraciones visuales, etc., recurrir en forma urgente al departamento médico de la Empresa.

Informar a los funcionarios de Petroecuador de la Terminal de Cuenca, sobre la sintomatología asociada a una intoxicación crónica por monóxido de carbono, para que ante unas manifestaciones relacionadas con la exposición a este gas puedan acudir al personal médico de una manera oportuna.

Es importante realizar un control de las instalaciones, así también corroborar el buen funcionamiento de los equipos de protección, dispensadores de los combustibles, y otros, siempre con personal calificado que pueda prevenir desperfectos y asegurar una adecuada ventilación.

Realizar monitoreos periódicos en los funcionarios de las Islas de recarga cada seis meses y cada año en el resto del personal de la Empresa, así como también solicitar exámenes periódicos a los conductores de los tanqueros, quienes constituyen un grupo de alto riesgo de intoxicación por exposición a monóxido de carbono.

Establecer prioritariamente las concentraciones de Carboxihemoglobina en las horas pico de concentraciones de CO, en base a los archivos de las mediciones de Petroecuador en las Islas de recarga en los empleados de mayor exposición, para lo cual recomiendo considerar la realización de una nueva investigación.



Se recomienda realizar estudios de exposición a CO y de %COHb en trabajadores en otros ambientes en los que se observe una exposición a gases por combustión incompleta de hidrocarburos.

Debería pensarse en una revisión de los sistemas de medición de la polución por monóxido de carbono con miras a diseñar una estrategia que considere las horas de mayor emisión y se fije nuevos límites según el tiempo de exposición. A criterio de los expertos la cuantificación por promedios estaría subestimando el riesgo sobre la salud humana.



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aceituno, D., Urrutia, D., & Sujima, E. (2009). *Revista memoriza.com*. Recuperado el 11 de 2006, de Manifestaciones neurológicas de la intoxicación aguda por monóxido de carbono: revisión de la literatura a propósito de un caso. Universidad Católica de Chile. *Revista Memoriza.com* 2009; 5: 8-17 ISSN 0718-7203:
http://www.memoriza.com/documentos/revista/2009/CO2005_5_8-17.pdf
- ACGIH. (2005). *American Conference of Governmental Industrial Hygienists. TLVs and BEIs Threshold Limit Values for Chemical Substances and Biological Exposure Indices. Cincinnati.*
- Alvarado. (2016). *Control de Accidentes y Enfermedades Profesionales en Actividades de Mantenimiento de Tanques de Almacenamiento de Hidrocarburos. Tesis de maestría de MAGISTER EN SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL. pag. 11,13,14.* Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/25762/1/Tesis.pdf>
- Alvarado, J. (7 de 2009). *Repositorio UTPL*. Obtenido de EFECTOS DEL MONÓXIDO DE CARBONO EN LA SALUD DE LOS COMERCIANTES DE LA CIUDAD DE LOJA. Loja, Ecuador.: http://rraae.org.ec/Record/0009_96f2d2322d2006dc5a1383013488c466
- Alvarez, E. (2010). *cybertesis.uni.edu*. Recuperado el Noviembre de 2016, de Seguridad en Espacios confinados aplicados en el Complejo Metalúrgico de la Oroya. Tesis de Grado academico de Maestro en Ciencias. IIMA, Perú: http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1170/1/alvarez%20_ve.pdf
- Alvarez, S. (3 de 2010). *www.wunit.com*. Recuperado el 11 de 2016, de Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades ;. Preguntas frecuentes sobre el riesgo de intoxicación con Monóxido de Carbono.: <http://www.wunitv.com/2014/01/21/preguntas-frecuentes-sobre-elriesgo-de-intoxicacion-con-monoxido-de-carbono>
- Aranguéz, E. (marzo de 1999). *Scielosp.org*. Recuperado el 11 de 2016, de Contaminantes Atmosféricos y su vigilancia. Madrid, España. On-line version ISSN 2173-9110Print version ISSN 1135-5727:
http://www.scielosp.org/scielo.php?pid=S1135-57271999000200003&script=sci_arttext
- Arroyo, e. a. (2003). *Intoxicación subclínica por monóxido de carbono en nuestra área sanitaria. Revista clínica española. Vol. 203 Núm.8. Rev Clin Esp 2003;203:378-81* . Obtenido de <http://www.revclinesp.es/es/intoxicacion-subclinica-por-monoxido-carbono/articulo/13049435/>



- ATSDR. (junio de 2012). *Resumen de Salud Pública. Monóxido de Carbono. Agencia para sustancias tóxicas y el registro de enfermedades*. Obtenido de https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs201.pdf
- Austin, C. (2008). *Wildland firefighter health risks and respiratory protection. The Robert- Sauvé Institute for Research in Occupational Health and Safety of Quebec*. Quebec: Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) Report R-572.
- Ballester, F. (2005). *Contaminación Atmosférica, Cambio Climático y Salud. Scielo. Revista española de Salud Publica. Madrid, España. vol.79 no. ISSN 2173-9110*. Obtenido de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272005000200005
- Betten. (2013). *Effect of fuel type on carbon monoxide accumulation in tents of varied design. Pubmed. doi: 10.1016/j.wem.2013.03.023*. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23932283>
- Brandan, N., Aguirre, M., & Giménez, C. (2008). *Moodle.org*. Recuperado el 11 de 2016, de Hemoglobina. Cátedra de Bioquímica – Facultad de Medicina - UNNE.: https://docs.moodle.org/all/es/images_es/5/5b/Hemoglobina.pdf
- Bravo, M., & Mora, S. (2015). *Determinación de Carboxihemoglobina al inicio y final de jornada diurna en vendedores de kioskos en el área de embarque de la Terminal Terrestre de Cuenca*. Universidad de Cuenca: Tesis de Graduación.
- Bucheli, H., Fernández, R., Rubinos, G., Martínez, C., Rodríguez, F., & Pere, C. (11 de 2014). *www.archbronconeumol.org/*. Obtenido de Niveles elevados de carboxihemoglobina: fuentes de exposición a monóxido de carbono. Arch Bronconeumol 2014;50:465-8 - Vol. 50 Núm.11 DOI: 10.1016/j.arbres.2014.03.005: <http://www.archbronconeumol.org/es/niveles-elevados-carboxihemoglobina-fuentes-exposicion/articulo/S0300289614001173/#sec0040>
- Butriago, L., & Velásquez, M. (6 de 2014). *Tecnología*. Recuperado el 11 de 2016, de Análisis de riesgo ocupacional asociado a la presencia de monóxido de carbono mediante un sistema gráfico.: http://www.uelbosque.edu.co/sites/default/files/publicaciones/revistas/revista_tecnologia/volumen13_numero1/16_articulo14_rev-tec-vol13-num1.pdf
- Carballo, B., Rodríguez-Marroyo, J., López-Satué, J., Ávila, C., Pernía, R., & Villa, J. (2010). Exposición al monóxido de carbono del personal especialista en extinción de incendios forestales. *Rev. Esp. Salud Publica*, 84(6):799-807.
- Carreño, L., & Bermúdez, I. (2014). Repositorio Institucional Javeriana. Recuperado el 11 de 2016, de Alteraciones cardiovasculares descritas en los trabajadores



