

UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

# **Prevalencia de hallazgos clínicos cardiovasculares y electrocardiográficos, en personal de salvamento y extinción de incendios de aeródromo expuestos a monóxido de carbono, Bogotá D.C, 2018**

**Yeimy Carolina Galeano Barbosa**

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Medicina, Departamento de Toxicología

Bogotá D.C, Colombia

2019



**Prevalencia de hallazgos clínicos  
cardiovasculares y  
Electrocardiográficos, en personal de  
salvamento y extinción de incendios de  
aeródromo expuestos a monóxido de  
carbono, Bogotá D.C., 2018**

**Yeimy Carolina Galeano Barbosa**

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título  
de:

**Magister en Toxicología**

Director (a):

MD. MSc. Alba Isabel Rodríguez Pulido  
Médica, Magister en toxicología clínica

Codirectores:

MD. Esp. Dr. Guillermo Mora Pabón  
Profesor Asociado, Departamento de Medicina Interna

MD. Esp. Dr. Edgar Prieto  
Profesor Asociado, Departamento de salud publica

Línea de Investigación:

Toxicología del monóxido de carbono

Grupo de Investigación:

Toxicología ambiental y ocupacional

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Medicina, Departamento de Toxicología  
Bogotá D.C, Colombia  
2019



*(Dedicatoria o lema)*

A mis hijas quienes con su amor  
me han sabido acompañar y entender  
el tiempo de ausencia para lograr esta meta.



## **Agradecimientos**

Agradezco a Dios por la oportunidad de haberme permitido ingresar a la maestría y poner en mi camino a diferentes personas para la realización de esta investigación.

Debo agradecer de manera especial a mi esposo, fiel acompañante, a mis hijas por su espera y paciencia y a mis padres y hermanos por su apoyo cada día.

Mis más sinceros agradecimientos a la Dra. Alba Isabel Rodríguez, el Dr. Guillermo Mora y Dr. Edgar Prieto por acompañarme en cada paso de mi aprendizaje, apoyándome con la dirección de este trabajo con su conocimiento y disposición.

También quiero expresar mi agradecimiento al Capitán de bomberos Jairo Larrarte y al teniente Carlos Quemba junto a la compañía de bomberos aeronáuticos por haberme permitido ejecutar mi trabajo de investigación.

Agradezco al doctor Juan Carlos López, representante legal de Aerosanidad SAS, por su apoyo e insistencia para mi formación de posgrado y por el recurso financiero para la ejecución de este trabajo, además del apoyo humano, con aquellos seres que Dios les dio a los médicos como complemento “enfermeros”.

Y por supuesto agradezco a todos los docentes de la maestría por sus enseñanzas y a mis compañeros de clase en especial a Edwin Arias.



## Resumen

**Introducción:** El monóxido de carbono (CO) es un gas incoloro e inodoro, no es irritante, pero es sumamente tóxico. La principal causa de las concentraciones de dicho gas en recintos cerrados y en menor medida la actividad industrial es la emisión de CO por vehículos de motor de combustión interna. Este gas tóxico produce hipoxia tisular; dada la afinidad de dicho gas por la hemoglobina, siendo mayor que la del oxígeno, teniendo como órganos blanco cerebro y corazón. El presente proyecto, fue dirigido a personal de Servicio de Salvamento y Extinción de Incendios (SSIE) que desarrollan sus actividades en un aeródromo de la ciudad de Bogotá D.C; entre sus actividades se destacan el chequeo de equipos, revisión con motor encendido de vehículos y de maquinaria con sistema de combustión interna operadas con diésel, como motosierras, espadas de corte, equipos de extricación, inspección de extintores, evaluación perimetral con uso de vehículo que permite recorrido en aeródromo, servicio de asistencia en tanqueo de aeronaves, atención de derrames de combustible y derivados del petróleo y atención de emergencia entre otras actividades las cuales pueden ser realizadas en espacios abiertos o cerrados según la circunstancia del evento; por esta razón se realizó un estudio en esta población para determinar si se presentan o no hallazgos clínicos cardiovasculares y electrocardiográficos, en el personal SSEI expuestos de manera crónica a monóxido de carbono.

**MÉTODOS:** Se realizó un estudio epidemiológico de corte trasversal por medio de una valoración clínica toxicológica, toma de electrocardiograma y toma del biomarcador carboxihemoglobina (%COHb) a cada trabajador de SSIE de aeródromo de Bogotá.

**RESULTADOS:** En la población de estudio se evidenció un porcentaje de carboxihemoglobina en niveles levemente aumentados (entre 3,5 -9,99 %COHb) en el 33% de la población de pre-turno y en el 20 % de la población en el pos-turno, niveles con los que se podría confirmar la exposición a monóxido de carbono, sin embargo se encuentran en niveles permisibles, por ende, es difícil establecer una relación directa de

los niveles encontrados con los trastornos cardiovasculares y electrocardiográfica de la población a estudio.

**DISCUSIÓN:** con relación a los estudios realizados con monóxido de carbono en otras poblaciones, se encontró niveles similares de %COHb, con reporte electrocardiográfico sin cambios, sin embargo, en un estudio realizado en el departamento de Boyacá (Colombia) en el 2005 se evidencio la bradicardia como un hallazgo importante en la población laboral en un 24,7% y se planteó que “podría corresponder a una expresión de la toxicidad crónica, generada por el monóxido de carbono”

**PALABRAS CLAVES:** monóxido de carbono, cardiovascular, carboxihemoglobina, bomberos

## Abstract

**Introduction:** Carbon monoxide (CO) is a colorless and odorless gas, it is not irritating, but it is highly toxic. The main cause of the activity of said gas in the enclosed areas and to a lesser extent the industrial activity is the emission of internal combustion engine vehicles. This toxic gas produces tissue hypoxia; This is the most important word. The present project was personally directed to the Fire Rescue and Extinction Service (SSEE), which shows its activities at an aerodrome in the city of Bogotá D.C; Among its activities check equipment, check with engine ignition of vehicles and machinery with internal combustion system operated with diesel, such as chainsaws, cutting swords, extrication equipment, inspection of fire extinguishers, perimeter evaluation with use of vehicle that allows travel at the aerodrome, assistance service in aircraft tanking, attention to spills of fuel and petroleum products and emergency attention among other activities, activities that take place in open or closed spaces according to the circumstance of the event; For this reason, a study was conducted in this population to determine whether or not cardiovascular and electrocardiographic clinical findings were present in the SSEI personnel chronically exposed to carbon monoxide.

**METHODS:** a cross-sectional epidemiological study was carried out by means of a clinical toxicological evaluation, electrocardiogram recording and taking of the carboxyhemoglobin biomarker (% COHb) assessment was made, one for each person of the Bogota aerodrome SSIE.

**RESULTS:** In the study population, a percentage of carboxyhemoglobin was observed at slightly increased levels (between 3.5-9.99% COHb) in 33% of the pre-shift population and in 20% of the population in the post-shift population. shift, levels at which carbon monoxide exposure could be confirmed, however they are at permissible levels, therefore, it is difficult to establish a direct relationship of the levels found with the cardiovascular and electrocardiographic disorders of the study population.

**DISCUSSION:** he studies carried out with carbon monoxide in other populations, the levels of% COHb, the electrocardiographic report without changes, the work done in the department of Boyacá (Colombia) in 2005 evidenced the bradycardia "an important place

in the working population in 24.7% and it was suggested that it could correspond to an expression of toxicity generated by carbon monoxide.

**KEYWORDS:** carbon monoxide, cardiovascular, carboxyhemoglobin, firefighters

# Contenido

Pág.

<b>Capítulo 1</b> .....	<b>21</b>
Justificación y planteamiento del problema. ....	21
Pregunta de investigación .....	25
Objetivos .....	27
1.3.1 Objetivo General.....	27
Metodología .....	28
1.4.1 Tipo de estudio .....	28
1.4.2 Área geográfica del estudio .....	29
1.4.3 Universo y muestra de estudio.....	29
▪ Universo .....	29
▪ Calculo del tamaño de la muestra.....	30
1.4.4 Población laboral.....	31
1.4.5 Criterios de inclusión y exclusión .....	31
▪ Criterios de inclusión.....	32
▪ Criterios de exclusión.....	32
1.4.6 Variables.....	32
Recolección de datos, muestras y toma de electrocardiograma .....	35
1.5.1 Recolección de datos.....	35
1.5.2 Muestras Sanguíneas .....	35
1.5.3 Electrocardiograma.....	36
1.5.4 Valoración médica toxicológica .....	36
1.5.5 Recolección de datos.....	37
Consideraciones Éticas.....	37
<b>2. Capítulo 2</b> .....	<b>39</b>
Marco Teórico .....	39
2.1.1 Generalidades .....	39
2.1.2 Características fisicoquímicas del CO.....	39
2.1.3 Fuentes de monóxido de carbono.....	40
2.1.4 Toxicología del monóxido de carbono.....	41
2.1.5 Toxicocinética .....	41
2.1.6 Toxicodinamia.....	42
2.1.7 Toxicidad aguda .....	44
2.1.8 Toxicidad crónica.....	45
2.1.9 Efectos a nivel del sistema nervioso .....	46
2.1.10 Efectos cardiovasculares .....	47
2.1.11 Exposición laboral al CO.....	49
2.1.12 Exposición Ambiental al CO.....	50

2.1.13 Determinación de monóxido de carbono en el organismo .....	51
2.1.14 Carboxihemoglobina (COHb) .....	52
2.1.15 Electrocardiograma .....	53
<b>3.Capítulo 3 .....</b>	<b>54</b>
3.1 Resultados del primer objetivo específico – Caracterización sociodemográfica de la población .....	55
3.1.1 Análisis descriptivo de la población a estudio .....	55
3.1.1 Antecedentes .....	61
3.2 Examen Físico .....	62
3.2.1 Examen clínico cardiovascular .....	62
3.3 Resultados del segundo objetivo específico – Determinar los hallazgos electrocardiográficos .....	63
3.4 Resultados del cuarto objetivo específico – Niveles de Carboxihemoglobina....	67
3.5 Resultados del quinto objetivo específico – Relación entre resultado de historia clínica, carboxihemoglobina y electrocardiograma de la población a estudio.....	69
<b>4.Capítulo 4 .....</b>	<b>71</b>
4.1 Discusión de los resultados .....	71
<b>Conclusiones y recomendaciones .....</b>	<b>75</b>
Conclusiones.....	75
Recomendaciones.....	77
<b>Bibliografía .....</b>	<b>101</b>

## Lista de figura

<b>Figura1-1</b> Mapa aeropuerto internacional El dorado .....	10
<b>Figura 2-2:</b> Representación esquemática de los efectos del monóxido de carbono en los citocromos de la cadena respiratoria mitocondrial. ....	43
<b>Figura 2-3</b> Fisiopatología de la toxicidad por monóxido de carbono.....	44

## Lista de tablas

<b>Tabla 1-1</b> Variables de análisis.....	33
<b>Tabla 2-2:</b> Propiedades fisicoquímicas del CO .....	40
<b>Tabla 2-3:</b> Niveles de carboxihemoglobina y efectos .....	44
<b>Tabla 2-4:</b> Valor límite permisible de exposición a CO laboral, ambiental y residencial ..	50
<b>Tabla 2-5:</b> Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio establecidos en la Resolución 610 de 2010 .....	51
<b>Tabla 3-6</b> Mediciones.....	29
<b>Tabla 3-7:</b> Caracterización Sociodemográfica De 49 Bomberos Aeronáuticos 2018	56
<b>Tabla 3 8:</b> Medidas de tendencia central y dispersión de constantes fisiológicas .....	59
<b>Tabla 3-9:</b> Medidas de tendencia central y dispersión de constantes fisiológicas. ....	60
<b>Tabla 3-10:</b> Antecedentes personales y de exposición, reportados en la anamnesis.....	61
<b>Tabla 3-11:</b> Examen clínico cardiovascular. Condición física.....	63
<b>Tabla 3-12:</b> Resultados del electrocardiograma.....	65
<b>Tabla 3-13:</b> Test t-student muestra pareada .....	68

## Lista de gráficas

<b>Gráfica 3-1:</b> Frecuencia absoluta variable sexo .....	57
<b>Gráfica 3-2</b> frecuencia Absoluta Variable edad por rangos de edad .....	57
<b>Gráfica 3-3</b> Frecuencia absoluta- experiencia laboral .....	58
<b>Gráfica 3-4:</b> Tensión arterial.....	38
<b>Gráfica 3-5</b> ¿Cuándo fue la última vez que fumo? .....	62
<b>Gráfica 3-6</b> Diagnostico electrocardiográfico .....	64
<b>Gráfica 3-7</b> %COHb pre-turno .....	67
<b>Gráfica 3-8</b> %COHb post- turno.....	67

## Lista de abreviaturas

### **Abreviatura Término**

---

CDC	Centros para el Control y Prevención de Enfermedades de los Estados Unidos
CoHb	Carboxihemoglobina
CONAMA	Comisión Nacional del Medio Ambiente de Chile
CO	Monóxido de carbono
CKmb	Creatinquinasa miocárdica
DHHS	Departamento de Salud y Servicios Humanos
DHL	Deshidrogenasa Láctica
EPA	Agencias de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos
Hb	Hemoglobina
HTA	Hipertensión arterial
IAM	Infarto agudo de miocardio
IMC	Índice de masa corporal
PCR-us.	Proteína C reactiva ultrasensible
Ppm	Partes por millón
SSIE	Servicio de Salvamento y Extinción de Incendios
TOXICAO	Grupo de Investigación en Toxicología Ambiental y Ocupacional
VSG	Velocidad de sedimentación glomerular
VLB	Valor límite biológico

# Introducción

El monóxido de carbono (CO) es un gas incoloro e inodoro, no es irritante, pero es sumamente tóxico. Compuesto por un átomo de carbono y uno de oxígeno, que se forma en la naturaleza por oxidación del metano, proveniente de la descomposición de la materia orgánica, siendo la principal fuente antropogénica, la quema incompleta de combustibles carbónicos tales como la gasolina, el gas natural, el petróleo, el carbón, la madera y otros materiales como el tabaco (1,2).

La emisión de CO por vehículos de motor de combustión interna, es la principal causa de las concentraciones de dicho gas en recintos cerrados y en menor medida la actividad industrial, la calefacción habitacional y la combustión de desperdicios; concentraciones elevadas de este gas, se generan en la atmósfera baja de centros urbanos e industriales (3).

Los problemas cardíacos asociados con exposición aguda o crónica a CO se describen generalmente como lesión miocárdica tardía o inducida que va desde lesiones transitorias, a la disfunción contráctil y la necrosis (4).

Además de las exposiciones accidentales, también es importante tener en cuenta la exposición a CO, como resultado de la exposición laboral, entre los trabajadores que están directa y crónicamente expuestos a este gas (5).

Las alteraciones electrocardiográficas más frecuentemente descritas por exposición al CO son infra-desnivel y supra-desnivel del segmento S-T, prolongación del intervalo Q-T, inversión de la onda T y arritmias. Estas últimas (las arritmias) suelen ser de tipo supra-ventricular (6).

Este proyecto estuvo dirigido al personal del Servicio de Salvamento y Extinción de Incendios (SSIE) que desarrollan sus actividades en un aeródromo de la ciudad de Bogotá D.C. A esta población se le realizó historia clínica toxicológica, toma de electrocardiograma y del biomarcador carboxihemoglobina (%COHb).



# Capítulo 1

## Justificación y planteamiento del problema.

El Monóxido de carbono CO es uno de los mayores contaminantes atmosféricos; siendo los vehículos las principales fuentes de emisiones, además de otras, como la industria y los gaso-domésticos. La operación de automóviles en estructuras cerradas y el uso de maquinaria con sistema de combustión interna como motosierras, espadas de corte, equipos de extricación, etc., emiten gases, los cuales en espacios cerrados tienen una recirculación constante; presentandodos principales preocupaciones, siendo la más grave la emisión de CO (objeto del presente estudio) y la segunda, la emisión de dióxido de nitrógeno secundaria a la combustión de petróleo y derivados del mismo. Dichos contaminantes deben ser controlados, cuando las concentraciones se aproximan a niveles inseguros (200 ppm), por la necesidad de generar instalaciones con un ambiente laboral seguro (7) y ofrecer condiciones laborales que prevengan la aparición de efectos en la salud de los trabajadores.

Este gas toxico produce hipoxia tisular; dada la afinidad de dicho gas con la hemoglobina, siendo mayor que la del oxígeno en relación de 1:210-270 veces, teniendo como órganos blanco cerebro y corazón. Una vez el CO se une a la hemoglobina forma la carboxihemoglobina, alterando el transporte del oxígeno a las células del organismo causando efectos agudos y crónicos en la salud, de los cuales se han documentado: arritmias, cambios en segmento ST e hipertensión arterial, asociados a bajos niveles de exposición durante largos periodos de tiempo (6).

El contenido de CO de origen vehicular, varía por factores como, modelo del vehículo, mantenimiento, ajustes del carburador, condición del inyector, calidad y tipo del

combustible, tipo de motor y los hábitos de conducción, mientras que los niveles de CO en los garajes van a depender del número de vehículos en funcionamiento, duración del trayecto, tiempo de funcionamiento del vehículo en el estacionamiento, velocidad de emisión del vehículo, nivel aceptable de contaminantes dentro del estacionamiento, y las instalaciones (7). Al igual, el contenido de CO en equipos menores de combustión interna dependerá del uso, del lugar de encendido, de uso o no de aditivos como aceite y aceleradores.

Según reporte del observatorio ambiental en Bogotá para el 2015, la circulación estimada del tamaño del parque automotor fue de 1.567.155 vehículos, los cuales generan diariamente a la atmósfera toneladas de partículas, gases y vapores contaminantes (8).

Los vehículos automotores impulsados por motores diesel son la fuente de mayor impacto sobre la exposición de una fracción importante de la población a altas concentraciones de material particulado. Entre las fuentes móviles, estos vehículos son responsables del 80% de las emisiones de material particulado, 60% de las emisiones de óxidos de nitrógeno, 65% de las emisiones de óxidos de azufre y, atípicamente, 50% de las emisiones de monóxido de carbono (2500 toneladas/día). (9)

El CO de origen vehicular es producto de la combustión incompleta del combustible y se emite directamente por los tubos de escape de los vehículos. Esta combustión es mayor cuando las proporciones entre aire y combustible son bajas en el momento del arranque (10)

El aeropuerto internacional El Dorado, es el principal aeródromo del país, y ocupa el tercer lugar en Latinoamérica en cuanto a movilización de pasajeros y el principal aeropuerto en carga de la región. Dada su categoría I, según el Reglamento Aeronáutico de Colombia, en el capítulo I especifica que los aeródromos deben poseer equipos adecuados de emergencia para extinción de incendios, de primeros auxilios y de salvamento (bomberos aeronáuticos) (11), quienes deben realizar diferentes actividades preventivas y correctivas en las que pueden presentarse exposición a CO.

Los bomberos aeronáuticos son un grupo especializado, de carácter oficial, adscrito y vigilado por la Autoridad Aeronáutica Colombiana y coordinado por la Dirección Nacional de Bomberos para la gestión integral del riesgo contra incendio, los preparativos y atención de rescates en todas sus modalidades y la atención de incidentes con materiales

peligrosos y demás calamidades conexas propias del sector aeronáutico y se diferencian de los bomberos oficiales y voluntarios en que los bomberos oficiales son creados por los Concejos Distritales o Municipales para el cumplimiento del servicio público para la gestión integral del riesgo contra incendio, los preparativos y atención de rescates en todas sus modalidades y la atención de incidentes con materiales peligrosos en su respectiva jurisdicción y los bomberos voluntarios son organizados como asociaciones sin ánimo de lucro, de utilidad común y con personería jurídica expedida por las Secretarías de Gobierno Departamentales, organizadas para la prestación del servicio público para la gestión integral del riesgo contra incendio, los preparativos y atención de rescates en todas sus modalidades y la atención de incidentes con materiales peligrosos (12).

La población del SSEI cuenta con una programación de actividades trimestrales en las que se destacan: chequeo de equipos, revisión con motor encendido de vehículos y de maquinaria con sistema de combustión interna operadas con diésel, como motosierras, espadas de corte, equipos de extricación, inspección de extintores, evaluación perimetral con uso de vehículo que permite recorrido en aeródromo, servicio de asistencia en tanqueo de aeronaves, atención de derrames de combustible y derivados del petróleo y atención de emergencia entre otras. Durante dichas actividades el personal está directamente expuesto a inhalar los gases emitidos por estos vehículos y maquinaria durante su jornada laboral tanto en espacios abiertos como cerrados.

Si bien en nuestro país se han adelantado estudios sobre el comportamiento cardiovascular y electrocardiográfico en pobladores y trabajadores expuestos crónicamente al CO, este grupo laboral del SSEI no ha sido investigado, lo que motivo la realización del presente estudio. Este trabajo de tesis busco explorar la prevalencia de los hallazgos clínicos cardiovasculares y electrocardiográficos en un grupo específico de individuos expuestos laboralmente al CO, por medio de la relación de la historia clínica toxicológica, electrocardiograma y análisis de nivel de carboxihemoglobina de cada trabajador.

Posterior a dicha caracterización, se aportó información que contribuye al conocimiento acerca de efectos de la exposición a CO, para reforzar la necesidad de un ambiente laboral seguro.

En la revisión de literatura se observó la asociación de exposición a CO y hallazgos electrocardiográficos, en diferentes escenarios, como restaurantes, garajes, industria y automotor. Asociados a eventos fatales en casos de exposición aguda como principal causa de muerte por CO en hogares.

En Colombia, se observó que los estudios están direccionados a la población que se expone en la industria y en reportes clínicos de ciencias forenses.

Durante la revisión bibliográfica sobre CO se encontró que los Estados Unidos son uno de los principales países que ha estudiado el tema durante las últimas dos décadas, concentrándose en el estudio de los efectos del CO en general y en casos agudos de intoxicación a manera de reportes de casos, intentos de suicidio y accidentales, sin reporte de exposición en poblaciones laborales específicas. Se ha publicado suficiente información sobre la intoxicación por CO en la literatura médica, sin embargo, Colombia se ha destacado desde el 1990, por realizar estudios y publicaciones acerca de CO; pero hasta este momento, no se han caracterizado los hallazgos electrocardiográficos en personal de Servicio de Salvamento y Extinción de Incendios expuestos a CO, ya que los estudios realizados hasta el día de hoy se basan en información de población laboral y general expuestas a CO en otras condiciones.

El 20% de la producción total de CO según reporte de Argentina, es atribuido a la industria, donde los trabajadores más expuestos son los de la industria metalífera, mineros, mecánicos, almacenes de carga y descarga si usan maquinaria de combustión interna para el traslado o grupos electrógenos (máquina que mueve un generador eléctrico a través de un motor de combustión interna) en ambientes mal ventilados (13).

En un estudio retrospectivo, realizado en Corea del Sur, de enero 2006 a febrero 2012, encontraron 50 casos de envenenamiento por CO que fueron diagnosticados y tratados en el servicio de urgencias, los cuales se revisaron retrospectivamente evidenciando lesión miocárdica en el 20% de los pacientes (14).

La universidad de León de España, en el 2014, realizó un estudio con el objetivo de analizar la exposición al CO a la que se ve sometido el personal especialista de extinción de incendios forestales durante la extinción de los mismos en función del tipo de trabajo realizado y del modelo de combustible implicado, los incendios fueron divididos en función del tipo de trabajo realizado (ataque directo, indirecto y combinado) y del combustible

presente (pasto, matorral, bajo arbolado y mixto), concluyendo que las exposiciones de CO analizadas se vieron influidas por el tipo de combustible y trabajo desempeñado (15).

En la Universidad de Oriente Núcleo Bolívar de Venezuela, en el año 2010 se realizó el estudio, donde se quería señalar la exposición ambiental a CO en trabajadores del Terminal de Pasajeros de Ciudad Bolívar, por lo que realizaron mediciones de %COHb a una población de 63 individuos y evidenciaron que el 28,57 % de los trabajadores estudiados presentaron niveles altos de %COHb, donde el valor más alto reportado fue de 18.7% (16).

En la Universidad de San Carlos de Guatemala, en el año 2011 se realizó un estudio, donde se pudo demostrar que las trabajadoras de tortillerías cocinadas a base de leña tienen un porcentaje promedio de saturación de %COHb de 20.06%, y se pudo concluir que esta población presentan concentraciones de CO que constituyen un riesgo para su salud (17).

Con este trabajo de investigación se buscó aportar un estudio a la línea de investigación de la toxicología del Monóxido de Carbono que pertenece al Grupo de Investigación en Toxicología Ambiental y Ocupacional - TOXICAO, dentro de la cual se han realizado numerosos proyectos de investigación y tesis de maestría con el fin de ampliar el conocimiento relacionado con afectación en la salud por la exposición a monóxido de carbono.

## **Pregunta de investigación**

¿Cuál es la prevalencia de hallazgos clínicos cardiovasculares y electrocardiográficos, en el personal SSEI expuestos de manera crónica a monóxido de carbono?



## ■ **Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Determinar la prevalencia de hallazgos cardiovasculares y electrocardiográficos, por exposición ocupacional a monóxido de carbono, en personal de salvamiento y extinción de incendios en la ciudad de Bogotá D.C. en el 2018

#### ■ **Objetivos específicos**

- Caracterizar el perfil sociodemográfico de los trabajadores del estudio.
- Determinar la proporción de hallazgos cardiovasculares, en una población laboral expuesta a monóxido de carbono por medio de una valoración médica toxicológica y un electrocardiograma
- Describir los principales hallazgos cardiovasculares, de una población laboral, expuesta a monóxido de carbono por medio de una valoración médica toxicológica y un electrocardiograma.
- Determinar niveles de carboxihemoglobina en una población laboral expuesta a monóxido de carbono
- Relacionar el resultado de historia clínica, carboxihemoglobina y electrocardiograma de la población a estudio.

## Metodología

El presente estudio se realizó en la ciudad de Bogotá D.C, por ser la capital y contar con el aeródromo más grande del país. Se seleccionó al personal de SSEI para el estudio, dada las actividades diarias que realizan con equipos de combustión generadores de CO, dichas actividades son: chequeo de equipos, revisión con motor encendido de vehículos y de maquinaria con sistema de combustión interna como motosierras, espadas de corte, equipos de extricación, inspección de extintores, evaluación perimetral con uso de vehículo que permite recorrido en aeródromo, servicio de asistencia en tanqueo de aeronaves, atención de derrames de combustible y derivados del petróleo, atención de emergencia entre otras. Dichas actividades son realizadas en espacios abiertos o cerrados, según la necesidad misma del servicio.

### 1.4.1 Tipo de estudio

Se realizó un estudio epidemiológico descriptivo de corte transversal (18).<sup>13</sup>

Se seleccionó este tipo de diseño epidemiológico, dado que el objetivo de este trabajo es conocer la proporción de individuos que presentan hallazgos cardiovasculares, electrocardiográficos, y los niveles del biomarcador de CO en sangre “Carboxihemoglobina” en una población laboralmente expuesta.

Para la realización de este proyecto se estudió una población de individuos expuestos laboralmente a CO durante el mes de marzo y abril del 2018, a quienes se les realizó una historia clínica toxicológica con énfasis en el sistema cardiovascular, un electrocardiograma y toma de dos muestras de sangre, una al inicio de la jornada laboral y otra al finalizar; por motivos de logística en la operación del aeropuerto y las actividades del SSEI fue autorizado realizar el estudio en el turno de 24 horas.

Con esta investigación se dio continuidad al estudio previo de la línea del monóxido de carbono, realizado en la maestría de toxicología de la Universidad Nacional de Colombia, donde se tomó diferentes eventos en salud que se tuvieron en cuenta para la realización de dicha tesis, enmarcadas como “alteraciones clínicas cardiovasculares y electrocardiográficas que pueden ser provocadas por la exposición a monóxido carbono”,

donde la población laboral correspondió a los trabajadores del sector siderúrgico, la producción de cal y el proceso de minería extractiva de hierro en el departamento de Boyacá (6).

### 1.4.2 Área geográfica del estudio

Este estudio se desarrolló en el Aeropuerto internacional El Dorado ubicado en la localidad de Fontibón de la ciudad de Bogotá, Colombia (Figura 1-1)

**Figura1-1** Mapa aeropuerto internacional El dorado



**Fuente:** Imagen por cortesía del Teniente Quemba, bombero aeronáutico

### 1.4.3 Universo y muestra de estudio

#### ▪ Universo

El universo fue el número de funcionarios de SSEI del aeropuerto internacional El Dorado, donde la base de bomberos reporto contar con 72 empleados.

## ▪ **Calculo del tamaño de la muestra**

El tamaño de la muestra se calculó a partir de una formula específica para poblaciones finitas. Se tomó como error estándar el 5%, una prevalencia estimada del 10%, (que corresponde a la morbilidad por enfermedad cardiovascular en Colombia) (6):

$$n = \frac{z^2 \times p \times q \times N}{e^2 \times (N - 1) + z^2 \times p \times q}$$

Valor n: Tamaño de muestra calculado con ajuste por población finita.

Valor N: Total de la población= 72 participantes.

Valor z<sup>2</sup>: Nivel de confianza (para un nivel de confianza de 95%)(Z=1.96)

Valor p: Proporción esperada (en este caso 10%= 0.1)

Valor q: 1-p (1-0,1= 0.9)

Valor e: Error estándar =5%

$$n: \frac{(1,96)^2 * 0,1 * 0,9 * 72}{0,05^2 * (72 - 1) + (1,96)^2 * 0,1 * 0,9} = 47,5$$

Aplicando la formula anterior a una población finita de 72 bomberos, tenemos como resultado que el tamaño de muestra fue de 47,5 bomberos. Del total de la población finita, 49 manifestaron deseo de participación por medio de un consentimiento informado.

## **Mediciones ambientales de CO.**

Previo a la selección de la población y bajo la autorización del personal de bomberos se realizó una medición CO producido por equipos de baja densidad, entendidos como plantas eléctricas, motosierras, equipos de extricación, utilizados por el cuerpo de bomberos por medio de un protocolo como instrumento para dicha actividad (Anexo A), con el fin de identificar el factor de riesgo de exposición laboral.

### **1.4.4 Población laboral**

La población laboral estuvo conformada por 72 bomberos distribuidos en tres compañías, las cuales se dividen en dos grupos, cada uno con un número entre 10 a 13 personas, para cubrir dos bases de bomberos una norte y otra sur. Su programación de turnos es rotativa de 8, 16 y 24 horas y las tareas realizadas por los bomberos se distribuyen así:

- Ingreso a las 08:00 horas
- Revisión de equipos y maquinaria (vehículos, motosierras, platos, equipos de extricación, espadas de corte), duración 45 min
- Acondicionamiento físico, duración 90 min
- Arreglo personal, duración 60 min
- Perimetrales (desplazamiento en vehículo tipo camioneta con velocidad promedio de 40 km/h), sin especificar tiempo (a necesidad del servicio)
- Almuerzo
- Capacitación, entrenamiento o actividad programada; 120 min
- Servicio nocturno: inspección, asistencia, guardia
- Finalización de turno: 08:00

Las actividades diarias están establecidas y sujetas a los requerimientos y necesidades de la operatividad del aeropuerto, tales como emergencias en aeronaves o en la infraestructura, derrame de combustible o derivados del petróleo, eventos de materiales peligrosos, entre otros, donde es obligatorio el uso de equipo de bomberos y dependiendo del tipo de evento y de la complejidad se define uso de mascarillas, auto-contenidos, caretas, entre otros elementos de protección.

Durante la atención de un evento de emergencia las máquinas de bomberos, logran en 24 segundos, una velocidad de 0 a 80 Km/h.

### **1.4.5 Criterios de inclusión y exclusión**

Para el desarrollo de la investigación se invitó a los 72 bomberos del SSIE del aeródromo de Bogotá, de los cuales 49 firmaron consentimiento informado y aceptaron participar, se realizó selección de la muestra con previo cumplimiento de criterios de inclusión y exclusión, para control de sesgos que pudieran alterar los resultados del estudio y para así mismo, establecer factores éticos de la investigación.

Toda la población elegida cumplió los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

▪ **Criterios de inclusión**

- Vinculación laboral mayor a 2 años.
- Aceptación voluntaria de participación en el estudio, por medio del consentimiento informado.

▪ **Criterios de exclusión**

Ninguno

### **1.4.6 Variables**

Las variables de la presente investigación se clasificaron entre cuantitativas y cualitativas con lo que se pudo valorar la prevalencia de hallazgos cardiovasculares, y evaluar el estado actual del electrocardiograma, los niveles de carboxihemoglobina y estilo de vida de cada participante, como se muestra en la Tabla 1-1:

Tabla 1-1 Variables de análisis.

VARIABLE	Definición Conceptual	Definición operacional	Tipo	Unidad de la variable
SEXO	Condición orgánica al momento de nacer, masculino femenina	Masculino Femenino	categoría	Hombre Mujer
EDAD	Tiempo de vida en años	18 A 23 AÑOS 24 A 29 AÑOS 30 A 35 AÑOS 36 A 41 AÑOS 42 A 47 AÑOS 48 A 53 AÑOS 53 A 58 AÑOS >59 AÑOS	Qualitative	Años
INDICE DE MASA CORPORAL	relación peso talla	<18.5 >18.5-24.99 >25.00-29.99 >30	CUANTITATIV A	Kg/m <sup>2</sup>
TABAQUISMO	Hábito de fumar	Sí/no	Cualitativa	Sí/no
TIEMPO DE HABITO DE FUMAR	En caso de si a la respuesta anterior; tiempo de consumo de cigarrillo	<1año >1 a 5 años 5 a 10 años 10-15años 15-20 años >20 años	Cuantitativa	Rango de años
FRECUENCIA DE CONSUMO	Numero de cigarrillos al día	<5 x día 6-10 x día 11-16 x día 17-22 x día >23 x día	Cuantitativa	Unidad de cigarrillo/día a a
CALCULO DE NUMERO : PAQUETE/AÑO	Número de cigarrillos que fuma al día multiplicado por número de años que lleva fumando, y dividido entre 20.	>1 A 10 Paq/año 10 a 20 paq/año 20 a 30 paq/año 40 a 50 paq/año >50 paq/año	Cuantitativa	Numero de paq/año
HASTA HACE CUANTO FUMÓ	Tiempo en años de retro de cigarrillo	1-5 años 6-10 años 11-15 años 16-20 años >21 años	Categórico	Rango de años
ANTECEDENTE LABORAL EN BOMBEROS AERONAUTICOS	Tiempo en años de vinculación laboral	1 - 10 años 11 - 20 años 21 - 30 años 31 - 39 años	Categórico	Rango de años
ACTIVIDAD FISICA (mínimo 30 minutos al día por lo menos 3 veces a la semana)	Realiza ejercicio físico	Sí/no	Cualitativa	Sí/no
TENSION ARTERIAL	presión que ejerce la sangre contra la pared de las arterias	Normal: sis:130-139 Dis70-89 HTA estadio 1: Sis: 140-159 dis 90-99 HTA estadio 2 sis>160-179	cuantitativo	Mm/Hg
FRECUENCIA CARDIACA	Latidos del corazón por minuto	<60 Latidos por minuto 60-100 latidos por minute >100 latidos por minuto	cuantitativo	Rango latidos por minuto

Fuente: Autor.