- expuestos a plomo y monóxido de carbono revisión documental.:
<https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/15553>
- Caviedez, I., Borzone, G., Briseño, C., Mercado, G., Céspedes, J., & Schonfeldt, P. (2014). *Scielo Chile*. Recuperado el 11 de 2016, de Estandarización de la prueba de capacidad de difusión de monóxido de carbono. *Rev. chil. enferm. respir.* vol.30 no.3. versión On-line ISSN 0717-7348:
http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-73482014000300004&script=sci_arttext
- Cedeño, B. (marzo de 2010). <http://ri.bib.udo.edu.v>. Recuperado el 11 de 2016, de Exposición ambiental a monóxido de carbono en trabajadores del terminal de pasajeros de Ciudad Bolívar, Estado Bolívar. Universidad de Oriente Universidad de Oriente, Nucleo Bolivar, Escuela Ciencias de la Salud.:
<http://ri.bib.udo.edu.ve/bitstream/123456789/2857/1/01-TESES.%20EXPOSICI%C3%93N%20AMBIENTAL%20A%20MON%C3%93XIDO%20DE%20CARBONO.pdf>
- Chayán, M. (2009). *Intoxicación por monóxido de carbono*. Elsevier. vol 2, núm 3. . Obtenido de <http://www.elsevier.es/es-revista-prehospital-emergency-care-edicion-espanola--44-articulo-intoxicacion-por-monoxido-carbono-13142225>
- Constituyente, A. (2008). *Nueva Constitución del Ecuador*. Montecristi: Publicaciones Oficiales.
- DTHHS. (2012). *Resumen de Salud Pública. Monóxido de Carbono*. Atlanta, GA: Agency for Toxic Substances and Disease Registry.
- Dueñas, A., Pérez, J., Escudero, M., & Hernández, M. (2 de 1998). *Elsevier. revistas*. Recuperado el 11 de 2016, de Concentraciones de carboxihemoglobina y factores de riesgo de intoxicación por monóxido de carbono.:
<http://www.elsevier.es/es-revista-medicina-clinica-2-articulo-concentraciones-carboxihemoglobina-factores-riesgo-intoxicacion-2236>
- Durán, V. (2015). *dspace.ucuenca.edu.ec*. Recuperado el noviembre de 2016, de "Determinación de carboxihemoglobina al inicio y final de jornada laboral en trabajadores de estaciones de servicio-gasolineras de la zona sur-oeste de la ciudad de cuenca. Tesis previa a la obtención del título bioquímico farmacéutico. Cuenca Ecuador.:
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/21724/1/tesis.pdf>
- Effros RM, S. E. (2010). Acid-base balance. En B. C. Mason RJ, *Murray & Nadel's Textbook of Respiratory Medicine* (pág. cap 7). Philadelphia, PA: Saunders Elsevier.



- EMOV. (02 de 03 de 2016). *Empresa Pública Municipal de Movilidad, Tránsito y Transporte de Cuenca*. Obtenido de Cuenca, GAD Municipal: <http://www.emov.gob.ec/>
- EMOV. (2016). *Informe de Calidad, Aire, Cuenca - 2016*. Cuenca: I Municipalidad.
- EPA. (2009). Recuperado el 20 de noviembre de 20016, de Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. Monóxido de Carbono.: <http://www.epa.gov/espanol/saludhispana/monoxido-ex.html>
- Epelde, F., Vidal, F., Fayos, M., & Iglesias, M. (julio de 2011). *Intoxicación leve por monóxido de carbono: una enfermedad infradiagnosticada*. *Revista Elsevier*. Vol. 137. núm 4. DOI: 10.1016/j.medcli.2010.03.013. Obtenido de <http://www.elsevier.es/es-revista-medicina-clinica-2-articulo-intoxicacion-leve-por-monoxido-carbono-S0025775310003696>
- Fajardo, A., Rodriguez, A., & Téllez, J. (2006). Scielosp.org. *Scielo*. Obtenido de Contaminación por Monóxido de Carbono: un Problema de Salud Ambiental. Print version ISSN 0124-0064.
- Flachsbart. (2016). *Exposure to Carbon Monoxide*. *University of Hawai'i at Manoa. Socialsciences*. Obtenido de http://socialsciences.people.hawaii.edu/publications_lib/FlachsbartCOExposureChapter.pdf
- García, S. (2011). *www.msal.gov.ar*. Recuperado el 11 de 2016, de Guía de prevención, diagnóstico, tratamiento y vigilancia epidemiológica de las intoxicaciones por monóxido de carbono. Programa Nacional de Prevención y Control de las Intoxicaciones, Ministerio de Salud de la Nación. Buenos Aires.: http://www.msal.gov.ar/images/stories/bes/graficos/000000335cnt-06-Guia_intoxic_monoxido.pdf
- Gómez, L. (2016). *Uvadoc.uva.es*. Recuperado el 11 de 2016, de Detección precoz de intoxicación por monóxido de carbono en triaje del servicio de urgencias del Hospital Clínico Universitario de Valladolid.: <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/17987>
- Guitierrez, M. (2009). *www.aibarra.org*. Recuperado el 20 de noviembre de 2016, de Intoxicación por Monóxido de Carbono. Universidad Nacional de Colombia. Profesor Asistente de Toxicología.: http://www.aibarra.org/Apuntes/criticos/guias/intoxicaciones/intoxicacion_por_monoxid_o_de_carbono.pdf
- Guyton, A. (2006). *books.google.com*. Obtenido de Monóxido de Carbono. Barcelona-España: Editorial ELSEIVER 11va edicion. <https://books.google.com.ec/books?id=UMYoE90LPmcC&printsec=frontcover&dq=fisio>



log%C3%ADa+m%C3%A9dica+Guyton+11+edicion+monoxido+de+carbono&hl=es&s a=X&ei=XbOZVN-eDqaMsQTTjYGICw&ved=0: https://books.google.com.ec/books?id=UMYoE90LPmcC&printsec=frontcover &dq=fisio log%C3%ADa+m%C3%A9dica+Guyton+11+edicion+monoxido+de+carbono&hAl=es&s a=X&ei=XbOZVN-eDqaMsQTTjYGICw&ved=0CBOQ6

- Guzñay, D. (2007). *Repositorio de la Universidad de Cuenca*. Obtenido de Determinación de la concentración del monóxido de carbono en el terminal terrestre de la ciudad de cuenca.: http://rraae.org.ec/Record/0001_6fc64bde186edf5a2120cabbad97c9ff
- Heredia, C. (2014). *file:///C:/Users/CASA/Downloads/TESIS.pdf*. Obtenido de Evaluación de la Exposición de Monóxido de Carbono en los Habitantes de la Ciudad de Azoguez. Tesis Previa a la Obtención de Magister en Toxicología Industrial y Ambiental. Cuenca, Ecuador: *file:///C:/Users/CASA/Downloads/TESIS.pdf*
- Hernández, M. (2007). *Diseño y análisis de estudios*. Madrid: Panamericana.
- Hiscock, R. S. (2014). Comparison of Massimo Pronto-7 and HemoCue Hb 201+ with laboratory haemoglobin estimation: a clinical study. *Anaesth Intensive Care*, 608-13.
- Hiscock, R., & Kumar, D. y. (2015). Systematic review and meta-analysis of method comparison studies of Masimo pulse co-oximeters (Radical-7™ or Pronto-7™) and HemoCue® absorption spectrometers (B-Hemoglobin or 201+) with laboratory haemoglobin estimation. *Anaesth Intensive Care*, 341-50.
- INEN. (2002). *Servivo Ecuatoriano de Normalización*. Obtenido de Gestión ambiental Aire. Instituto Ediatoriano de Normalización. Primera edición: *file:///C:/Users/usuario%201/Downloads/Norma%20Tecnica%20Ecuatoriana%20NTE%20INEN%202%20204%20-%202002.pdf*
- INSHT. (2010). *Límites de exposición profesional para agentes químicos en España*. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo .
- Kot, J., & Sićko, Z. y. (2008). Carbon monoxide pulse oximetry vs direct spectrophotometry for early detection of CO poisoning. *Anestezjol Intens Ter*, 75-8.
- Labanti, M. (5 de 2016). *Repositorio digital UNC*. Recuperado el 11 de 2016, de Investigación de la intoxicación por monóxido de carbono en la criminalística. Repositorio digital UNC. Universidad Nacional de Córdoba.: <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/2733>



- Landman, C. e. (2005). *file:///C:/Users/CASA/Downloads*. Recuperado el 2017, de Manual de Técnicas de Toma de Muestras. Universidad de Valparaiso.: *file:///C:/Users/CASA/Downloads/Manual%20de%20tecnicas%20de%20toma%20de%20muestras%20para%20examenes%20de%20laboratorio.%20U%20Valparaiso%202005%20.pdf*
- Ledesma, P. (13 de 1 de 2012). *Repositorio.usfq.edu.ec*. Recuperado el 11 de 2016, de Evaluacion de la concentracion ambiental del monoxido de carbono presente en el proceso de soldadura de una metalmecanica, Tesis de grado presentada para la obtención del título de Máster en Seguridad, Salud y Ambiente. Huelva, Quito Ecuador.: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/2274/1/104392.pdf>
- López, F. (2009). *Servicio Murciano de Salud*. Obtenido de Intoxicación por Monóxido de Carbono. España, Murcia.: <http://www.murciasalud.es/toxiconet.php?iddoc=172106&idsec=4014>
- Machado , A., García, N., García, C., Córdova, A., Linares, M., Alaña, J., . . . Huertas, J. (agosto de 2007). *redalyc.org*. Recuperado el noviembre de 2016, de Determinación y estudio de dispersión de las concentraciones de monóxido de carbono en la zona oeste de la ciudad de Maracaibo – Venezuela.ISSN 1317-2255. Universidad de Zulya Venezuela.: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90470202>
- Mayer AS, M. L. (2010). Evaluation of respiratory impairment and disability. En M. J. Mason RJ, *Murray and Nadel's Textbook of Respiratory Medicine* (pág. cap 27). Philadelphia, PA: Saunders Elsevier.
- McCammon, J., & McKenzie, L. (2013). *Wildland firefighter managed carbon monoxide (CO) exposure monitoring*. Washington: U.S. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH).
- Mosby. (2010). *Diccionario de Medicina, Enfermería y Ciencias de la Salud*. Madrid: Elsevier Science Imprint.
- NIOSH. (1986). "Alert. Request for Assistance in Preventing Occupational Fatalities in Confined Spaces." *National Institute For Occupational Safety And Health*.
- NJ Health. (2011). *New Jersey Departament Health*. Recuperado el noviembre de 2016, de Monóxido de Carbono. Hoja Informativa.: <http://nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/0345sp.pdf>
- Nogué, S., & Dueñas, A. (marzo de 2005). *elsevier.es/es-revista-medicina-clinica*. Recuperado el noviembre de 2016, de Monóxido de carbono: un homicida invisible y silencioso. doi: 10.1157/13072324. Vol 124. núm 8: <http://www.elsevier.es/es-revista-medicina-clinica-2-articulo-monoxido-carbono-un-homicida-invisible-13072324>



- Norma Ecuatoriana de la Calidad del Aire. (11 de 10 de 2017). *Secretaría de Ambiente, Alcaldía*. Obtenido de <http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/norma-ecuatoriana-de-la-calidad-del-aire>
- 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. Actualización Mundial 2005.*” *Organización Mundial de la Salud*: 25. . Obtenido de http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/outdoorair_aqg/es/.
- OMS. (2017). *Calidad del aire ambiente (exterior) y salud*. Obtenido de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>
- Ortiz, S., & Mamani, W. (septiembre de 2013). *Revistas Bolivianas de Investigación*. Recuperado el noviembre de 2016, de INTOXICACION POR MONOXIDO DE CARBONO. versión impresa ISSN 2304-3768.
- Oyarzún, M. (2010). Obtenido de Contaminación aérea y sus efectos en la salud. Scielo. Revista chilena de enfermedades respiratorias. Santiago, Chile. doi.org/10.4067/S0717-73482010000100004 v.26 n.1 : http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-73482010000100004
- Pelhamn. (2002). *Exposure to carbon monoxide and nitrogen dioxide in enclosed ice arenas. Occup Environ Med. doi:10.1136/ocm.59.4.224. v. 59(2)*. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1740267/>
- Pérez. (2008). <http://www.siafa.com>. Recuperado el 20 de noviembre de 2016, de Monóxido de carbono, Seguridad, Higiene y Medio Ambiente SIAFA, laboratorio certificado ISO 9001. Buenos Aires: SGS con acreditación UKAS y OAA.: <http://www.siafa.com.ar/notisiafa/13/monoxidodecarbono.pdf>
- Pérez, C., & Marchesse, M. (2013). *urgenciauc.com*. Recuperado el 20 de noviembre de 2016, de Intoxicación por Monóxido de carbono. Programa de Medicina. Facultad de Medicina. Chile:P. Universidad Católica de Chile.: http://www.urgenciauc.com/profesion/intox_monox.htm
- Pérez, F. (2008). <http://www.siafa.com>. Recuperado el 20 de noviembre de 2016, de Monóxido de carbono, Seguridad, Higiene y Medio Ambiente SIAFA, laboratorio certificado ISO 9001. Buenos Aires: SGS con acreditación UKAS y OAA.: <http://www.siafa.com.ar/notisiafa/13/monoxidodecarbono.pdf>
- Pino, M., & Hernández, L. (2016). *Revistas.unal.edu.co*. Recuperado el 11 de 2016, de Determinacion De Niveles Sanguineos de Carboxihemoglobina Como Funcion de La Exposicion Al Monoxido De Carbono En La Ciudad De Bogotá. Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas. ISSN En línea:



1909-6356:

<http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/rccquifa/article/view/56563/55508>

- Ponce, A., Peña, R., Ramirez, A., Villena, J., Roe, E., & Villena, J. (12 de 2005). *Scielo -Perú*. Recuperado el 11 de 2016, de Variación del nivel de carboxihemoglobina en corredores aficionados en ambientes con tránsito de vehículos motorizados en el distrito de San Isidro. versión On-line ISSN 1729-214X.
- PubMed. (03 de 03 de 2016). *National Center for Biotechnology Information, U.S. National Library of Medicine*. Obtenido de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>
- Puras, T. (2013). *Zona hospitalaria. com*. Obtenido de Intoxicación por monóxido de carbono (CO). Medicina Familiar y Comunitaria. Semergen Navarra. ISSN 2253-9034: Concentraciones de carboxihemoglobina y factores de riesgo de intoxicación por monóxido de carbono
- Raikhel, M. (2012). Accuracy of noninvasive and invasive point-of-care total blood hemoglobin measurement in an outpatient setting. *Postgrad Med*, 250-5.
- Raub, J., Mathieu-Nolf, M., Hampson, N., & Thom, S. (2000). Carbon monoxide poisoning: a public health perspective. *Toxicology*, 145:1-14.
- Reisen, F., Brown, S., & Cheng, M. (2008). Air Toxics in Bushfire Smoke: Firefighter's Exposure during Prescribed Burns. *5th International Conference on Forest Fire Research*. Coimbra.
- Rey, R., Correcher, P., & Calvo, F. (abril de 2012). *Intoxicación de monóxido de carbono por una fuente no habitual. An Pediatr . Vol. 76 Núm. 4 DOI: 10.1016/j.anpedi.2011.10.005*. Obtenido de <http://www.analesdepediatria.org/es/intoxicacion-monoxido-carbono-por-una/articulo/S1695403311005248/>
- Riegelman, R. K. (1992). *Cómo estudiar un estudio y probar una prueba: lectura crítica de la literatura médica*. Washington: Little, Brown and Company.
- Rojas, M., Sidorovas, L., & Dueñas, A. (abril de 2000). *Scielosp.org*. Obtenido de Evaluación de la exposición al monóxido de carbono en vendedores de quioscos. Valencia, Venezuela. On-line version ISSN 1680-5348 Print version ISSN 1020-4989: http://www.scielosp.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1020-49892001000400006
- Romero, & Espinoza. (2011). *dspace.ucuenca.edu.ec*. Recuperado el noviembre de 2016, de Determinación sanguínea de Monóxido de Carbono en residentes del Centro Histórico de la Ciudad de Cuenca y Comparación con la