Tabla 1-1 (continuación)

<b>ANTECEDENTES MÉDICOS</b>	Condición médica actual del individuo	Diabetes Consumo de alcohol Consumo de sustancias psicoactivas Patologías coronarias Patologías respiratorias	Cualitativa	Si/no
<b>HALLAZGO ELECTROCARDIOGRÁFICO</b>	Alteración en el ritmo del corazón registrado en un papel con un electrocardiógrafo	Frecuencia cardíaca Bradicardia Taquicardia sinusal Fibrilación atrial Arritmia ventricular Alteración del segmento ST Bloqueos Inversión de la onda T Intervalo QT Intervalo PR Complejos QRS	Cualitativa	Si/no
<b>CARBOXIHEMOGLOBINA</b>	Porcentaje en sangre del resultante de la unión de la hemoglobina con el monóxido de carbono	Valor límite biológico <3.5% Levemente elevado 3.51-9.99% Leve 10-20% Moderado: 20-40% Severo: 40 -70% Muerte>70%	cuantitativo	porcentaje
<b>TAREA ASIGNADA</b>	Actividad realizada durante su turno	Revisión de equipo y maquinaria. Inspección de elementos de protección personal. Inspección de extintores. Perimetral. Servicio de asistencia Derrame de combustible y derivados del petróleo Atención de emergencias	Cualitativa	Si/no
<b>ANTECEDENTES DE INTOXICACION AGUDA POR CO</b>	Exposición previa y aguda al CO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si</li> <li>• No</li> </ul>	Cualitativa	Si/no

Fuente: Autor.

## **Recolección de datos, muestras y toma de electrocardiograma**

### **1.5.1 Recolección de datos**

Para el inicio de la investigación fue necesario realizar comunicación con personal de bomberos, quienes permitieron la realización del estudio en la estación de bomberos aeronáuticos. Posterior a la autorización se realizó seguimiento de la población durante el primer semestre del 2017, permitiendo durante dicho periodo, el reconocimiento de base de bomberos norte y sur, ubicados en el Aeropuerto internacional El Dorado, la identificación de áreas de trabajo y actividades asignadas, además de aportar documentación como cuadros de distribución de compañías y secuencias de turno.

Durante el segundo semestre del 2017 se realizó el convenio financiero para el desarrollo del trabajo de investigación.

En el primer semestre del 2018 se socializo el trabajo de investigación con la población de estudio, la cual se realizó a los cuatro grupos programados por lista de turnos, para cubrir toda la población laboral de 72 bomberos, se dio a conocer el estudio y sus objetivos, se obtuvo el consentimiento informado por escrito de 49 participantes. El resto de la población no aceptó participar por motivos personales, otros por encontrarse en periodo de vacaciones o en incapacidad médica.

Cada actividad con el participante se respaldó con la firma del consentimiento informado (Anexo D), previa charla informativa, acerca del tipo de procedimiento, posibles riesgos y recomendaciones.

Una vez obtenido el consentimiento informado se procedió a realizar la historia clínica toxicológica, el electrocardiograma y la toma de muestras sanguínea para análisis de %COHb.

### **1.5.2 Muestras Sanguíneas**

Para el proceso de recolección, transporte y almacenamiento de la muestra, se adoptó la Guía para toma de muestra del Departamento de Toxicología de la Universidad Nacional

de Colombia. Anexo B Guía denominada para la toma de muestra (19), dichas muestras fueron procesadas en el laboratorio de toxicología de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia.

El 68% (49) de bomberos aeronáuticos del SSEI del Aeropuerto Internacional El Dorado, aceptaron por medio del consentimiento informado, participación voluntaria en la investigación y extracción de dos muestras de sangres una al inicio y otra al finalizar la jornada laboral de un turno de 24 horas, con el fin de establecer niveles de %COHb; una vez realizada la toma de muestras, estas eran transportadas con su correspondiente registro de toma de muestras (Anexo C) y en nevera portátil para mantenerlas refrigeradas a una temperatura de 2 a 8 ° C, al laboratorio de toxicología de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia, donde se analizaron por medio de espectrofotometría UV-VIS

### **1.5.3 Electrocardiograma**

Se realizó electrocardiograma (ECG) por medio del electrocardiógrafo portátil, interpretativo de tres canales, de operación manual y automática, modelo Cardiovit HT, marca Shiller Well Allyen, Suizo, con doce electrodos, que registró la conducción eléctrica cardíaca. El equipo es propiedad del Departamento de Toxicología de la Universidad Nacional de Colombia, con su respectiva calibración, y consignación de datos en formato de registro electrocardiográfico (Anexo. C). El ECG se realizó en un espacio asignado en la base de bomberos norte y sur del aeropuerto internacional El Dorado, y la lectura correspondiente de los ECG fue realizada por la tesista y revisado y confirmado por el Dr. Guillermo Mora, medico-cardiólogo, codirector de la tesis.

### **1.5.4 Valoración médica toxicológica**

La valoración médica toxicológico inicio con recolección de datos personales, antecedentes laborales, de exposición, patológicos personales y familiares, toma de signos vitales y examen físico con uso de fonendoscopio marca Littmann classic II, tensiómetro GMB diagnostic, Pulsioxímetro marca Facelake, bascula digital calibrada. (Anexo C)

### 1.5.5 Recolección de datos

Se obtuvo datos por diligenciamiento de historias clínicas, interpretación de electrocardiograma y reporte de %COHb por parte del Laboratorio de Toxicología de la Universidad Nacional de Colombia (Anexo C). La información recolectada se ingresó a una base de datos en Excel, una vez tabulados se procedió al análisis de datos.

## ■ Consideraciones Éticas

El presente estudio, se realizó basado en la “DECLARACION DE HELSINKI DE LA ASOCIACION MEDICA MUNDIAL”, como principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos (20), bajo la autorización de cada participante por medio del consentimiento informado. Y las disposiciones de las normas científicas para el desarrollo de investigación en salud de la REPUBLICA DE COLOMBIA, MINISTERIO DE SALUD, RESOLUCION N° 008430 DE 1993, (4 DE OCTUBRE DE 1993) (21).

La presente investigación se clasifica como, investigación de riesgo mínimo, según, el artículo 11 de la resolución 008430 de 1993.

La realización de esta investigación, se llevó a cabo, por observación a trabajadores expuestos laboralmente a CO, por medio de un examen físico con énfasis en el sistema cardiovascular, con su respectiva historia clínica toxicológica y ayudas complementarias como el electrocardiograma y toma de 2 muestras de sangre (cada una de 10 ml) para realizar carboxihemoglobina al inicio y final de la jornada, bajo los principios de “buenas prácticas clínicas” resolución 2378 de 2008 (22).

Para el desarrollo de dicha actividad, la investigación se basó en principios éticos, fundamentados así:

Se dio información clara y precisa a los trabajadores, acerca del tipo de investigación, objetivo de la misma y metodología a realizar, es decir se les informó acerca de la realización de la historia clínica toxicológica, la toma del electrocardiograma y la extracción de sangre, para realización de carboxihemoglobina, por personal idóneo, se explicó riesgo por la extracción de sangre, confidencialidad de la información, la cual tendrá un único uso en el presente trabajo, se respetó creencias religiosas y dignidad de cada participante

Posterior a la entrega verbal de la anterior información, se explicó a los trabajadores, que la participación en el estudio es de libre aceptación y voluntaria, sin contraprestación económica, esta aceptación se respaldado con la firma del consentimiento informado (Anexo D), con la claridad que el trabajador podía abandonar el estudio en cualquier momento, sin ninguna implicación. Y que no serían sometidos a ningún tipo de riesgo inmediato, a mediano ni largo plazo, no hubo cambios en su actividad laboral durante la realización del estudio, ni cambios fisiológicos como resultados del mismo.

Los resultados obtenidos del estudio, solo serán utilizados con fines académicos dentro de este proyecto, con la adecuada confidencialidad de cada participante; quienes a su vez tendrán derecho de obtener dicho resultado con su respectiva recomendación si hubiera lugar a ello.

El presente trabajo de investigación cuenta con el concepto aprobatorio del Comité de Ética de investigación de la Facultad de Medicina, de la Universidad Nacional de Colombia, en acta de evaluación N°008-108-7 del 25 de mayo del 2017 firmado por el Doctor Carlos Arturo Guerrero Fonseca, presidente de comité de ética. (Anexo E).

## 2. Capítulo 2

### ■ Marco Teórico

#### 2.1.1 Generalidades

#### 2.1.2 Características fisicoquímicas del CO

Este gas, es un contaminante primario, conformado por un átomo de carbono y otro de oxígeno, unidos por dos enlaces covalentes y un enlace covalente dativo, sin electrones desapareados. (Tabla.2.2). Este compuesto químico reactivo, puede formar ligandos con varios minerales y los iones especialmente hierro y cobre. El CO no tiene características organolépticas, dado que, es un gas inodoro, incoloro, insípido no irritante y tóxico, con una densidad de 0,97 siendo más liviano que el aire. En la mayoría de casos, el CO se mezcla de manera uniforme en aire turbulento (5).

**Tabla 2-2:** Propiedades fisicoquímicas del CO

NOMBRE	Monóxido de carbono
FORMULA	CO
No CAS	630-08-0
PESO MOLECULAR	28 g/mol
PUNTO DE EBULLICION	-192.15°C
DENSIDAD	0,001145g/cm <sup>3</sup>
SOLUBILIDAD	Baja solubilidad en agua, mayor solubilidad en etanol y acetato de etilo

**Fuente:** Manual para el análisis toxicológico en el laboratorio de urgencias (23).

La intoxicación por CO, es la principal causa de muerte por intoxicación no intencional en países occidentales según los reportes del Centro para el Control y Prevención de Enfermedades de los Estados Unidos (CDC), al menos 430 personas mueren por intoxicación accidental con CO y alrededor de 50 000 personas van a la sala de emergencias cada año en los EE. UU. debido a intoxicaciones accidentales con CO (24).

### 2.1.3 Fuentes de monóxido de carbono

La concentración atmosférica de CO en el aire, normalmente es de 0,1ppm, de la cual un 90% es producido por microorganismos marinos y el restante es resultado de actividades derivadas por el hombre como incendios, gaso-domésticos y principalmente automotores (25).

Se encuentran dos fuentes de producción de este gas: las fuentes naturales y las fuentes antropogénicas (6).

En las fuentes naturales: La producción endógena de CO ocurre durante el catabolismo del hemo por la hemooxigenasa pero no debe producir niveles de %COHb mayores al 1%; sin embargo, en la anemia hemolítica, el %COHb puede aumentar de 3% a 4% (26), en cantidades fisiológicas el CO se encuentra en el cuerpo humano. Y como fuentes antropométricas: encontramos todos los tipos de hornillos que funcionan en base a queroseno, carbón, propano, petróleo, leña, calefacción, las fuentes industriales y los motores de automóviles que llegan a producir la liberación de este gas y que se puede

acumular en ambientes cerrados como son los estacionamientos. El consumo de tabaco, también es considerado como una fuente importante de producción de CO, ya que diversos estudios han determinado que en individuos fumadores el nivel de carboxihemoglobina presente en su organismo es elevado en comparación a un individuo no fumador (27).

El adulto promedio consume 14 Kg de aire, mientras que solo requiere 1,4 kg de alimento y 2 kg de agua, esta es la razón de la importancia de generar ambientes laborales seguros (28).

### **2.1.4 Toxicología del monóxido de carbono**

#### **2.1.5 Toxicocinética**

##### **▪ ABSORCIÓN**

El CO se absorbe por vía inhalatoria, donde después de ser inhalado se difunde rápidamente a los alveolos. La absorción de este gas, depende del tiempo de exposición, de la edad del individuo, la realización o no de actividad física durante el tiempo de exposición, está regulada por la relación superficie pulmonar/masa corporal, el volumen respiratorio/minuto, la perfusión pulmonar y el gradiente de concentración del CO entre el aire alveolar y la sangre alveolar (13)

##### **DISTRIBUCIÓN**

Cuando el CO se encuentra en el torrente sanguíneo, se une a la hemoglobina dada su mayor afinidad por el oxígeno, dando formación a la carboxihemoglobina y así es transportado a todos los tejidos. El CO al ingresar por vía respiratoria hasta los alveolos, continua por el torrente sanguíneo, compitiendo con el oxígeno por la unión a proteínas, principalmente con la hemoglobina, la mioglobina y las citocromo c-oxidasas, que tienen mayor afinidad por el CO que por el oxígeno (23). Como resultado se desplazan la curva de disociación de la hemoglobina a la izquierda, lo que va a impedir que el oxígeno restante pueda ser transportado a los tejidos, lo que conlleva a hipoxia celular (13).

## ▪ BIOTRASFORMACIÓN

El CO solo sufre una transformación del 1%, mediante la cual se metaboliza a CO<sub>2</sub> en el hígado hacia dióxido de carbono (13).

## ▪ ELIMINACIÓN

Del CO absorbido, se elimina en un 50% sin cambios, por vía respiratoria. La vida media en personas sanas que respiran aire ambiente, oscila entre 3 a 4 horas, disminuyendo conforme se aumente la presión parcial de oxígeno en el aire inspirado (13).

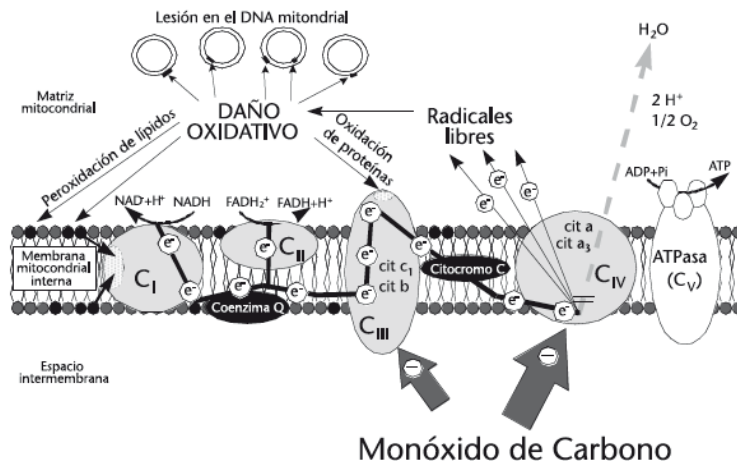
### 2.1.6 Toxicodinamia

El CO utiliza diferentes mecanismos de toxicidad, en la (Figura 2-3): se presenta algunos de los mecanismos:

1. El principal mecanismo de toxicidad está dado por la gran afinidad de la hemoglobina con el CO que por el oxígeno, hasta 210 veces, formando carboxihemoglobina, dado que los cuatro sitios de unión de la hemoglobina con el oxígeno son ocupados por el CO, con lo cual desplaza el oxígeno al reducir la capacidad de transporte de oxígeno, lo que lleva a hipoxia celular (13). Esto sugiere que los efectos tóxicos del CO resultan del impacto global de la inhibición del CO en el suministro de oxígeno, así como en la unión a proteínas celulares que contienen hemo. Además de la Hb, el CO se une a otras proteínas que contienen hemo, incluida la mioglobina en el corazón y el músculo esquelético, el citocromo c oxidasa mitocondrial y la guanilil ciclasa (5).
2. El CO produce alteración del metabolismo oxidativo con la producción de radicales libres de oxígeno. La unión del CO a las citocromo - c – oxidasas genera alteración en la respiración celular y en la producción de adenosin trifosfato (ATP), lo que produce hipoxia celular, acidosis metabólica con elevación del lactato y oxidación de ácidos nucleicos y proteínas esenciales, con lo cual, finalmente produce lesión y muerte celular (27).
3. La cadena respiratoria mitocondrial de los linfocitos presenta un descenso en la actividad respiratoria con formación de radicales libres e incremento de daño

oxidativo de otras moléculas, y el bloqueo de tránsito de electrones, principalmente al inhibir la actividad enzimática, lo que permite la presencia de síntomas hasta después de 14 días de la exposición aguda. Figura 2-2 (29).