- concentración de CO en el Aire Ambiente. Universidad de Cuenca.: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2447/1/tq1088.pdf>
- Romero, M., Olite, F., & Alvarez, M. (2006). *La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud. Scielo. Revista Cubana de Epidemiología. v.44 n.2. ISSN 1561-3003.* Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032006000200008
- Roque, D. (2012). <http://es.scribd.com>. Obtenido de Determinación de Carboxihemoglobina en sangre. Técnicas de Determinación. Honduras.:) Roque, D. C. (2012). Determinación de <http://es.scribd.com/doc/93107026/DETERMINACION-DE-CARBOXIHEMOGLOBINAEN-SANGRE-POR-COLORIMETRIA>.
- Rosas, R. (2014). dspace.ucuenca.edu.ec. Obtenido de Riesgo Toxicológico del Monóxido de Carbono en el Ambiente Laboral de la Empresa Consorcio Revisión Vehicular Danton-Cuenca. Tesis de obtención del título de maestría en Toxicología Industrial y Ambiental. Cuenca Ecuador.: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/5083/1/TESIS.pdf>
- Rosas, R., Ochoa, A., Morillo, D., Garcia, N., & Andrade, S. (2015). *Exposición a Monóxido de Carbono en trabajadores de control. Elsevier. Revista de la Facultad de Ciencias Químicas. Núm 12. ISSN: 1390-1869.* Obtenido de <file:///C:/Users/CASA/Downloads/530-1640-1-PB.pdf>
- Sibón, A., Martínez, P., Vizcaya, P., & Romero, J. (2007). *Intoxicación por Monóxido de Carbono. Dialnet. Vol. 13, Nº. 47, 2007, págs. 65-72. ISSN 1135-7606.* Obtenido de <http://dialnet.unirioja.es/secure.sci-hub.cc/servlet/articulo?codigo=2336056>
- Skelton, V., Wijayasinghe, N., Sharafudeen, S., Sange, A., Parry, N., & Junghans, C. (2013). Evaluation of point-of-care haemoglobin measuring devices: a comparison of Radical-7™ pulse co-oximetry, HemoCue(®) and laboratory haemoglobin measurements in obstetric patients. *Anaesthesia*, 40-5.
- Téllez, J., Rodríguez, A., & Fajardo, A. (2006). *Scielosp.org*. Recuperado el noviembre de 2016, de Contaminación por Monóxido de Carbono: un Problema de Salud Ambiental. Print version ISSN 0124-0064: http://www.scielosp.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-00642006000100010
- TULSMA. (2013). dspace.espol.edu.ec. Recuperado el noviembre de 2016, de Gestión Ambiental: Norma de calidad del Aire ambiente. (L. V.- D. ESPOL, Productor. Ministerio del Medio Ambiente.:



<http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6078/43/LIBRO%20VI%20Anexo%203.pdf>

- Vargas. (2014). *Redalyc.org*. Recuperado el 11 de 2016, de Intoxicación ocupacional por monóxido de carbono. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, vol. 52, núm. 1, pp. 44-49. ISSN: 0443-5117: <http://www.redalyc.org/pdf/4577/457745480011.pdf>
- Vargas, T. (2009). Recuperado el 20 de noviembre de 2016, de Toxicidad por Monóxido de Carbono. Secretaría de Salud y Y corp-visionarios. Bogotá: VARGAS T L:E:: http://www.geocities.ws/lucho16/documents/Monoxido_Carbono_L_Vargas
- Vásquez, V. (4 de 7 de 2016). *INACIF*. Recuperado el 11 de 2016, de Monóxido de Carbono. Publicaciones Científicas Forenses. Instituto Nacional de Ciencias Forenses en Guatemala: <http://publicaciones.inacif.gob.gt/index.php/2016/07/04/monoxido-de-carbono/>
- Villanueva, E., & Gisbert, C. (2004). *es.scribd.com/doc*. Recuperado el noviembre de 2016, de Monóxido de Carbono. *Medicina Legal y Toxicológica*. Sexta Edición.: <https://es.scribd.com/doc/108845118/MEDICINA-LEGAL-Y-TOXICOLOGIA>
- Vomero, A., Pandolfo, E., & Vásquez, M. (2009). *Scielo.edu. Uruguay*. Recuperado el 11 de 2016, de Intoxicación por monóxido de carbono. *Arch. Pediatr. Urug.* vol.80 no.3 Montevideo. ISSN 1688-1249: http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1688-12492009000300006
- Zaragozano et al. (2005). *AEP*. Recuperado el 11 de 2016, de Intoxicación por monóxido de carbono. Departamento de Pediatría. Hospital Clínico Universitario. Zaragoza. España - Vol. 62 Núm.6 DOI: 10.1157/13075553: <http://www.analesdepediatría.org/es/intoxicacion-por-monoxido-carbono/articulo/13075553/>
- Zaragozano, F., Estupiña, C., Espatolero, P., Ferrer, A., & Olivares, J. (2005). *AEP*. Recuperado el 11 de 2016, de Intoxicación por monóxido de carbono. Departamento de Pediatría. Hospital Clínico Universitario. Zaragoza. España - Vol. 62 Núm.6 DOI: 10.1157/13075553: <http://www.analesdepediatría.org/es/intoxicacion-por-monoxido-carbono/articulo/13075553/>

ANEXOS

Anexo 1. Autorización para el desarrollo del trabajo de Investigación en la Terminal de Petroecuador de la ciudad de Cuenca.

OFICIO N° 02028-VCD-CAP-2017

Quito, D.M. 20 ENE. 2017

Doctora
Ruth Eugenia Rosas Castro
Directora de la Carrera de Bioquímica y Farmacia
Facultad de Ciencias Químicas
Universidad de Cuenca
Av. 12 de Abril y Agustín Cueva
Cuenca

ASUNTO: AUTORIZACIÓN SOLICITUD DESARROLLO DE TESIS: Dra. MALENA MOSQUERA

Mediante Oficio SIN, solicitó autorización para que la Maestrante Doctora Malena Silvana Mosquera Alvear realice una investigación científica titulada: "RIESGO TOXICOLÓGICO DEL MONÓXIDO DE CARBONO EN TRABAJADORES DE MANTENIMIENTO DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS EN LA TERMINAL DE PETROECUADOR DE LA CIUDAD DE CUENCA".

El tema propuesto, tiene la aprobación de la Subgerencia de Seguridad, Salud y Ambiente, en la cual la Maestrante obtendría información, quien autorizó el desarrollo del proyecto de titulación presentado, motivo por el cual me permito comunicar que este pedido es aceptado favorablemente.

La EP PETROECUADOR brindará las facilidades necesarias para que la investigación se desarrolle de acuerdo a una planificación y al amparo de la suscripción de un Convenio de Desarrollo de Tesis, suscrito entre la Empresa y la Doctora Malena Silvana Mosquera Alvear.

Al terminar el trabajo de investigación, la Doctora Malena Mosquera, deberá entregar en el Área de Capacitación, una copia en formato digital PDF, vinculado al glosario, con el desarrollo de tesis, del proyecto final para su implementación en la Empresa.

Atentamente,


Gustavo Ocampo A.
JEFE CORPORATIVO DE DESARROLLO Y CAPACITACIÓN, INC.
EP PETROECUADOR

Elaborado por:
Revisado por:
Aprobado por:
Fecha Elaboración:
N. Trabajo Interno:

CEVELLOS SUITERREZ EDWIN RAMON 19962
ELFRANCO ACUÑA NUBIA CARMEN 14251
ELFRANCO ACUÑA NUBIA CARMEN 14251
19/01/2017
06791830



Anexo 2

Consentimiento informado

Cuenca, 27 de abril de 2017.

Señores

Trabajadores de la Terminal de Petroecuador de la Ciudad de Cuenca
Ciudad

De mi consideración:

La presente tiene por objeto el informarle que usted puede participar en el estudio de la investigación que se realizará en los trabajadores de las Islas de Recarga de la Terminal de Petroecuador de la Ciudad de Cuenca para formar parte del estudio del Riesgo Toxicológico del Monóxido de Carbono, determinación de Carboxihemoglobina por el método de CO-oximetría de pulso, que se va a realizar con la participación de la Carrera de Bioquímica y Farmacia de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca y estudiantes de la Maestría de Toxicología Industrial y Ambiental, Segunda Cohorte.

La Investigación a desarrollarse es: "Riesgo Toxicológico del Monóxido de Carbono en Trabajadores de las Islas de Recarga de Hidrocarburos en la Terminal de Petroecuador de la Ciudad de Cuenca".

Este estudio está autorizado y con visto bueno por las autoridades de la Subgerencia de Seguridad, Salud y Ambiente de la Empresa de Petroecuador, según comunicado del Ing. Gustavo Ocampo A- Jefe Corporativo de Desarrollo y Capacitación de la Ciudad de Quito, en oficio No 02028-VCD-CAP-2017 con fecha 20 de enero de 2017.

Objetivos de la Investigación.



- a. Determinar la concentración de monóxido de carbono en el aire ambiente del área de las Islas de Recarga de Hidrocarburos de la Terminal de Petroecuador de la Ciudad de Cuenca durante la jornada laboral.
- b. Determinar los niveles % de carboxihemoglobina en sangre al inicio y al final de jornada laboral de los trabajadores del área de recarga de hidrocarburos de las Islas de Dispensación de Combustibles de Petroecuador.
- c. Evaluar las manifestaciones de intoxicación por monóxido de carbono en los trabajadores del área de recarga de hidrocarburos de las PC, en función de sus características personales, de exposición y de seguridad.

Procedimiento.

La determinación de los valores de Monóxido de Carbono con el equipo MSA Altaír 5 (con autocalibración) en aire ambiente y el % de COHb mediante el uso del Co-oxímetro de pulso MASIMO Radical – 57 (con autocalibración) se lo realizará al inicio y final de jornada laboral por tres ocasiones consecutivas, una vez por mes. La encuesta se aplicará por una sola ocasión.

Preparación del paciente para la medición:

1. Correcta identificación del paciente (dos nombres y dos apellidos)
2. Posición (sentado)

Técnica:

1. Verificar que el paciente esté en reposo.
2. Limpiar el lugar donde se colocará el sensor (dedo de la mano) con alcohol isopropílico al 70% o con una crema rubefaciente (10% a 30% de salicilato de metilo y 2% a 10% de mentol) durante 10 a 30 segundos.
3. Colocar el sensor en el dedo de la mano del paciente asegurando que el emisor y fotodetector estén alineados de manera directa.
4. En caso de que el paciente lleve uñas postizas o demasiado esmalte de uñas se debe buscar otro lugar para aplicar el sensor o retirar el esmalte.
5. Verificar que no se produzca la alarma por parte del equipo para garantizar la medición.



6. En caso de producirse errores se repetirá la medición.
7. Ingresar los datos de las mediciones de cada paciente a una base de datos para su respectivo análisis y procesamiento.

BENEFICIOS: Si usted autoriza su participación en este estudio tendrá los siguientes beneficios.

- Conocer el nivel de exposición al CO en su lugar de trabajo.
- Informarse de la importancia de realizar esta determinación en lugares donde puede existir una elevada exposición al CO.

La participación en este estudio es estrictamente voluntaria, la información que se recoja será de carácter confidencial y no se utilizará para ningún otro propósito, sus respuestas a la encuesta serán anónimas y codificadas, si alguna de las preguntas durante la encuesta le parece incómoda, usted tiene el derecho de hacérselo saber a los investigadores.

Anticipo mi agradecimiento por su colaboración y participación.

Yo..... con cédula de Identidad empleado de la Terminal de Petroecuador de la Ciudad de Cuenca, acepto voluntariamente participar en esta investigación.

He sido informado/a de todos los aspectos de las características de este estudio. "Riesgo Toxicológico del Monóxido de Carbono en Trabajadores de las Islas de Recarga de Hidrocarburos en la Terminal de Petroecuador de la Ciudad de Cuenca".

FIRMA DEL TRABAJADOR

MAESTRANTE Dra. Malena Mosquera Alvear.

DIRECTORA DE TESIS Dra. Ruth Rosas Castro MSc.



Anexo 3 Encuesta

UNIVERSIDAD DE CUENCA.

Formulario para recopilación de la Información

Responsable: Dra. Malena Mosquera A.

- CODIGO DEL TRABAJADOR _____
- GÉNERO _____
- EDAD _____

1. DURANTE SU JORNADA LABORAL, USTED HA SENTIDO:

- DOLOR DE CABEZA SI ___ NO ___
- CANSANCIO SI ___ NO ___
- DIFICULTAD PARA RESPIRAR SI ___ NO ___
- DIFICULTAD PARA CONCENTRARSE SI ___ NO ___
- NÁUSEA SI ___ NO ___
- VÓMITO SI ___ NO ___
- MAREO SI ___ NO ___
- ARDOR DE GARGANTA SI ___ NO ___
- TOS SI ___ NO ___
- TIENE EL HÁBITO DE FUMAR SI ___ NO ___
- OTRAS:

2. USTED EN SU JORNADA LABORAL USÓ EL EQUIPO DE PROTECCIÓN?

- SI ___ NO ___

3. OTROS DATOS:

- UBICACIÓN DE LA VIVIENDA: ZONA RURAL _____ ZONA URBANA _____
- EL TIEMPO QUE LABORA EN ESTA EMPRESA _____
- CARBOXIHEMOGLOBINA (COHb): INICIO JORNADA%
FINAL JORNADA%

Encuesta en base a estudios previos realizados por Rosas (2014), Alvarado (2016) y Bravo (2016).