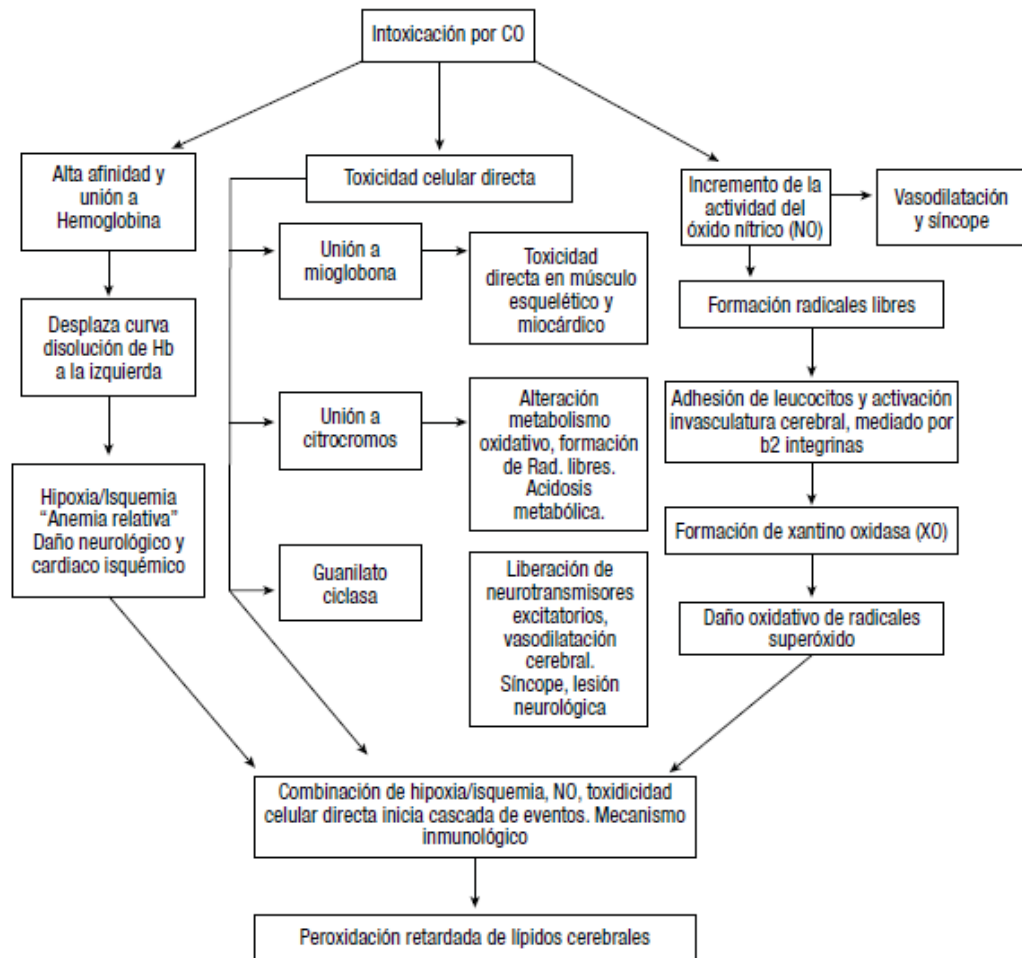
**Figura 2-2:** Representación esquemática de los efectos del monóxido de carbono en los citocromos de la cadena respiratoria mitocondrial.



**Fuente:** Olius G., Intoxicación por monóxido de carbono: claves fisiopatológicas para un buen tratamiento. *Emergencias*. 2010; 22(451-459). (29)

4. Cuando la producción de radicales libres sobrepasa la capacidad protectora de los sistemas antioxidantes se causa daño en las células de la pared de los vasos sanguíneos, en la barrera hematoencefálica (riesgo de edema cerebral) y en las propias neuronas que terminan sufriendo un proceso degenerativo (desmielinización) (14).
5. El mecanismo de daño por inhibición de la enzima arilsulfatasa A, acumulando grupo sulfatidos en el sistema nervioso central, generando neurotoxicidad. (30)
6. El CO tiene la facilidad de atravesar la barrera placentaria, uniéndose a la hemoglobina fetal, produciendo hipoxia fetal (13).

**Figura 2-3** Fisiopatología de la toxicidad por monóxido de carbono.



**Fuente:** L. Vargas, Toxicidad por monóxido de carbono, Emergencias, 2014, sección XVII, capítulo 83, pag 582-586 (31).

### 2.1.7 Toxicidad aguda

Los factores ambientales, como la concentración de monóxido de carbono en el aire y la ventilación del ambiente (32) y así como los factores humanos, el tiempo de exposición, el volumen respiratorio minuto, la concentración de hemoglobina en la sangre y el gasto cardíaco son los principales determinantes para la intoxicación por CO.

La intoxicación aguda por CO, se manifiesta principalmente en los órganos con mayor consumo de oxígeno como corazón y cerebro. Según los niveles de saturación de carboxihemoglobina en sangre se presentarían manifestaciones clínicas, como se muestra en la (Tabla 2-3). La exposición a dicho gas de forma aguda puede llevar a complicaciones

cardiovasculares graves y / o muerte súbita (4,33). Se han observado hemorragias puntiformes dispersas por todo el corazón según hallazgos en autopsias (34).

**Tabla 2-3:** Niveles de carboxihemoglobina y efectos

%COHB	EFECTOS
2,3 - 4,5	Población joven sana: disminución de la capacidad para realizar ejercicio máximo en corto tiempo
3,0 - 4,5	Población joven sana: disminución del consumo máximo de oxígeno y tiempo para realizar ejercicio
5,0 - 5,5	Población general: disminución de la percepción visual y auditiva y de la capacidad sensorial, motora y de vigilancia
5,0 - 17,0	Población joven sana: disminución del consumo máximo de oxígeno durante la práctica del ejercicio fuerte
17,0 - 20,0	Dolor de cabeza y decaimiento, en personas expuestas durante jornadas largas, confusión
20,0 -30,0	Además de los anteriores efectos, mareo, náuseas, debilidad
Mayor o igual a 30	Confusión, colapso durante el ejercicio, muerte en tiempos mayores de exposición en individuos sensibles
Mayor o igual a 40	Pérdida de conciencia y muerte a tiempos mayores de exposición
Mayor o igual a 50	Colapso y muerte

**Fuente:** Manual para el análisis toxicológico en el laboratorio de urgencias (23).

### 2.1.8 Toxicidad crónica

Durante la exposición crónica a monóxido de carbón, principalmente la exposición laboral, se ha encontrado un proceso compensatorio sistémico de respuesta a la hipoxia, en la que se observa eritrocitosis, hipervolemia y cardiomegalia (35), Además, de aumento en los valores de la velocidad de sedimentación glomerular (VSG), disminución en hemoglobina (Hb) y aumento en proteína C reactiva ultrasensible (PCR-us) (35,16).

Las exposiciones prolongadas a bajas concentraciones de monóxido de carbón, han demostrado efectos a nivel de los órganos con mayor consumo de oxígeno; por ejemplo en el sistema nervioso central, se ha observado leucocitos polimorfonucleares los cuales realizan diapedesis y causan peroxidación de lípidos en el cerebro (36).

Los síntomas de intoxicación crónica, pueden incluir: fatiga crónica, alteración del estado emocional, déficit de memoria, dificultad para trabajar, alteración del patrón del sueño,

vértigo, neuropatía, parestesias, infecciones recurrentes, policitemia y síntomas gastrointestinales como dolor abdominal y diarrea (37).

### **2.1.9 Efectos a nivel del sistema nervioso**

Se considera el CO neurotóxico, ya que, la anoxia produce una liberación masiva de neurotransmisores como glutamato y la disminución de las neuronas dopaminérgicas, lo que causa niveles bajos de dopamina, lo cual, explicaría las secuelas psiquiátricas (38), como el "síndrome diferido", que pueden ser secuela del daño hipóxico-isquémico secundario y que corresponde a un grupo de alteraciones neurológicas, cognitivas y psiquiátricas más o menos graves, como irritabilidad, cambios del comportamiento, alteraciones de memoria, alteraciones de la marcha, neuropatías, alucinaciones, afasia, etc. (31). La presencia de hipotensión sistémica en la intoxicación por CO se correlaciona con la gravedad del daño estructural del sistema nervioso central (26).

El daño en el sistema nervioso central se puede deber a la acumulación de grupos sulfatidos por inhibición de la enzima arilsulfatasa A, la cual es de importancia para el metabolismo de la mielina participando en su degradación, y al ser inhibida se presenta la acumulación de grupo sulfatidos que son neurotóxicos generando leucoencefalopatias, presentan una disminución previa de la actividad de esta enzima en porcentajes entre 10 % y 30 % que no se ha expresado clínicamente, al exponerse a monóxido de carbono, desarrollan un cuadro clínico de encefalopatía retardada (30)

El CO reacciona con la enzima xantina deshidrogenasa convirtiéndola en xantina oxidasa, la cual a su vez reacciona con la hipoxantina, produciendo superóxidos; estos reaccionan con el óxido nítrico producido por el endotelio formando peroxinitrito, ácido peroxinitroso y/o peroxinitratos, potentes oxidantes que interactúan con los ácidos grasos insaturados, produciendo peroxidación lipídica y originando desmielinización progresiva de las neuronas del sistema nervioso central (30).

La peroxidación lipídica del cerebro después de la exposición al CO parece ser un fenómeno de reperfusión postisquémica, mediado por alteraciones en el flujo sanguíneo cerebral y el daño de los radicales libres oxidativos (26).

### **2.1.10 Efectos cardiovasculares**

Otro efecto importante de la hipoxia, se observa en el tejido miocárdico dado por el aumento en la demanda de oxígeno, debido al aumento de la contractibilidad, la reducción de la reserva de flujo sanguíneo coronario y la inhibición de la respiración de los cardiomiocitos, secundario a la exposición de CO, produce lesiones de miocardio adicionales con mecanismos cardiospecíficos, atribuible a daño directo a nivel celular o subcelular (5), tales como angina, lesión miocárdica, incluso en paciente con arterias coronarias normales (37).

Las alteraciones cardiovasculares se caracterizan por incrementar los niveles de lípidos plasmáticos, lo que favorece el proceso aterosclerótico, también facilita la adhesión y agregación plaquetaria, por lo tanto, aumenta la probabilidad de desarrollar hipertensión arterial y episodios de trombosis (6). La hipoxia producida por la intoxicación por monóxido de carbono puede crear trombos que funcionan como un estímulo que incita a la rotura de la placa. Los problemas cardíacos asociados con la intoxicación por monóxido de carbono se describen generalmente como lesión miocárdica retardada (39). En el Institute of Pavia, Italia, se documenta un caso en pediatría de un menor de 12 años, quien sufrió daño cardíaco a pesar de síntomas leves y concentraciones bajas de carboxihemoglobina, se documenta un caso en pediatría de un menor de 12 años, quien sufrió daño cardíaco a pesar de síntomas leves y concentraciones bajas de carboxihemoglobina (40).

La sintomatología cardíaca es producida por la afinidad del CO con la mioglobina; ya que esta presenta una afinidad de 60 veces más que por la hemoglobina, por lo tanto, esto explica síntomas cardiovasculares, como arritmias, dilatación ventricular e insuficiencia cardíaca tras una intoxicación aguda. La hipoxemia puede desencadenar angina o incluso infarto agudo del miocardio aun en pacientes sanos (41).

La unión de CO con la mioglobina, reduce el suministro de oxígeno a la mitocondria, afectando el aporte energético por alteración de la fosforilación oxidativa, alteración de la cadena respiratoria a nivel del citocromo c oxidasa y la disminución de ATP, afectando el aporte energético al miocardio, lo que conlleva al miocardio a metabolismo anaeróbico con la consiguiente hipoxia, acidosis láctica y apoptosis (31).

La cardiotoxicidad inducida por CO, puede ocurrir como consecuencia de intoxicación por CO moderado a grave, la cual se puede manifestar por ataque de angina, infarto de miocardio, arritmias e insuficiencia cardíaca. La exposición a corto plazo al CO se ha relacionado con daño directo de células de músculo liso y endotelio vasculares. La lesión de las células endoteliales aumenta la permeabilidad de la íntima y permite la interacción de componentes de la sangre con componentes subyacentes de la pared vascular. Esta respuesta puede explicar en parte la habilidad del CO para inducir lesiones ateroscleróticas en varias especies de animales (42).

Se han identificado otras posibles explicaciones de intoxicación por CO entre ellas: 1. Aumento en la producción neuronal en el sistema nervioso simpático y, con ello, incremento en los niveles de las catecolaminas adrenalina y noradrenalina, 2. estimulación de la actividad del sistema nervioso simpático y, con ello, aumento del gasto cardíaco y de la presión arterial, 3. Producción de radicales libres en la lesión por isquemia reperusión y 4. Disfunción contráctil del miocárdico, posiblemente por el aumento de catecolaminas (43).

Se ha encontrado agravamiento de los síntomas de angina con niveles de COHb de 2,9-4,5%, aunque no se ha podido determinar una relación definitiva dosis-respuestas. (31)

Las alteraciones electrocardiográficas más frecuentes descritas por esta intoxicación son infra desnivel y supradesnivel del segmento ST, prolongación del intervalo QT, inversión de la onda T, y arritmias (6).

Es importante tener en cuenta para la población en estudio que también se han documentado una serie de cambios estructurales cardiacos como respuesta adaptativa al ejercicio intenso y sostenido y se observan cierto patrón normales en el electrocardiograma, los cuales son: bradicardia sinusal, arritmia sinusal, extrasistolia auricular, ritmo de escape de la unión auriculoventricular (AV) , bloqueo AV de primer grado, bloqueo AV de segundo grado Mobitz 1 (Wenckebach), bloqueo incompleto de rama derecha, Criterios aislados de hipertrofia de ventrículo izquierdo sin coexistencia de alguno de los siguientes: crecimiento de aurícula izquierda, desviación del eje a la izquierda, infradesnivel del segmento ST, onda T negativa, ondas Q patológicas, repolarización precoz (supradesnivel del segmento ST con elevación del punto J, ondas J) (44)

### **2.1.11 Exposición laboral al CO**

El valor límite permisible de exposición a CO laboral, ambiental y residencial están establecido según organizaciones internacionales y nacionales regulatorias de cada país; así mismo las variaciones de los valores dependen del lugar, la duración, las características de la población del uso (45). En la Resolución 610 de 2010 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia se adoptó los procedimientos establecidos por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, como se ve en la tabla2-4 (46).

El límite de exposición permisible (PEL en inglés) actual propuesto por la Administración de Seguridad y Salud Ocupacionales (OSHA) para el CO es de 50 ppm como un promedio ponderado de tiempo de 8 horas (TWA en inglés). El límite de exposición recomendada (REL en inglés) del Instituto Nacional para la Salud y Seguridad Ocupacional NIOSH para el CO es de 35 ppm como un TWA de 8 horas y 50 un límite máximo (CL en inglés) de 200 ppm (NIOSH 1992). La concentración inmediatamente peligrosa para la vida y la salud (IDLH) que recomienda NIOSH para el CO es de 1,200 ppm. IDLH es la concentración que podría provocar la muerte o efectos irreversibles sobre la salud, o que podría impedir que una persona se salga del ambiente contaminado en 30 minutos. La Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH) ha adoptado un valor límite umbral (TVL en inglés) para el CO de 25 ppm como un TWA de 8 horas.

**Tabla 2-4:** Valor límite permisible de exposición a CO laboral, ambiental y residencial

	AGENCIA	PAIS	TWA 8 HORA	valores limite
<b>Exposición laboral</b>	OSHA	USA	50 ppm	
	NIOSH	USA	35 ppm	CL :200 ppm IDLH :1200 ppm
	ACGIH	USA	25 ppm	
	*	COLOMBIA	10ppm	40 ppm en 1 hora
	OSHA: Administración de Seguridad y Salud Ocupacionales			
	NIOSH: Instituto Nacional para la Salud y Seguridad Ocupacional			
	ACGIH: La Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales			
	CL: límite máximo			
	IDLH: Concentración inmediatamente peligrosa para la vida y la salud en 30 minutos			
	* Ministerio de Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial de Colombia, por medio de la RESOLUCIÓN 0610 DE 2010, Parágrafo 1 adopto el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de Calidad del Aire, se seguirán los procedimientos establecidos por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA).			
<b>exposición ambiental y residencial</b>	AGENCIA	PAIS	VALOR LIMITE PERMISIBLE EXPOSICIONAL EN 8 HORA	VALOR LIMITE PERMISIBLE EN 1HORA
	EPA	USA	9 ppm	25 ppm
	CPSC	USA	Ambientes interiores 15 ppm	25 ppm
	EPA: Agencia de Protección Ambiental			
	CPSC: Comisión de Seguridad de Productos del Consumidor			

**Fuente:** Modificada por el autor de Prevención de envenenamiento con monóxido de carbono producido por herramientas y equipos con motores pequeños de gasolina. Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH). 2015 (45)

## 2.1.12 Exposición Ambiental al CO

En la Resolución 610 de 2010 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia se adoptó los procedimientos establecidos por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, como se ve en la tabla 2-5 (46).