Anexo 4

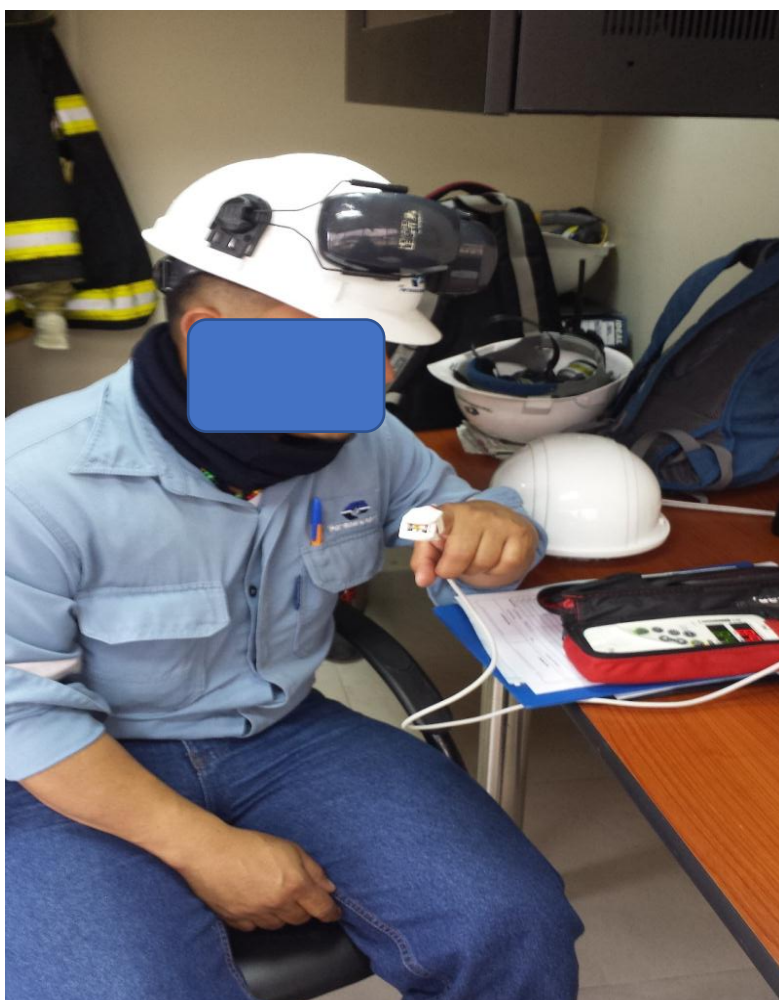
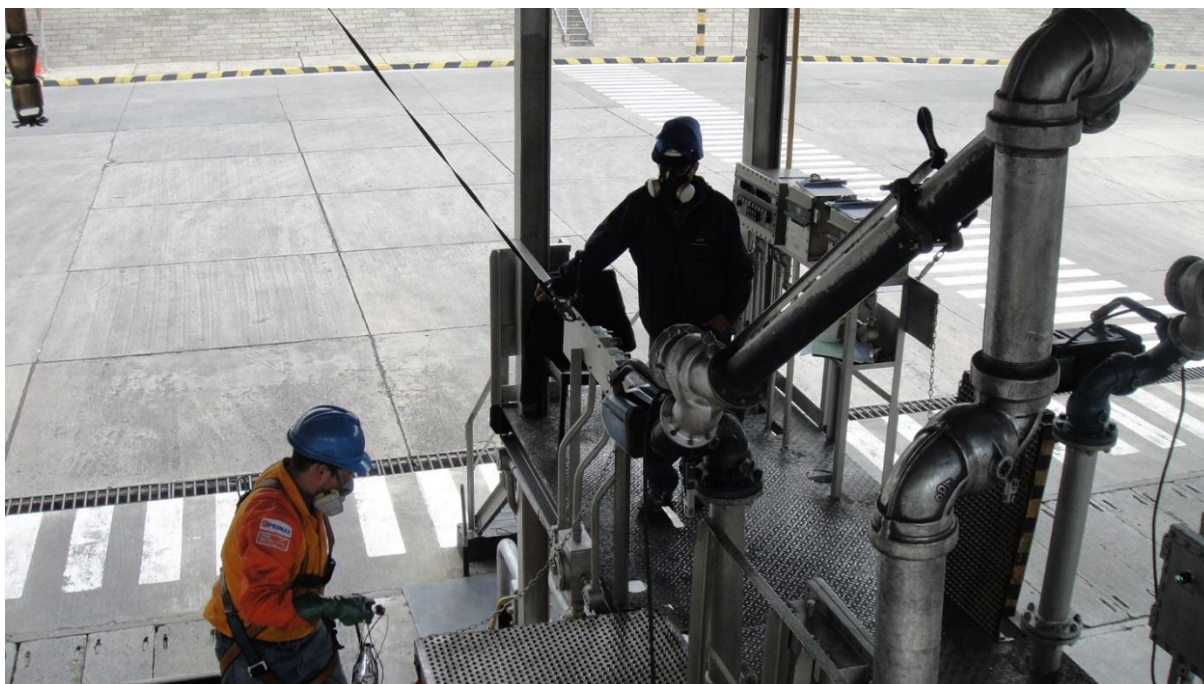
Datos de encuesta.

Parámetros de la encuesta	FRECUENCIA
Dolor de cabeza	2
Cansancio	1
Dificultad de respirar	3
Dificultad de concentración	1
Nausea	0
Vómito	1
Mareo	3
Ardor de garganta	4
Tos	4
Hábito de fumar	0
Uso de equipo de protección	8
Vivienda-zona rural	1
Vivienda- zona urbana	7
Género masculino	8
Género femenino	0
Edad 20-29 años	1
Edad 30-49 años	6
Edad 50-55 años	1
Tiempo en la empresa 1-11 meses	5
Tiempo en la empresa 1- 5 años	0
Tiempo en la empresa 6-10 años	2
Tiempo en la empresa 11-15 años	1

Anexo 5

Fotos de las Islas de Recarga de la Terminal Cuenca- Petroecuador.







Anexo 6.

Datos de las Concentraciones de Monóxido de Carbono en aire ambiente.

Hora (hh:mm)	Monitoreo 1 CO mg/m ³ fecha 06/17	Monitoreo 2 CO mg/m ³ fecha 07/17	Monitoreo 3 CO mg/m ³ fecha 08/17
07:01 - 08:00	0.00000000	0.00000000	0.00000000
08:01 - 09:00	0.71527778	0.00000000	0.8710125
09:01 - 10:00	0.81944444	0.0112000	2.0291262
10:01 - 11:00	5.79305556	15.75833333	18.4271845
11:01 - 12:00	7.86944444	30.7666667	24.1525659
12:01 - 13:00	7.80000000	49.3861111	17.1165049
13:01 - 14:00	2.06944444	28.5652778	16.6962552
14:01 - 15:00	0.12638889	13.4861111	13.4236111



Anexo 7.

Datos de las Concentraciones de Carboxihemoglobina en la población de estudio.

CODIGO	Muestreo 1		Muestreo 2		Muestreo 3	
	%COHb Inicio	%COHb Final	%COHb Inicio	%COHb Final	%COHb Inicio	%COHb Final
111	1	4	3	6	4	4
112	3	8	2	14	4	9
113	2	4	2	5	2	5
114	2	6	3	8	7	8
115	1	4	5	7	3	4
116	2	6	4	4	4	6
117	1	4	3	5	5	5
118	4	8	4	9	2	4