El personal de la Comisión de Seguridad de Productos del Consumidor de los Estados Unidos (CPSC, por sus siglas en inglés) recomienda que las exposiciones al CO a largo plazo en ambientes interiores se limite a menos de 15 ppm como un TWA de 8 horas y a 25 ppm por 1 hora, pero las recomendaciones específicas de productos para el CO pueden variar dependiendo de los patrones de uso esperados y de la exposición

**Tabla 2-5:** Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio establecidos en la Resolución 610 de 2010

Contaminante	Nivel máximo permisible ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Tiempo de exposición
PST	100	Anual
	300	24 horas
PM <sub>10</sub>	50	Anual
	100	24 horas
PM <sub>2.5</sub>	25	Anual
	50	24 horas
SO <sub>2</sub>	80	Anual
	250	24 horas
	750	3 horas
NO <sub>2</sub>	100	Anual
	150	24 horas
	200	1 hora
O <sub>3</sub>	80	8 horas
	120	1 hora
CO	10.000	8 horas
	40.000	1 hora

Fuente: IDEAM, Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia 2011-2015 Bogotá, D.C., 2016 (46), PST (Partículas Suspendidas Totales), PM<sub>10</sub> (Material Particulado Menor a 10 Micras), PM<sub>2.5</sub> (Material Particulado Menor a 2,5 Micras), SO<sub>2</sub> (Dióxido de Azufre), NO<sub>2</sub> (Dióxido de Nitrógeno), O<sub>3</sub> (Ozono), CO (Monóxido de carbono).

Distintos estudios sugieren que la exposición de los seres humanos a los contaminantes ambientales emitidos por fuentes móviles y fijas entre ellos el CO, se asocia con enfermedades y muertes. De acuerdo a la evidencia se asume que, en los lugares de alto tráfico vehicular y uso desordenado del suelo, la población tiene mayores efectos negativos en salud (47).

### 2.1.13 Determinación de monóxido de carbono en el organismo

La determinación de presencia de monóxido de carbono y de efectos cardiovasculares, se realiza con parámetros establecidos para dicho fin, por medio del biomarcador específico

de exposición el cual permite establecer afectación en el organismo por la presencia del toxico.

Durante la realización de este trabajo de investigación, se enmarco en el análisis del biomarcador de exposición que es la carboxihemoglobina y un biomarcador de efecto que es el electrocardiograma.

### **2.1.14 Carboxihemoglobina (COHb)**

La COHb resulta de la unión del CO y la hemoglobina, dada la afinidad que tiene con este gas, se puede obtener el nivel en sangre al ser medido por espectrofotometría, en la cual la hemoglobina y sus fracciones presentan picos de absorbancia a longitudes de onda específicas y por lo tanto tienen un espectro característico para determinar porcentaje de carboxihemoglobina en sangre, permitiendo evaluar el grado de exposición al CO.

Los requisitos para la recolección de la muestra: obtener sangre total en tubo vacutainer® tapa lila, sin cámara de aire y ser conservadas a una temperatura de 2-8 °C.

Para el presente estudio se realizó análisis de muestras en el laboratorio de Toxicología de la Universidad Nacional, utilizando Espectrofotómetro Marca Thermo Helios Alpha®.

Esta técnica permite diferenciar la COHB de otras especies hemoglobínicas pudiéndose obtener un porcentaje que permite clasificar los diferentes grados de exposición y respuesta de un paciente o una población (48)

El valor límite biológico (VLB): 3,5% de carboxihemoglobina en hemoglobina total (49) , pero en los fumadores se puede encontrar de 5 al 13%, un nivel superior de 3% en los no fumadores o superior a 10% en los fumadores confirma la exposición al CO y en pacientes gravemente intoxicados se encuentra por lo general superior a 20% (37)

Los niveles de carboxihemoglobina dependen de varios factores, principalmente del tiempo de exposición, el grado de ventilación pulmonar, el volumen sanguíneo, la actividad metabólica (37) y la vida media de la carboxihemoglobina es de 4-5 horas (50).

### 2.1.15 Electrocardiograma

El electrocardiograma (ECG) es un biomarcador de efecto que registra las señales eléctricas del corazón. Es una prueba que permite detectar problemas cardíacos y controlar el estado del corazón en muchas situaciones; es una prueba indolora y no invasiva que ofrece resultados rápidos. Durante un electrocardiograma, se colocan electrodos que detectan la actividad eléctrica del corazón (51).

El registro ECG muestra unas ondas, unos segmentos y unos intervalos:

- La onda P que corresponde a la activación auricular y tiene una duración  $< 0,12$  seg y una altura  $< 2,5$  mm.
- El intervalo PR que incluye el tiempo de conducción intraauricular, auriculoventricular y del sistema His-Purkinje. Se mide desde el inicio de la onda P hasta el inicio del complejo QRS. Tiene una duración que oscila entre  $0,12$  y  $0,20$  o  $0,22$  seg.
- El complejo QRS que corresponde a la despolarización ventricular y tiene una duración  $< 0,12$  seg.
- El segmento ST que refleja la fase 2 del potencial de acción transmembrana. Se inicia al finalizar el QRS (el punto de unión del segmento ST con el QRS se denomina punto J) y termina en el inicio de la onda T. Normalmente es isoeléctrico, es decir que está al mismo nivel que la línea de base del ECG.
- La onda T que corresponde a la repolarización ventricular
- La onda U, que se registra después de la onda T y que suele ser positiva y a veces bastante conspicua sin que esto tenga un significado patológico.
- El intervalo QT que incluye la activación y la recuperación ventricular. Se mide desde el inicio del QRS hasta el final de la T. Su duración depende de la frecuencia cardíaca y suele ser  $< 0,40$  seg (52).

## 3.Capítulo 3

### Resultados mediciones ambientales

Se presentan a continuación los resultados de las mediciones ambientales que se realizaron previamente al inicio del estudio, con el fin de confirmar la presencia de CO en el ambiente laboral de los individuos estudiados.

Los resultados obtenidos en la evaluación de mediciones en la base de bomberos norte del Aeropuerto Internacional el Dorado, realizadas el día 4 de diciembre del 2017, a las 8 de la mañana durante actividad de “Revisión de equipos y maquinaria”, se realizó en un periodo de tiempo de 45 min, en medio de dos máquinas de bomberos y en área externa de la base de bomberos, la cual se encuentran ubicada en la pista norte, a nivel de la cabecera 1,3 izquierda, registrados la siguiente información (Tabla 3-6.)

- **Tabla 3-6:** Mediciones ambientales

Medición	Valor
Medición al aire limpio	0 ppm
Al encendido de equipos (planta, motosierra, equipo de extricación), en medio de dos máquinas de bomberos encendidas	100 ppm
Medición 10 minutos posterior al encendido	359 ppm
Medición en punto distante de maquinaria de bomberos	123ppm 25ppm 60 ppm 14 ppm
Medición a cabina de máquina de bomberos	0 ppm

Fuente: autor.

- **Valor máximo registrado: 359 ppm**

Con las anteriores mediciones se puede evidenciar actividades laborales con exposición a monóxido de carbono sobre límites permisibles

### **3.1 Resultados del primer objetivo específico – Caracterización sociodemográfica de la población**

#### **3.1.1 Análisis descriptivo de la población a estudio**

Se contó con un total de 49 participantes del SSEI del Aeropuerto internacional el Dorado, durante el mes de marzo y abril del 2018, de un total de 72 bomberos de los cuales se excluyeron 2 por estar en periodo de vacaciones, 1 con incapacidad médica y 20 que manifestaron no querer participar.

De los 49 participantes valorados el 92%(45) eran población masculina con edad media de 39.6 años, nivel de escolaridad técnico en el 55.1%. En antecedentes de enfermedades crónicas se observó hipertensión y dislipidemia en el 4% (2) de la población; hipertensión en la población masculina uno de ellos con más de 10 años de evolución, dislipidemia en un hombre y una mujer con diagnóstico realizado en enero del 2018 y en tratamiento. En los hábitos se observó que todos los participantes realizan deporte mínimo tres veces a la semana por 90 min, el 100%(49) de los participantes negaron ser consumidores de alcohol, el 2%(1) afirmó ser fumador desde hace 17 años de 2 cig/día, y el 22% afirmó haber sido fumador. Ningún participante manifestó antecedentes de intoxicación aguda por CO, como se muestra en la Tabla 3-7:

**Tabla 3-1:** Caracterización sociodemográfica de la población estudiada.

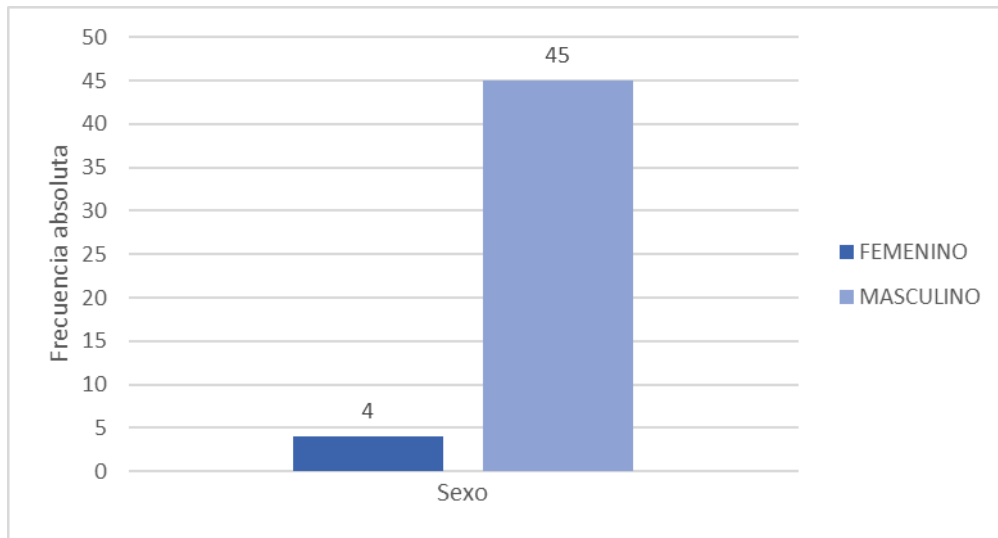
CARACTERIZACIÓN SOCIODEMOCRÁFICA DE 49 BOMBEROS AERONÁUTICOS 2018			
	N	Media	Rango
Edad	49	39,6	26-55
Antigüedad en el cargo(años)	49	12,6	2-38
	Cate goria	N	porcentaje%
sexo	Mujeres	4	8
	Hombres	45	92
Escolaridad	Bachiller	10	20,4
	Técnico	27	55,1
	Profesional	12	24,4
Enfermedades crónicas	Hipertensión	2	4
	Dislipidemia	2	4
	Diabetes	0	0
	Enf. Respiratoria	0	0
Hábitos	Alcohol	0	0
	Cigarrillo	1	2
	Ejercicio	49	100
fumador actual	>17 años	1(17 años-2cig/dia)	2
Exfumador	1 - 5 Cig/Dia	10	20
	6 - 20 Cig / Dia	1	2
ex fumador (años de retiro de cig.)	1-5 años	2	4
	6-10 años	3	6
	11-15 años	3	6
	16-20 años	3	6
	>21 años	0	0
Ant. De intox aguda por CO	no	49	100

**Fuente:** Autor

Se evidencia una participación de predomino de sexo masculino como se ve en la gráfica.

3-1.

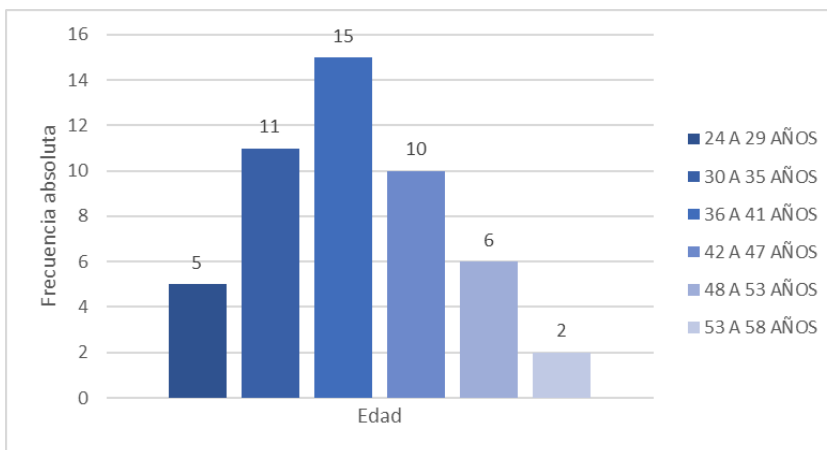
**Gráfica 3-1:** Frecuencia absoluta variable sexo



**Fuente:** Autor

En la frecuencia absoluta de edad se observa el grupo de mayor población que se encuentra entre la edad de 36 a 41 años como se ve en la gráfica.3-2

**Gráfica 1-2** frecuencia Absoluta Variable edad por rangos de edad

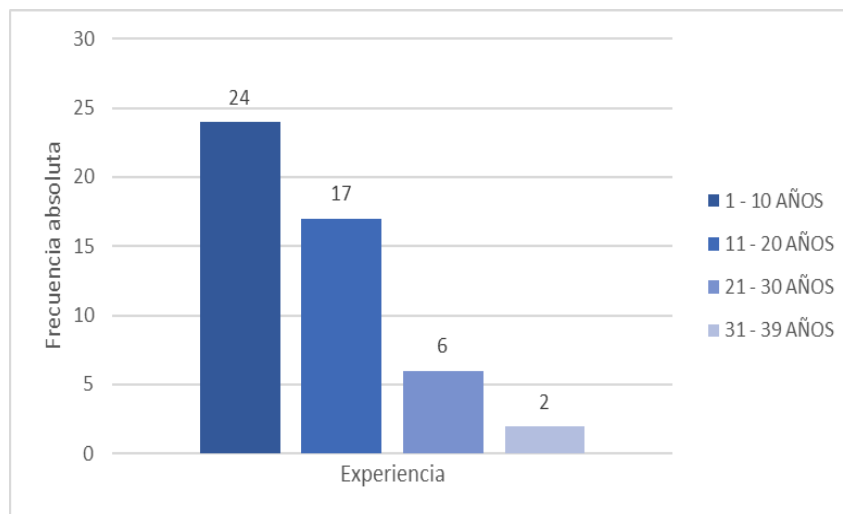


**Fuente:** Autor

Al realizar el análisis de las variables sociodemográficas se confirma que los factores que influyen significativamente para que la muestra no se pueda considerar homogénea son el sexo y la edad, en consecuencia, los resultados obtenidos solo tienen alcance dentro del grupo estudiado.

Debido a la diferencia de edades, se puede inferir que la experiencia laboral también tiene alta variabilidad, es decir que las personas con más edad tienden a tener mayor experiencia laboral en el SSEI, como se pudo corroborar en la encuesta Grafica.3-3.

**Gráfica 3-3** Frecuencia absoluta- experiencia laboral



**Fuente:** Autor

Con las medidas de tendencia central y dispersión se observó que la muestra seleccionada no es homogénea, esto se debe a que ella predomina el sexo masculino, en relación 4:45 y la edad promedio es de 39,6 años, además de la variabilidad en la talla, el peso de cada participante y por ende en el IMC lo que hace que sea evidente esta no homogeneidad.

Las frecuencias cardíacas tienen variabilidad, con una tendencia hacia la bradicardia en el 39% de la población estudiada, la cual puede ser el reflejo de hábitos de vida como realización diaria de actividad física, el no consumo de cigarrillo, ni de alcohol, Además del sexo y la edad del individuo, como se muestra en la tabla 3-8. Los individuos de este estudio son deportistas de alto rendimiento, realizan entrenamiento físico al menos 90 minutos al día y sus hábitos de vida son saludables, sin embargo, en un estudio realizado en el departamento de Boyacá (Colombia) en el 2005 se evidenció la bradicardia como un hallazgo importante en la población

laboral en un 24,7% y se planteó que “podría corresponder a una expresión de la toxicidad crónica, generada por el monóxido de carbono” (30)

### 3.1.1 Constantes fisiológicas

**Tabla 3-2:** Medidas de tendencia central y dispersión de constantes fisiológicas

Variables	Edad (años)	Peso (Kg)	Talla (cm)	ICM (peso/talla <sup>2</sup> )	Frec cardiaca (lat/min)
<b>Medidas centrales</b>					
<b>Media</b>	39,6	80,1	1,9	26,5	61,5
<b>Mediana</b>	40	80,4	1,7	26,1	64,0
<b>Moda</b>	40	83,4	1,7	22,3	65,0
<b>Med. dispersión</b>					
<b>Varianza</b>	54,4	138,5	0,8	8,6	52,5
<b>Desv. Estándar</b>	7,4	11,8	0,9	2,9	7,2

**Fuente:** Autor

Para las variables de presión arterial se obtuvo una alta variabilidad en la muestra donde se observa una desviación estándar para la cifra sistólica que oscila entre 12,0 mm/hg en el brazo derecho y 11,2 mm/hg en el brazo izquierdo y para la diastólica entre 6,5 para el brazo derecho y 6,6 para el izquierdo como se ven en la tabla 3.-9; eso puede deberse a la diferencia de valor que se registra entre brazo y brazo, la literatura recomienda tomar la TA en ambos brazos ya que si la diferencia entre ambos brazos fuera de 20 mmHg o más para la presión sistólica y de 10 mmHg o más para la presión diastólica, se deberá sospechar la coartación de la aorta o anomalías arteriales locales (50).