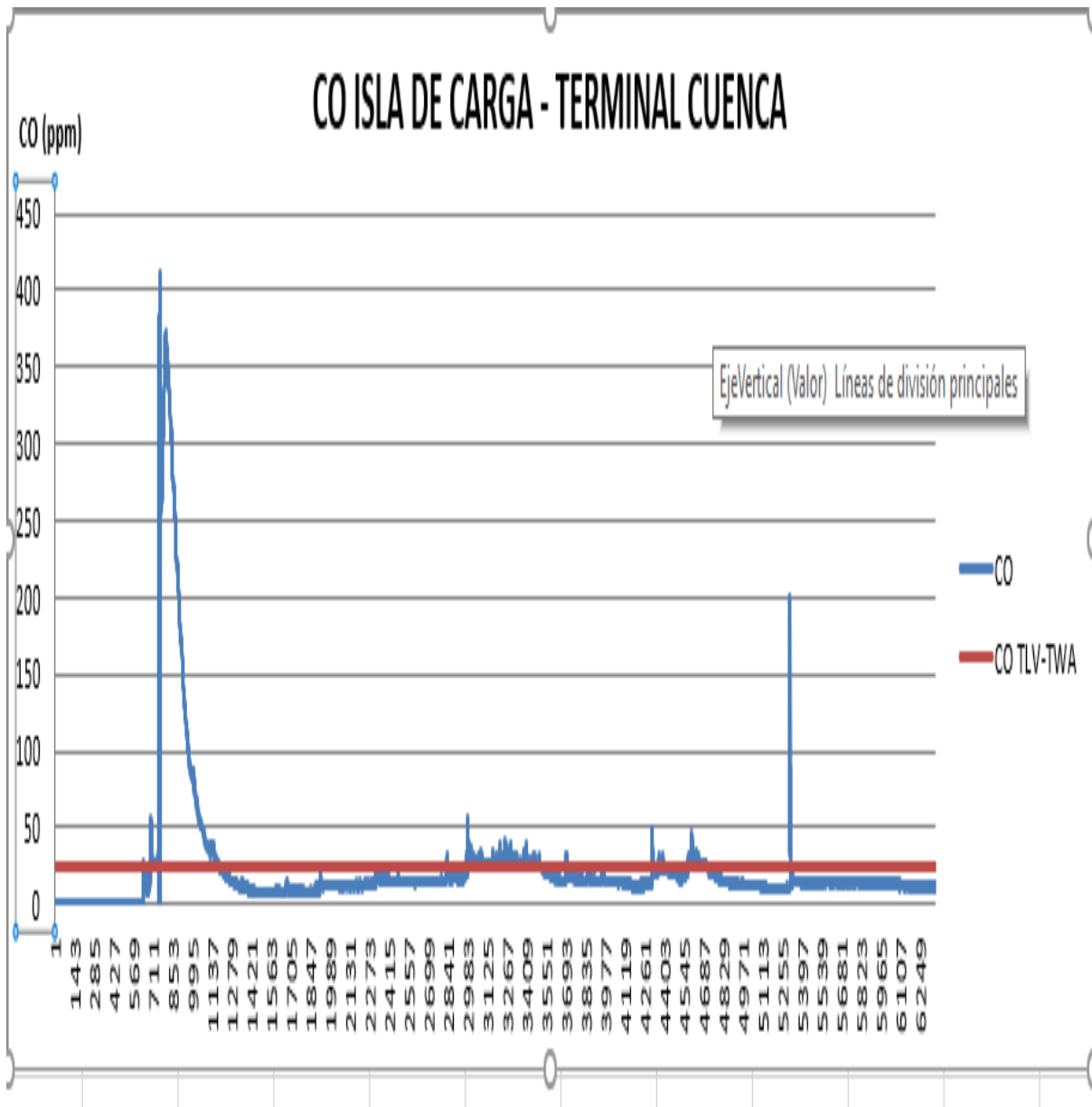
Anexo 8

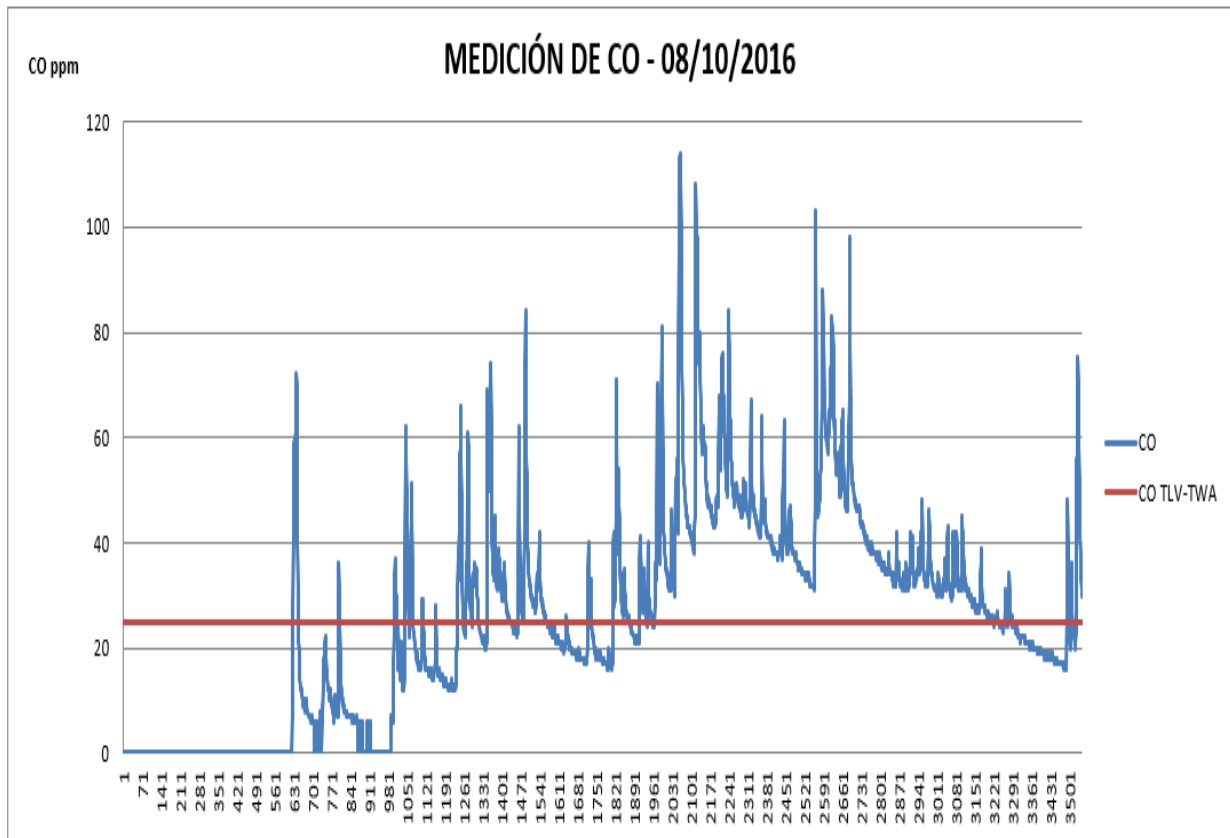
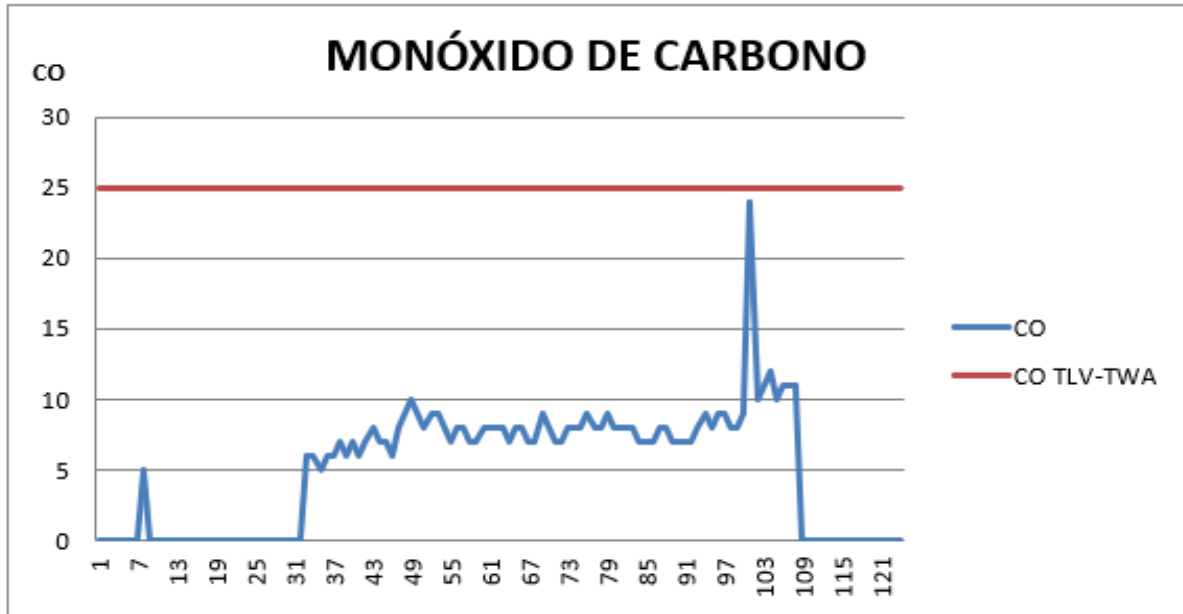
Datos de las Concentraciones de Carboxihemoglobina en el grupo control