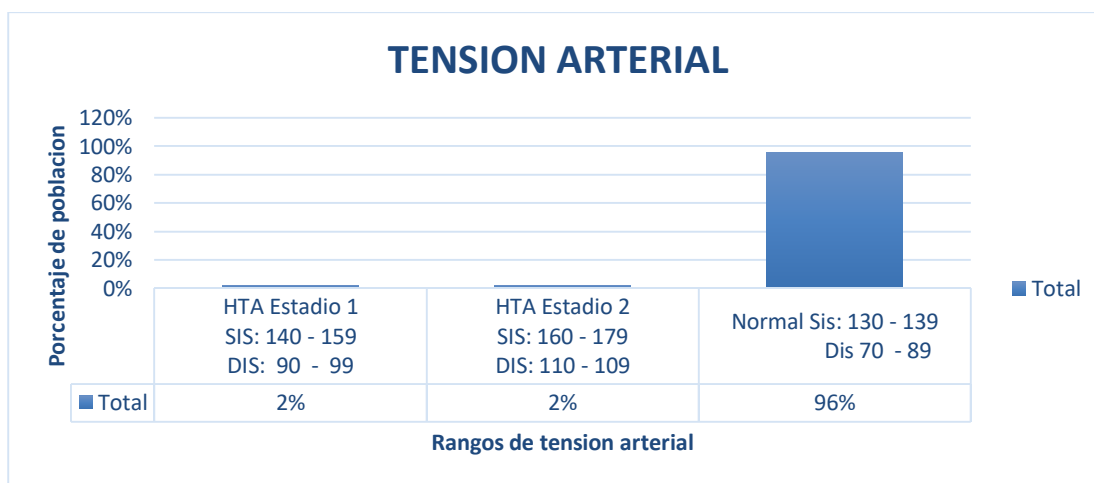
**Tabla 3-3:** Medidas de tendencia central y dispersión de constantes fisiológicas.

Variables	P.A. brazo der. Sistólica (mm/hg)	P.A. brazo der. Diastólica (mm/hg)	P.A. brazo izq Sistólica (mm/hg)	P.A. brazo izq Diastólica (mm/hg)
<b>Medidas centrales</b>				
<b>Media</b>	111,7	71,2	111,1	70,5
<b>Mediana</b>	110,0	70,0	110,0	70,0
<b>Moda</b>	110,0	70,0	110,0	70,0
<b>Med. dispersión</b>				
<b>Varianza</b>	143,3	42,1	126,3	44,0
<b>Desv. Estandar</b>	12,0	6,5	11,2	6,6

**Fuente:** Autor

En la población estudiada se observó hipertensión arterial en el 4% de la población, 2% en estadio 1 y 2% en estadio 2, mientras que el 96% presentan cifras tensionales normales como se puede ver en la gráfica 3-4.

**Gráfica 3-4** Tensión arterial



**Fuente:** Autor

### 3.1.1 Antecedentes

En general los participantes que conformaron el grupo de estudio reportaron muy pocos antecedentes personales, se observó durante la realización de la historia clínica que el 22% de la población fue fumadora como se puede ver en la gráfica No.5 y al momento del estudio solo el 2% es fumador; se evidencio que el 4 % de la población sufre de enfermedad cardiovascular dada por hipertensión arterial, además el 2% presenta hipercolesterolemia y el 6% hipertrigliceridemia, con lo que se puede concluir que el 4% de los individuos estudiados presenta dislipidemia y el 22% tiene antecedentes de hipertensión familia como se puede ver en la tabla 3-10.

**Tabla 3-4:** Antecedentes personales y de exposición, reportados en la anamnesis

Pregunta	Si	%	No	%
¿En su residencia cocinan o han cocinado con leña o carbón?	0	0%	49	100%
¿Reside cerca de algún sitio donde se elaboren ladrillos o se elabore cal?	0	0%	49	100%
¿Actualmente es fumador de cigarrillo, tabaco, pipa u otras sustancias?	1	2%	48	98%
¿Fue fumador de cigarrillo, tabaco, pipa u otras sustancias?	11	22%	38	78%
¿Es o ha sido consumidor de bebidas alcohólicas por lo menos semanal?	0	0%	49	100%
¿Hace usted ejercicio (mínimo 30 minutos al día por lo menos 3 veces a la semana)?	49	100%	0	0%
¿Le ha sido diagnosticada en alguna ocasión una enfermedad mental o psicológica?	0	0%	49	100%
¿Ha sufrido de convulsiones o cualquier otra alteración neurológica?	0	0%	49	100%
¿Ha sufrido algún traumatismo craneal?	0	0%	49	100%
¿le ha sido diagnosticada alguna enfermedad del corazón o vascular?	2	4%	47	96%
¿Le han dicho que tiene el colesterol alto?	1	2%	48	99%
¿Le han dicho que tiene los triglicéridos altos?	3	6%	46	94%
¿Toma medicamentos para bajar el colesterol o los triglicéridos?	2	4%	47	96%
¿Sufre de Diabetes?	0	0%	49	100%
¿le ha sido diagnosticada a algún familiar tensión arterial alta?	11	22%	38	78%

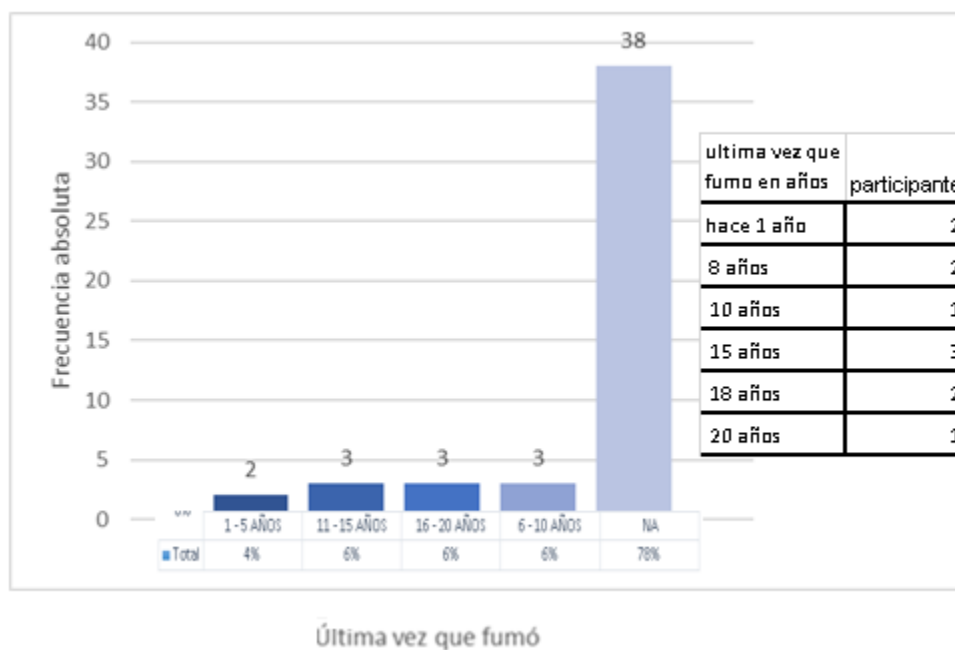
**Fuente:** Fajardo, A, Rodríguez, A. Estudio comparativo del comportamiento clínico cardiovascular y electrocardiográfico en dos poblaciones expuestas a monóxido de carbono. Rev. Fac. Med. 2012; Vol 60. (6)

Lo anterior permite concluir que la población en estudio no cursa con las patologías interrogadas, sin dejar a un lado, que para el proceso de selección de ingreso al cuerpo de

bomberos, se evalúa de forma importante los antecedentes médicos, neurológicos, psiquiátricos, respiratorios o cardiovasculares, además de la importancia de los hábitos de vida como realizar actividad física mayor a 90 minutos diarios, el no consumo de alcohol, de cigarrillo y de ninguna otra sustancia.

Con el siguiente gráfico, también se evidencia el bajo consumo de cigarrillo, actualmente solo existe un fumador activo como se ve en la gráfica 3-5.

**Gráfica 3-2** ¿Cuándo fue la última vez que fumo?



Fuente: Autor

## 3.2 Examen Físico

### 3.2.1 Examen clínico cardiovascular

En el examen físico se realizaron las valoraciones clínicas orientadas al sistema cardiovascular, como se puede observar en la historia clínica aplicada (ver anexo C). Los resultados obtenidos indican que el 100% de la población tienen muy buena condición física, no se encontraron hallazgos positivos al examen físico, lo que sugiere que el grupo

estudiado mantienen una condición clínica sana secundaria a una vida activa saludable como se ven en la tabla.3-11.

**Tabla 3-5:** Examen clínico cardiovascular. Condición física

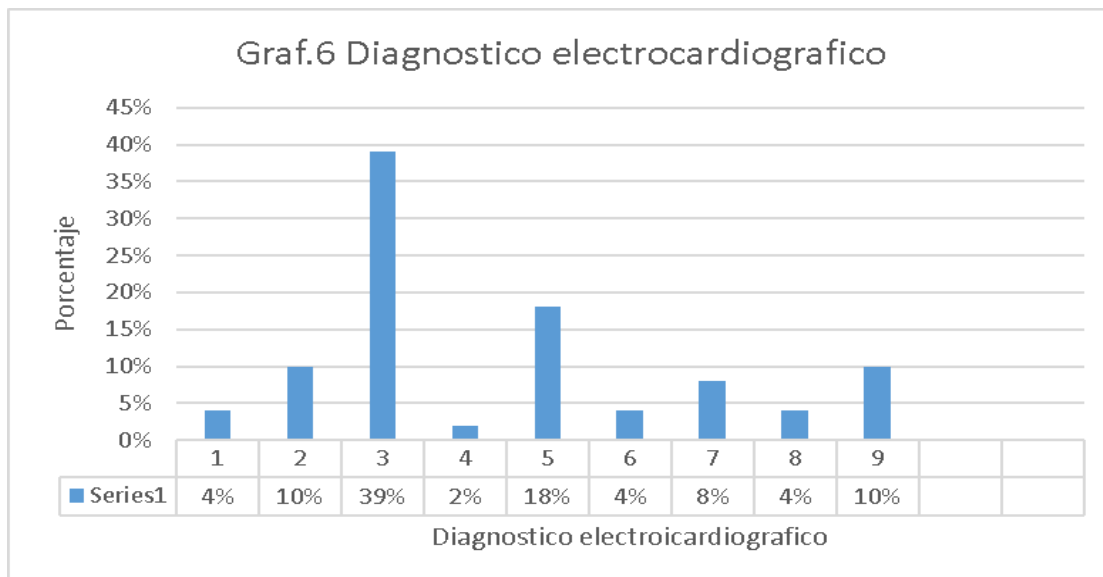
Preguntas	ANORMAL	%	NORMAL	%
Ingurgitación yugular	0	0%	49	100%
Cianosis peribucal	0	0%	49	100%
Inspección torácica	0	0%	49	100%
Auscultación pulmonar (presencia de)	0	0%	49	100%
Ritmo cardíaco	0	0%	49	100%
Timbre de ruidos cardíacos	0	0%	49	100%
Soplos cardíacos	0	0%	49	100%
Varices	0	0%	49	100%
Evaluación de los pulsos periféricos en cuanto asimetría, intensidad, amplitud	0	0%	49	100%
Cianosis ungueal	0	0%	49	100%
Uñas en vidrio de reloj	0	0%	49	100%
Alteración en la perfusión distal	0	0%	49	100%
Hepatomegalia	0	0%	49	100%

**Fuente:** Autor

### 3.3 Resultados del segundo objetivo específico – Determinar los hallazgos electrocardiográficos

En la lectura de los electrocardiogramas se encontraron diferentes diagnósticos, entre los hallazgos más significativos fue la bradicardia sinusal 39%, fragmentación QRS 18%, en igual proporción de 10% se evidenció bloqueo incompleto de rama derecha y trastorno de repolarización, y en menor proporción de 4% bloqueo de rama derecha y supradesnivel del segmento ST, y crecimiento de ventrículo izquierdo en el 2% de la población como se puede observar en la gráfica 3-6.

**Gráfica 3-3** Diagnostico electrocardiográfico



**Fuente:** Autor. 1.Bloqueo completo de rama derecha, 2. Bloqueo incompleto rama derecha,3. Bradicardia sinusal, 4. Crecimiento de ventrículo izquierdo, 5. Fragmentación QRS, 6. Hemibloqueo izquierdo anterior, 7. Normal, 8. Supradesnivel del ST, 9. trastorno de repolarización.

Las evidencias electrocardiográficas encontradas (tabla 3-12) demuestra la presencia de diferentes hallazgos como alteraciones en el complejo QRS, alteración del segmento ST, bloqueos intervalo QT prolongado, intervalo PR prolongado, que según la literatura podrían estar relacionadas a exposición crónica a bajas dosis de monóxido de carbono, o si bien, como mecanismos adaptativos al ejercicio.

**Tabla 3-6** Resultados del electrocardiograma

Variable	Valor de referencia	normal	%	anormal	%
<b>Ritmo</b>	Nodal – sinusal bradicardia <60 lat./min normal 60 a 100 lat./min taquicardia >100 lat./min	30	61%	19 bradicardia sinusal	39%
<b>Eje cardiac</b>	Normal/ patológica	49	100%	0	0%
<b>Onda P</b>	duración < 0,12 seg y una altura < 2,5 mm	49	100%	0	0%
<b>Onda T</b>	Normal/ patológica	36	73%	13	27%
<b>Onda Q</b>	Normal/ patológica	49	100%	0	0%
<b>Complejo QRS</b>	duración < 0,12 seg	36	73%	13	27%
<b>Segmento ST</b>	Normal/ patológica	44	90%	5	10%
<b>¿presencia de bloqueo?</b>	Si/no	43	88%	6	12%
<b>Intervalo QT</b>	< 0,40 s9g.	48	99%	1	1%
<b>Intervalo PR</b>	0,12 - 0,22 seg	49	0%	0	0%

**Fuente:** Autor

### 3.3 Resultados del tercer objetivo específico – Describir los hallazgos electrocardiográficos.

Durante la valoración médica toxicológica y la realización del electrocardiograma se evidenció los siguientes hallazgos:

#### CARDIOVASCULARES

**Hipertensión arterial:** se define como cifras de presión arterial sistólica y diastólica 140/90 mm Hg en reposo y se clasifica (53):

- Normal < 120/80 mm Hg.
- Prehipertensión 120-139/80-89 mm Hg.
- Hipertensión:
  - Grado I: 140-159/90-99 mm Hg.
  - Grado II: 160-179/100-109 mm Hg.
  - Grado III: 180/120 mm Hg.

**Dislipidemia:** Se entiende como una alteración en los niveles de lípidos séricos con respecto al nivel de la población general, que usualmente se asocia con la aparición precoz de enfermedad coronaria o aterosclerosis (54).

## **ELECTROCARDIOGRAFICOS:**

**Bradicardia sinusal:** Latidos por minuto entre 40 y 60 lat/min es el trastorno del ritmo más frecuente en el individuo entrenado 50-100% en deportes de resistencia aeróbica, y de 4-8% en población no deportista (55).

**Bloqueo incompleto de rama derecha:** Patrón rSR' en V1 y patrón qRS en V6 con una duración del QRS <120 ms, en atletas es causada por remodelación del ventrículo derecho (56).

**Trastorno de repolarización:** Presencia de ondas T negativas en V1 y ondas U prominentes en derivaciones precordiales, típico del deportista (55)

**Bloqueo completo rama derecha:** Patrón rSR' en V1 y onda S > R en V6 con QRS ≥ 120 ms (57).

**Crecimiento de ventrículo izquierdo:** Es la dilatación y el engrosamiento (hipertrofia) de las paredes de la cámara de bombeo principal del corazón (ventrículo izquierdo), se puede dar como adaptación a la sobrecarga de trabajo en el entrenamiento de resistencia y fuerza intensa (58).

**Fragmentación QRS (QRSf):** se define como QRSf todo aquel con duración menor de 120 milisegundos (ms) y al menos una muesca en la onda R o S en dos o más derivaciones pertenecientes al mismo territorio coronario, sin morfología de bloqueo de rama (59), representa un retraso en la conducción ventricular causada por una cicatriz miocárdica y podría asociarse a un mayor riesgo de mortalidad y eventos arrítmicos siendo un signo electrocardiográfico que se asocia con la presencia de IAM previo (60).

**Hemibloqueo izquierdo anterior:** Es un retardo en la activación de la región anterosuperior del ventrículo izquierdo, produce una onda inicial, pequeña, contraria a la dirección de la zona bloqueada, que genera las ondas r en derivaciones inferiores y las ondas q en derivaciones laterales; posteriormente se produce la despolarización de la zona bloqueada, generando una onda grande en esa dirección, provocando las ondas R alta en derivaciones laterales y las ondas S profundas en derivaciones inferiores (61)

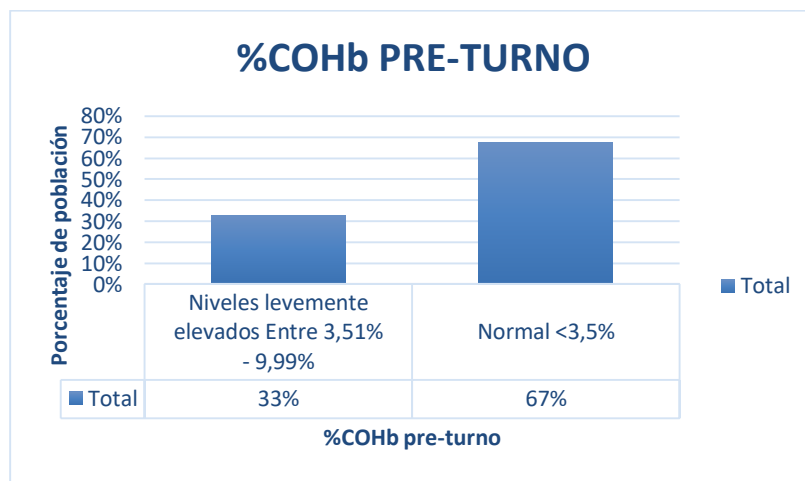
**Supradesnivel del ST:** El patrón de repolarización precoz es típico del deportista (55).

### 3.4 Resultados del cuarto objetivo específico – Niveles de Carboxihemoglobina

Se tomaron dos medidas para la variable Carboxihemoglobina una antes de iniciar el turno y la otra al finalizar el turno (Anexo F), las cuales se reportan como se puede observar en las gráficas 3- 7 y 3-8.

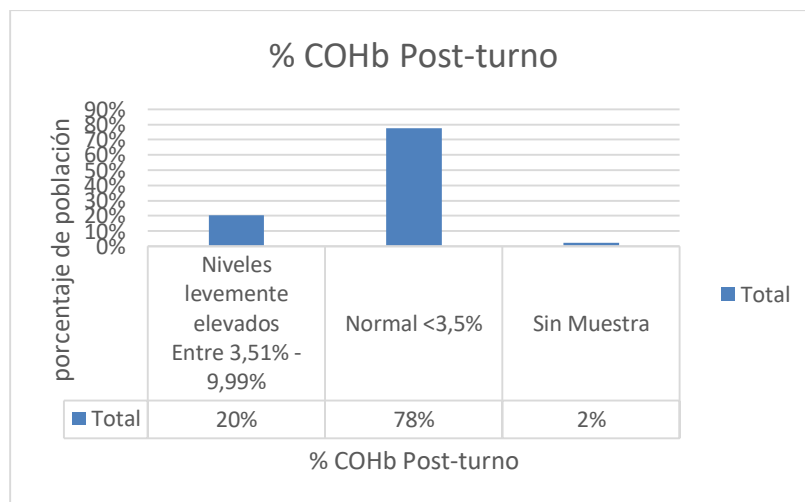
El %COHb es un biomarcador que indica exposición a CO durante un periodo establecido de 4 a 5 horas que corresponde a la vida media de la COHb.

**Gráfica 3-4** %COHb pre-turno



Fuente: Autor

**Gráfica 3-5** %COHb post- turno



Fuente: Autor

Se observa que el %COHb pre turno normal, es decir <3.5% corresponde al 67% de la población estudiada y el 33% restante se encuentra en niveles levemente elevados es decir entre 3,51%-9,99%COHb.

Y el %COHb de post-turno normal corresponde al 78% de la población estudiada, mientras que el 20% restante presentó niveles elevados y sin muestra 2% por calamidad durante el turno.

El presente proyecto pretendió ver si se presentaba algún cambio significativo entre los niveles al inicio de la jornada y al finalizar la misma y determinar si hubo un cambio o no significativo,

Para analizar la información recolectada se usó la prueba t-student pareada, queriendo mirar que diferencias habría entre la medición previa y posterior al turno, tratando de explorar si hay diferencias significativas entre las dos mediciones como se ve en la tabla 3-12

**Tabla 3 7:** Test t-student muestra pareada

	<b>% COHb PRETURNO</b>	<b>% COHb POSTURNO</b>
<b>Medias</b>	3,281020408	3,154166667
<b>Varianza</b>	0,338334354	0,446920139
<b>Observaciones</b>	49	49
<b>Hipótesis</b>	Medias iguales	
<b>Grados de libertad</b>	48	
<b>t Estadístico</b>	1,282039431	
<b>P-valor</b>	0,205986545	
<b>t Crítico a dos colas</b>	2,010634758	

**Fuente:** Autor

Con un nivel de significancia del 5% se puede decir que no hay diferencia significativa entre la medida de la variable Carboxihemoglobina antes y después del turno de trabajo. Teniendo en cuenta que la vida media en sangre de la carboxihemoglobina es de aproximadamente 4 a 5 horas y que la SSEI solo permitió realizar la valoración de los funcionarios que estaban en turno de 24 horas, es decir que la primera muestra se tomó entre 8:00 a 9:00 a.m. cuando ingresan y la segunda se tomó entre 6:00 a 7:00 a.m. a la salida del turno, ocurre que el 100% de los trabajadores estudiados, reportaron no haber presentado eventos de exposición durante la noche.

### **3.5 Resultados del quinto objetivo específico – Relación entre resultado de historia clínica, carboxihemoglobina y electrocardiograma de la población a estudio**

Posterior a la aplicación de los instrumentos de recolección de datos, tales como historia clínica toxicológica, electrocardiograma y carboxihemoglobina, en la población de estudio, la cual contó con un total de 49 participantes del SSEI del Aeropuerto internacional el Dorado, se logró evidenciar una participación de predominio masculino con promedio de edad de 39 años, en la valoración médica toxicológica se evidencio antecedentes de enfermedades crónicas como hipertensión y dislipidemia en el 4% de la población, en los hábitos se observó que todos los participantes realizan deporte mínimo tres veces a la semana por 90 min, el 100% de los participantes negaron ser consumidores de alcohol, el 2% afirmó ser fumador desde hace 17 años de 2 cig/día, y el 22% afirmó haber sido fumador y ningún participante manifestó antecedentes de intoxicación aguda por CO.

Las evidencias electrocardiográficas encontradas demuestran la presencia de diferentes hallazgos como bradicardia sinusal 39%, fragmentación QRS 18%, en igual proporción de 10% se evidencio bloqueo incompleto de rama derecha y trastorno de repolarización, y en menor proporción de 4% bloqueo de rama derecha y supradesnivel del segmento ST, y crecimiento de ventrículo izquierdo en el 2% de la población.

En la literatura se evidencio que los hallazgos relacionados con exposición a CO reportados son supradesnivel del segmento ST, prolongación del intervalo QT e inversión de la onda T; la bradicardia sinusal no es un ritmo referenciado en la literatura de exposición a CO, sin embargo, en otro estudio se evidencio la bradicardia como un hallazgo importante en la población laboral en un 24,7% y se planteó que “podría corresponder a una expresión de la toxicidad generada por el monóxido de carbono” (6). Además, es el trastorno del ritmo más frecuente en el individuo entrenado 50-100% en deportes de resistencia aeróbica, y de 4-8% en población no deportista; en relación al hallazgo fragmentación QRS como segundo diagnostico con mayor porcentaje de la población del presente estudio, no se encontró literatura donde se relacione su presencia con exposición a CO.

Con el % COHb se pudo establecer que en esta población de estudio no hay diferencia significativa entre la medida de la variable carboxihemoglobina antes y después del turno

de trabajo, y aunque la literatura describe confirmación de exposición a CO con valores >3% COHb en población no fumadora y 10% COHb en población fumadora, sin embargo, en la población estudiada si se confirma la presencia de CO, pero en niveles permisibles, por ende, es difícil establecer una relación directa de los niveles encontrados con los trastornos cardiovasculares y electrocardiográfica de la población a estudio.

## LIMITACIONES DEL ESTUDIO

- Las mediciones ambientales no las permitieron realizar, por lo tanto, se recurrió a una medición puntual solo con fines de corroborar la presencia de CO.
- No permitieron realizar las evaluaciones sino solo en el personal que laboraba 24 horas, condición que llevó a que por un lado, no se presentaron eventos de emergencia durante los turnos estudiados, con eventual exposición a concentraciones importantes de CO y estas emergencias se presentan con mayor frecuencia durante el día, cuando hay mayor actividad aeronáutica y operación de aeronaves.
- La medición del biomarcador carboxihemoglobina, se pudo ver afectada, debido o dado a que la vida media del biomarcador es de cinco horas en promedio.
- Demora en los convenios con entidades externas a la universidad para análisis de muestras.

## 4. Capítulo 4

### 4.1 Discusión de los resultados

El CO es un gas tóxico, que se encuentra en diferentes escenarios desde ambientes residenciales, hasta ambientes laborales. En la literatura se han identificado diferentes efectos secundarios por su exposición, tales como efectos neurotóxicos, ototóxicos, y cardiotóxicos, este último, motivación para la realización del presente estudio, para ello se seleccionó una población laboralmente expuesta dada sus actividades y se realizó una historia clínica toxicológica, un electrocardiograma y dos mediciones de carboxihemoglobina al ingreso y finalización del turno, con previa autorización por medio de un consentimiento informado.

Se contó con un total de 49 participantes del SSEI del Aeropuerto internacional el Dorado, durante el mes de marzo y abril del 2018, de un total de 72 bomberos. Se evidencio por medio de las medidas de tendencia central y dispersión que la muestra seleccionada no es homogénea, esto debido a diferentes factores como sexo y edad, ya que el predominio de participación fue masculino con promedio de edad de 39 años, con rangos límites de 26 hasta 55 años, observando que las personas con más edad tienden a tener mayor experiencia laboral.

Esta variabilidad también se pudo ver reflejada en la frecuencia cardiaca, la tensión arterial y la frecuencia respiratoria, la cual puede ser el reflejo de hábitos de vida como realización diaria de actividad física, el no consumo de cigarrillo, ni de alcohol.

Al realizar el análisis de las variables fisiológicas se confirmó que los factores que influyen significativamente para que la muestra no se pueda considerar homogénea son el sexo y

la edad, en consecuencia, los resultados obtenidos solo tienen alcance dentro del grupo estudiado.

En general los pacientes que conforman el grupo de estudio tienen un buen estado de salud, lo cual se puede deber a factores de selección para ingresar al cuerpo de bomberos, como también los antecedentes médicos, neurológicos, psiquiátricos, respiratorios o cardiovasculares con unas condiciones de salud que permiten su desempeño en buenas condiciones de salud y ha surtido un proceso de selección que asegura una salud física por encima del promedio poblacional, además se trata de un grupo laboral que requiere dentro de su desempeño y sus labores específicas un entrenamiento físico importante de vida como realizar actividad física mayor a 90 minutos diarios, no consumo de alcohol, de cigarrillo y de ninguna otra sustancia, ya que se evidenció durante la valoración médica toxicológica que los resultados obtenidos indican que el 100% de la población tienen muy buena condición física, no se encontraron hallazgos positivos al examen físico, lo que sugiere que el grupo estudiado mantiene una condición clínica sana secundaria a una vida activa saludable.

Las evidencias electrocardiográficas encontradas demuestran la presencia de diferentes hallazgos como alteraciones en el complejo QRS, alteración del segmento ST, bloqueos intervalo QT prolongado, intervalo PR prolongado, bradicardia sinusal, que según la literatura podrían estar relacionadas a exposición crónica a bajas dosis de monóxido de carbono, o si bien, como mecanismo adaptativo al ejercicio.

Los diagnósticos evidenciados y relacionados con presencia de monóxido de carbono reportado en la literatura son supradesnivel del segmento ST, prolongación del intervalo QT, inversión de la onda T y bradicardia sinusal en un bajo porcentaje, sin embargo, esta población se trata de deportistas, que podría generar este tipo de frecuencia, si bien no es un ritmo asociado en la literatura a exposición de monóxido de carbono, si se evidenció en otro estudio la bradicardia como un hallazgo importante en la población laboral en un 24,7% y se planteó que “podría corresponder a una expresión de la toxicidad generada por el monóxido de carbono” (6). Además, es el trastorno del ritmo más frecuente en el individuo entrenado 50-100% en deportes de resistencia aeróbica, y de 4-8% en población no deportista.

El % COHb es un biomarcador de exposición, y esto permite identificar el porcentaje de exposición a CO durante un periodo establecido, con un nivel de significancia del 5% se puede decir que en esta población de estudio no hay diferencia significativa entre la medida de la variable Carboxihemoglobina antes y después del turno de trabajo. Esto se puede deber al uso de elementos de protección personal durante las actividades asignadas, a la realización de actividades en campo abierto, hábito de actividad física diaria, bajo porcentaje de tabaquismo, bajo porcentaje de patologías cardiovascular como dislipidemia e hipertensión, a la ausencia de eventos de emergencia durante el turno, descanso nocturno mayor a 4 horas, lo que puede influir sobre la vida media de la carboxihemoglobina.

Se evidencia que las poblaciones estudiadas en comparación a otros grupos laborales ya estudiados previamente en otras investigaciones presentan menor porcentaje de exposición a CO, según lo reportado en el análisis de %COHb, lo cual puede ser relacionado con las actividades asignadas, el tiempo de exposición y los hábitos de vida.



# Conclusiones y recomendaciones

## Conclusiones

Con el desarrollo de esta investigación se pudo caracterizar el perfil sociodemográfico de los 49 participantes valorados donde la población predominante fue masculina, con una edad media de 39.6 años; así mismo se observó que todos los participantes realizan deporte mínimo tres veces a la semana por 90 min, no son consumidores de alcohol y solo el 2%(1) afirmó ser fumador desde hace 17 años de 2 cig/día.

Los hallazgos cardiovasculares encontrados por medio de una valoración médica toxicología a la población estudiada fue hipertensión arterial en el 4% de la población, 2% en estadio 1 y 2% en estadio 2, además el 2% presenta colesterol alto y el 6% triglicéridos altos, con lo que se puede concluir que el 4% de los individuos estudiados presenta dislipidemia y el 22% tiene antecedentes de hipertensión arterial en familiares, además el 22% de la población fue fumadora y actualmente solo el 2% es fumador.

En la lectura del electrocardiograma se encontró diferentes hallazgos, siendo los más significativos la bradicardia sinusal 39%, ya que este hallazgo en población no deportista es del 4-8 % y de 50-100% en deportes de resistencia aeróbica; fragmentación QRS 18%, en igual proporción de 10% se evidencio bloqueo incompleto de rama derecha y trastorno de repolarización, y en menor proporción de 4% bloqueo de rama derecha y supradesnivel del ST, y crecimiento de ventrículo izquierdo en el 2% de la población.

En general toda la población a estudio presenta hallazgos electrocardiográficos que pueden ser relacionados a un mecanismo adaptativo al entrenamiento físico, siendo la bradicardia sinusal la alteración más habitual en el electrocardiograma de deportistas, entre otras como alteraciones en el complejo QRS, alteración del segmento ST, bloqueos intervalo QT prolongado, Intervalo PR prolongado

En el análisis de carboxihemoglobina se evidencio en el %COHb pre turno <3.5% (normal) en el 67% y entre 3,51%-9,99% (niveles levemente elevados) 33%. y el %COHb pos turno, normal en un 78% y niveles elevados en un 20%, sin muestra 2% por calamidad durante el turno.

Estas mediciones fueron analizadas con la prueba t-student pareada, para mirar que diferencias habría entre la medición previa y posterior al turno, y se encontró un nivel de significancia del 5%, con lo que se puede concluir que no hay diferencia significativa entre la medida de la variable Carboxihemoglobina antes y después del turno de trabajo.

Se evidencio que en el presente estudio la población laboral, realiza diferentes actividades en la cual hay presencia de monóxido de carbono sin embargo por tratarse de espacios abierto, además de su estado de salud, en el cual se descartan patologías concomitantes, no se evidencio signos clínicos al examen físico, electrocardiográficos significativos, ni niveles altos de %COHb, pero si niveles leves que puede confirmar la explosión CO en dosis bajas, esto puede ser relacionado a uso de elementos de protección personal, a hábitos de actividad física diaria, al no tabaquismo y a la ausencia de patologías cardiovascular, además al descanso nocturno mayor a 4 horas, lo que puede influir sobre la vida media de la carboxihemoglobina

Por lo anterior se puede concluir que los hallazgos electrocardiográficos pueden corresponder a mecanismos adaptativos al ejercicio activo y constante, sin embargo, los resultados son congruentes con los efectuados en otro estudio en el que también se evidencio bradicardia como un hallazgo importante en la población laboral.

## Recomendaciones

Se recomienda para futuras investigaciones de la línea del monóxido de carbono, llegar a poblaciones expuestas como son personal de SSEI que no cuenten con los adecuados equipos de protección, y que durante su jornada se presenten mayor número de emergencias, para conocer el estado de salud de los bomberos en Colombia, otras poblaciones expuestas reportadas en la literatura son los parqueaderos subterráneos, los asaderos, talleres, policías de tránsito, vendedores ambulantes, conductores, entre otros donde se evidencio por la literatura concentraciones mayores de CO que podrían estar afectando a los trabajadores de estos espacios, sin embargo no hay registros específicos en la literatura acerca de tiempo o niveles de exposición para determinar una intoxicación crónica por monóxido de carbono, lo que permite ver la necesidad de ampliar estudios en estas poblaciones.

Se recomienda a la población de SSEI continuar con hábitos saludables como el ejercicio el no consumo de cigarrillo, ni de alcohol, y el uso de elementos de protección personal, dado que puede comportarse como un mecanismo protector.

Se sugiere ampliar estudios cardiovasculares al personal de SSEI con hallazgos positivos en el electrocardiograma como parte de un plan de promoción y prevención cardiovascular por medio de controles con paraclínicos como electrocardiograma y carboxihemoglobina

## A. Anexo A: Protocolo Medición Ambiental

### PROTOCOLO PARA LA MEDICIÓN DE MONOXIDO DE CARBONO COMO FACTOR DE RIESGO DE EXPOSICIÓN LABORAL

#### 1. Objetivo

- Diseñar un procedimiento para la medición de monóxido de carbono en equipos de baja densidad, utilizados por el cuerpo de bomberos.