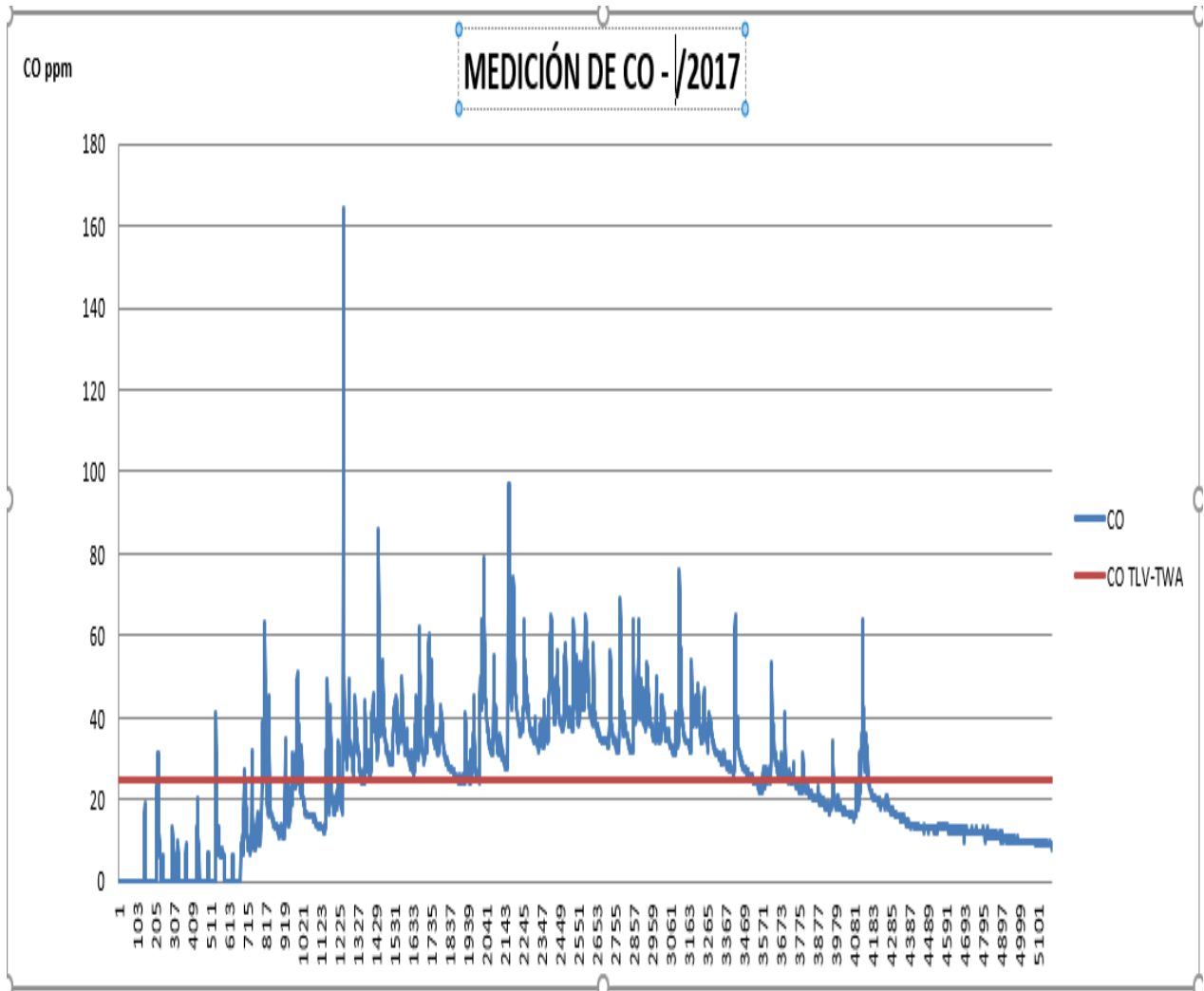
Código	% COHb
1	1
2	2
3	3
4	3
5	2
6	2
7	1
8	2
9	2
10	1

Anexo 9

Archivo de mediciones de CO en la Isla de Carga Terminal Cuenca-Petroecuador.







Anexo 10. Ficha de Seguridad del Monóxido de Carbono.

Fichas Internacionales de Seguridad Química

MONÓXIDO DE CARBONO		ICSC: 0023	
		Abril 2007	
Óxido de carbono		Óxido carbónico	
CAS:	630-08-0 CO		
RTECS:	FG3500000 Masa molecular: 28		
NU:	1016		
CE índice Anexo I:	006-001-00-2		
CE / EINECS:	211-128-3		
TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Extremadamente inflamable. El calentamiento intenso puede producir aumento de la presión con riesgo de estallido.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar.	Cortar el suministro; si no es posible y no existe riesgo para el entorno próximo, dejar que el incendio se extinga por sí mismo; en otros casos apagar con dióxido de carbono, agua pulverizada, polvo.
EXPLOSIÓN	Las mezclas gas/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. Utilícense herramientas manuales no generadoras de chispas.	En caso de incendio: mantener fría la botella rociando con agua. Combatir el incendio desde un lugar protegido.
EXPOSICIÓN		¡EVITAR LA EXPOSICIÓN DE MUJERES (EMBARAZADAS)!	¡CONSULTAR AL MÉDICO EN TODOS LOS CASOS!
Inhalación	Dolor de cabeza. Confusión mental. Vértigo. Náuseas. Debilidad. Pérdida del conocimiento.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Respiración artificial si estuviera indicada. Proporcionar asistencia médica. Ver Notas.
Piel			
Ojos			
Ingestión			
DERRAMES Y FUGAS	ENVASADO Y ETIQUETADO		
¡Evacuar la zona de peligro! Eliminar toda fuente de ignición. Consultar a un experto. Protección personal: equipo autónomo de respiración. Ventilar.	Clasificación UE Símbolo: F+, T; R: 12-23-48/23-61; S: 53-45 Nota: E Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 2.3; Riesgos Subsidiarios de las NU: 2.1 Clasificación GHS Peligro Gas extremadamente inflamable. Contiene gas a presión; puede explotar se calienta. Mortal si se inhala. Puede perjudicar la fertilidad o dañar el feto si se inhala. Puede provocar daños en la sangre si se inhala. Provoca daños en la sangre y en el sistema nervioso central tras exposiciones prolongadas o repetidas.		
RESPUESTA DE EMERGENCIA	ALMACENAMIENTO		
Ficha de Emergencia de Transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-20S1016 o 20G1TF. Código NFPA: H3; F4; R0;	A prueba de incendio. Mantener en lugar fresco. Mantener en lugar bien ventilado.		
IPCS International Programme on Chemical Safety    	 	Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © IPCS, CE 2007	

VÉASE INFORMACIÓN IMPORTANTE AL DORSO



Fichas Internacionales de Seguridad Química

MONÓXIDO DE CARBONO
ICSC: 0023

DATOS IMPORTANTES

ESTADO FÍSICO; ASPECTO:

Gas comprimido, incoloro, inodoro e insípido.

PELIGROS FÍSICOS:

El gas se mezcla bien con el aire, formándose fácilmente mezclas explosivas. El gas penetra fácilmente a través de paredes y techos.

PELIGROS QUÍMICOS:

Puede reaccionar violentamente con oxígeno, acetileno, cloro, flúor, óxido nítrico.

LÍMITES DE EXPOSICIÓN:

 TLV: 25 ppm como TWA; BEI establecido; (ACGIH 2006).
 MAK: 30 ppm, 35 mg/m³; Categoría de limitación de pico: II(1);
 Riesgo para el embarazo: grupo B; BAT establecido (DFG 2008).

VÍAS DE EXPOSICIÓN:

La sustancia se puede absorber por inhalación.

RIESGO DE INHALACIÓN:

Al producirse una pérdida de gas, se alcanza muy rápidamente una concentración nociva de éste en el aire.

EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN:

La sustancia puede afectar a la sangre, dando lugar a carboxihemoglobinemia y a alteraciones cardíacas. La exposición a elevados niveles puede producir la muerte. Se recomienda vigilancia médica.

EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA:

La sustancia puede afectar al sistema cardiovascular y al sistema nervioso central. Puede producir alteraciones en la reproducción humana.

PROPIEDADES FÍSICAS

 Punto de ebullición: -191 °C
 Punto de fusión: -205 °C
 Solubilidad en agua, ml/100 ml a 20 °C: 2,3
 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 0,97

 Punto de inflamación: gas inflamable
 Temperatura de autoignición: 605 °C
 Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 12,5-74,2

DATOS AMBIENTALES

NOTAS

El monóxido de carbono es un producto de la combustión incompleta del carbón, petróleo, madera. Está presente en los humos de escape de vehículos y en el humo de tabaco. Está indicado un examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. A concentraciones tóxicas no hay alerta por el olor. En caso de envenenamiento con esta sustancia es necesario realizar un tratamiento específico; así como disponer de los medios adecuados junto a las instrucciones correspondientes. Esta ficha ha sido parcialmente actualizada en noviembre de 2008: ver Límites de exposición.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Límites de exposición profesional (INSHT 2011):

 VLA-ED: 25 ppm; 29 mg/m³

Notas: sustancia tóxica para la reproducción humana de categoría 1A.

VLB: 3,5% de carboxihemoglobina en hemoglobina total; 20 ppm de CO en la fracción final del aire exhalado (aire alveolar). Notas F, I.

Nota legal

Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.

© IPCS, CE 2007