#### 2. Alcance

- Este procedimiento busca establecer el paso a paso para medir monóxido de carbono en equipos de baja capacidad que son usados como herramientas esenciales en el desarrollo de las actividades por el cuerpo de bomberos.

#### 3. Términos

**Ambiente de trabajo:** Es el entorno en el que se desarrollan las funciones laborales por parte de los trabajadores.

**Detector de gases:** Equipo monitor de gases

**Equipo de extricación:** es un dispositivo usado en la extracción de víctimas atrapadas en accidentes vehiculares.

**Motosierra:** es una máquina formada por un conjunto de dientes de sierra unidos a una cadena accionada por un motor que la hace girar a alta velocidad. Normalmente tienen motores de gasolina o eléctricos. Las motosierras eléctricas pueden tener cable de electricidad o baterías.

**Planta eléctrica:** Máquina que mueve un generador de electricidad a través de un motor de combustión interna.

**Riesgo:** Es la probabilidad de presentar efectos en la salud, al estar expuesto a un peligro bajo unas condiciones específicas.

**Trabajadores:** Son las personas que desarrollan actividades para la organización, independiente de la forma de contratación.

**Valor Límite de Umbral – Limite de Exposición a corto plazo (TLV-STEL, Threshold Limit Value-Short Term Exposure Limit):** Es una concentración promedio del tiempo en la cual los trabajadores no deben ser expuestos por más de 15 minutos y que no deben de ser repetidos por más de 4 veces por día, por lo menos en 60 minutos entre exposiciones sucesivas. Este límite suplementa al TLV-TWA donde hay efectos agudos reconocidos de una sustancia cuyos efectos son primariamente de una naturaleza crónica. Los TLV-STEL son recomendados

solamente donde los efectos tóxicos han sido reportados por sus altas exposiciones a corto plazo tanto en humanos como en animales.

**VLP, Valor Límite Permisible:** Se define como la concentración de una sustancia en el aire a la que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos rápidamente día tras día, sin efecto adverso. Los VLP recomendados para evaluar la exposición ocupacional a los agentes contaminantes del aire, son los de mayor aceptación en la práctica de higiene ocupacional para los agentes químicos. Los TLV (Threshold Limit Value) revisados y publicados anualmente por la conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales de Estados Unidos (ACGIH, fueron adoptado en el país por la Resolución 2400/79 Art. 154 Cap. VIII del Ministerio del Trabajo y Seguridad Social, como los valores límites permisibles.

#### **4. Normatividad**

- Decreto 1076 de 2015 “Decreto Único Reglamentario Sector Ambiente”
- NIOSH, método 6604 de 1996
- OSHA, ID209, ID210

#### **5. Materiales, Insumos y Equipos**

- Detector de gases múltiples ALTAIR® 5X
- Monitor de gases portátil GX 2009, marca RKI

#### **6. Instrucciones operacionales del medidor de Monóxido de Carbono (CM)**

El medidor de monóxido de carbono (CM) permite la medida de niveles de monóxido de carbono bajos en partes por millón (PPM).

Está intencionado para medir niveles de CM en ambientes de aire sin circular. Utiliza un sensor químico catalítico que consume no químicos.



Su vida está primariamente determinada por el tipo de exposición. Las aplicaciones más prácticas son las que determinan si el nivel de CM interior es más elevado que el nivel al aire libre para determinar la procedencia.

El instrumento detecta cambios en los niveles de CM muy rápidamente. Lo más rápidamente y a menudo que el biper suena, indica un nivel más alto de concentración de CM.

Por encima de los 200ppm, el biper suena continuamente, y la frecuencia del tono aumenta con la concentración de CM.

Este instrumento es un medidor de monóxido de carbono portátil, fácil de usar, de 3 ½ dígitos, de tamaño compacto diseñado para simple uso y operación con una sola mano. El medidor posee una pantalla LCD iluminada.

##### **6.1 Uso del medidor de Monóxido de Carbono**

1. Deslice el interruptor a “Average” (Promedio) o “Normal” para medir la concentración de CM.
2. Permita que el medidor se estabilice al menos por 45 segundos.
3. Lleve el instrumento afuera del área o cuarto a medir y ajústelo a cero. Entonces llévelo nuevamente adentro para realizar las mediciones y/o al lugar de trabajo.
4. Exponga al sensor a una muestra de aire quieto y estable. (Ver las precauciones). La pantalla reacciona a la presencia de CM en segundos. La lectura final ocurre cuando la lectura se estabiliza.
5. Para una prueba inicial, camine alrededor del lugar a trabajar, observando las lecturas subir hasta determinar dónde se encuentran las concentraciones máximas de CM. Para medir el aire desde una rejilla conductora de aire, utilice una pompa o mida en la salida de la corriente de aire. Si la corriente de salida del aire está caliente puede afectar la lectura adversamente.
6. Presione “MAX” para la lectura de la máxima.  
Presione “HOLD” para mantener en pantalla la lectura máxima.  
Presione "  " para iluminar la pantalla.  
Presione "  " para apagar la luz de pantalla.
7. El modo “Average” (o promedio) puede leer una lectura estable.

## 6.2 Programado del sensor a cero

Conecte la alimentación del medidor y permita que la lectura de pantalla se estabilice antes de proceder, por aproximadamente 30 segundos. Entonces tome una muestra de aire fresco (aire libre de CM), remueva la tapa de la cubierta “CAL”, y utilice el destornillador adjunto para ajustar VR que está en el agujero, para luego obtener una lectura de 000+2ppm.

Si usted no está seguro sobre la calidad del aire alrededor de usted, puede aplicarle al sensor una mezcla de gas de oxígeno y nitrógeno, como está descrito bajo la calibración.

Si se encuentra con rápidos cambios de temperatura durante la operación del analizador (tales como temperatura de congelamiento a temperatura ambiente), el operador debe permitir que el analizador estabilice la temperatura ambiente al menos por 2 minutos antes de tomar la medida.

### 6.3 Detectores de CM e intercambiador de calor con grietas

El detector de CM no puede discernir si el intercambiador de calor está en buen estado. El detector de CM puede indicar si el intercambiador de calor tiene grietas solamente si todas las siguientes condiciones ocurren simultáneamente:

1. La llama genera suficiente CM (falta de oxígeno, exceso de combustión, alta temperatura).
2. El intercambiador de calor emite suficiente escape de gases por sus grietas.
3. El escape de gases emitido desde las grietas no está demasiado diluido antes de entrar en contacto con el sensor.

Un intercambiador de calor agrietado puede tener pérdida de CM aún de un pequeño chorro.

Usted podría medir altas concentraciones en un cierto punto, pero las concentraciones bajas pueden encontrarse solo a una pulgada de distancia.

4. El intercambiador de calor es la única fuente posible si CM es detectado.

### 7. Límite permisible

**Tabla 1.** Límites Permisibles Ambientales

#### NIVELES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA CONTAMINANTES CRITERIO

Contaminante	Unidad	Límite máximo permisible	Tiempo de Exposición
PST	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	100	Anual
		300	24 horas
PM10	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	70	Anual
		150	24 horas
SO <sub>2</sub>	ppm ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	0.031 (80)	Anual
		0.096 (250)	24 horas
		0.287 (750)	3 horas
NO <sub>2</sub>	ppm ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	0.053 (100)	Anual
		0.08 (150)	24 horas
		0.106 (200)	1 hora
O <sub>3</sub>	ppm ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	0.041 (80)	8 horas
		0.061 (120)	1 hora
CO	ppm ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	8.8 (10)	8 horas
		35 (40)	1 hora

Nota:  $\text{mg}/\text{m}^3$  ó  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ : a las condiciones de 298,15 ° K y 101,325 K Pa . (25 ° C y 760 mm Hg)

**Fuente:** Ministerio de Ambiente. Resolución 610 de 2010

**Tabla 2. Límites permisibles ocupacionales**

CONCENTRACIÓN Y TIEMPO DE EXPOSICIÓN DE LOS CONTAMINANTES PARA LOS NIVELES DE PREVENCIÓN, ALERTA Y EMERGENCIA

Contaminante	Tiempo de Exposición	Unidades	Prevención	Alerta	Emergencia
PST	24 horas	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	375 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	625 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	875 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
<b>PM10</b>	24 horas	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
<b>SO2</b>	24 horas	ppm ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	0.191 (500)	0.382 (1000)	0.612 (1600)
<b>NO2</b>	1 hora	ppm ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	0.212 ( 400 )	0.425 ( 800 )	1.064 (2000)
<b>O3</b>	1 hora	ppm ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	0.178 ( 350 )	0.356 (700)	0.509 (1000)
<b>CO</b>	8 horas	ppm ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	14.9 (17)	29.7 (34)	40,2 (46)

Nota:  $\text{mg}/\text{m}^3$  ó  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a las condiciones de 298,15 °K y 101,325 K Pa . (25 °C y 760 mm Hg)

Fuente: Ministerio de Ambiente. Resolución 610 de 2010.

**Tabla 3. Límite de exposición Laboral**

Sustancia	TLV
Monóxido de carbono	VLA-ED 25 ppm – 29 $\text{mg}/\text{m}^3$
	VLB 3,5% de carboxihemoglobina en hemoglobina total; 20 ppm de CO en la fracción final del aire exhalado (aire alveolar)
	OSHA ha establecido un límite legal de 55 $\text{mg}/\text{m}^3$ (50 ppmv) para monóxido de carbono en el aire promediado durante una jornada de 8 horas diarias.
	EPA ha establecido un límite ambiental de 10 miligramos por metro cúbico ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) (9 partes por millón en volumen [ppmv]) para monóxido de carbono en el aire promediado sobre 8 horas. Este límite no debe excederse más de una vez al año.

Fuente: © IPCS, CE 2007

## 8. Procedimiento de muestreo

Un nivel de 35 ppm de monóxido de carbono en el aire inspirado producirá un nivel de Carboxihemoglobina de aproximadamente un 5% en 8 horas.

### 8.1 Inspección del medidor de monóxido de carbono

- Verificar las conexiones eléctricas y neumáticas del analizador, así mismo es necesario verificar el nivel de flujo presente y el buen funcionamiento de la bomba.
- Revisar que el analizador se encuentre prendido y en modo de muestreo y no presente señales de alarma. Así mismo se debe revisar el dato en la pantalla con el fin de observar posibles variaciones.
- Revisar el funcionamiento básico del equipo, es necesario realizarle un diagnóstico general, verificando los diversos parámetros de diagnóstico que se muestran en pantalla del equipo. Dichos parámetros deben encontrarse entre los rangos recomendados por el fabricante.
- La bomba de succión integrada para realizar monitoreo remoto estará a una distancia de 1.2 mts del usuario. Según recomendaciones de OSHA.
- Se realizará medición durante la actividad normal de la jornada laboral del personal.

### 8.2 Muestreo

- Seleccionar el sitio de muestreo, verificando las condiciones climáticas y la operatividad en el lugar de medición.
- Revisar los registros de los equipos ficha técnica, marca del equipo, antigüedad del equipo, y último mantenimiento.
- Una vez calibrado el medidor de monóxido de carbono, como se estipula en el numeral 6.2, se procede a tomar las muestras.
- Tomar una muestra en el área donde se ubican los equipos, con el propósito de reportar el dato de la presencia o no de monóxido de carbono.
- Encendido de los equipos, hasta que se estabilicen y puedan entrar en operación al 100%.
- Acercar el monóxido de carbono en dirección a la salida del monóxido de carbono de los equipos.
- Tomar muestras al encendido de los equipos, y a los 10 minutos en forma repetitiva.
- Cuando haya la presencia de vehículo, tomar muestra en la cabina.

## **9. Reporte de resultados**

Una vez se tiene el reporte de los resultados de monóxido de carbono expresados en ppm, se deberán promediar cuando se tomen varios datos a un mismo equipo, vehículo o ambiente, con el propósito de hacer el comparativo con los límites permisibles.

## Anexo B: Guía Para Toma de Muestras

**Guía de toma, transporte, almacenamiento de muestras de sangre para análisis de carboxihemoglobina por Espectrofotometría UV VIS, del Laboratorio de Toxicología de la Universidad Nacional de Colombia.**

1. Información General del Documento	
Objetivo:	Garantizar la adecuada toma, transporte, almacenamiento y procesamiento de la muestra de sangre para análisis de Carboxihemoglobina por Espectrofotometría UV VIS.
Alcance:	La guía de toma de muestra de sangre está dirigido a todos los colaboradores del laboratorio de toxicología de la facultad de medicina de la Universidad Nacional de Colombia, con el propósito de garantizar las buenas prácticas de laboratorio en la prestación de servicios.
Definiciones:	<p><b>Sangre:</b> Es un tejido líquido que recorre el organismo, a través de los vasos sanguíneos, transportando células y todos los elementos necesarios para realizar sus funciones vitales. La cantidad de sangre está relacionada con la edad, el peso, el sexo, la estatura. Un adulto tiene entre 4.5 y 6 litros de sangre, el 7% de su peso.</p> <p><b>Carboxihemoglobina:</b> Es una proteína, resultante de la unión de la hemoglobina con el monóxido de carbono, la hemoglobina tiene una afinidad de 200 veces mayor por el monóxido de carbono que por el oxígeno, desplazando a este fácilmente, por lo cual hay una formación progresiva de COHb.</p> <p><b>Espectrofotometría UV VIS:</b> Es una técnica complementaria de la espectrometría de fluorescencia que trata con transiciones desde el estado excitado al estado basal, utiliza la luz en los rangos visible y adyacentes el ultravioleta (UV) cercano y el infrarrojo (IR) cercano.</p>
Documentos de Referencia (Opcional):	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Albiano N. Toxicología laboral: criterios para el monitoreo de la salud de los trabajadores expuestos a sustancias químicas peligrosas [Internet]. 2015. 522 p. Available from: <a href="https://higieneysseguridadlaboralcv.files.wordpress.com/2011/06/toxicologia_2011-1.pdf">https://higieneysseguridadlaboralcv.files.wordpress.com/2011/06/toxicologia_2011-1.pdf</a></li> <li>2. Moore K, Dalley A., Agur A. Anatomía con orientación clínica. 2010.</li> <li>3. Guyton Hall. Tratado de fisiología Médica. decima edición. 2004.</li> <li>2. Rey G, González M, Bermúdez A, Lugo L, Garzón M, Llerena C, et al. Manual para Obtención y envío de muestras para análisis de eventos de interés en salud pública. 2011. 136 p.</li> <li>3. WHO. Transporte de sustancias infecciosas relativa al Transporte de sustancias infecciosas. 2010.</li> <li>4. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Guías ambientales de almacenamiento y transporte por carretera de sustancias químicas peligrosas y residuos peligrosos. 2005;167. Recuperado a partir de: <a href="https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=190:planti-lla-asuntos-ambientales-y-sectorial-y-urbana-sin-galeria-6#información-de-interés">https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=190:planti-lla-asuntos-ambientales-y-sectorial-y-urbana-sin-galeria-6#información-de-interés</a></li> </ol>
Condiciones Generales:	

Prevalencia de hallazgos clínicos cardiovasculares y electrocardiográficos, en personal de salvamento y extinción de incendios de aeródromo expuestos a monóxido de carbono, Bogotá D.C, 2018

Desarrollo del contenido

1. MATERIALES

- Tubo tapa lila (con EDTA) mínimo 5 ml.
- Marcador indeleble.
- Guantes de nitrilo.
- Bata de laboratorio.
- Tapabocas.
- Gafas de seguridad.
- Rótulos.
- Nevera portátil.
- Pilas refrigeradoras.
- Cinta de enmascarar.
- Hoja de datos del paciente.
- Cadena de custodia de la muestra.

2. DATOS DE PACIENTE, SITIO DE TOMA Y FIRMA.

La toma de muestra es un procedimiento invasivo donde se adquiere una muestra de sangre en un tubo tapa lila con EDTA que este estéril. Para realizar la toma de muestra, el paciente debe conocer claramente los motivos por los que se realiza este examen (jurídico, médico, de seguimiento etc.) y diligenciar todos los datos requeridos en el formato de toma de muestra, los cuales deben ser corroborados con su documento de identidad oficial con foto y firma del consentimiento informado.

Se realizara la toma del examen en un sitio que cumpla con las condiciones de seguridad para el paciente.

3. TOMA DE MUESTRA.

<b>RESPONSABLE</b>	Enfermera.
<b>PROCEDIMIENTO</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Tomar el tubo tapa lila con EDTA, verificar que sea nuevo y se encuentre en buenas condiciones.</li><li>2. Realizar marcado del recipiente con marcador indeleble preferiblemente en rotulo adhesivo donde contenga identificación del paciente y fecha de la toma.</li><li>3. Se toma la muestra especialmente en la vena del brazo, mediante la colocación de un torniquete, se identifica la vena, realiza previa sepsia y antisepsia en el sitio que se va a punzar, se introduce la aguja y se toman uno o dos tubos, se retira el torniquete, se saca la aguja y se introduce al guardián, se coloca un algodón donde fue insertada la aguja y los tubos se ingresan a la cava refrigerada.</li><li>4. Verificación de características de la muestra (no se puede dejar un vacío para evitar que la muestra esté en contacto con el aire, el volumen mínimo 0.5 mL).</li><li>5. diligenciamiento de cadena de custodia.</li></ol>
<b>MARCADORES</b>	Verificación de identidad de la muestra.
<b>PRODUCTO</b>	Toma de muestra de sangre. Informar fecha de entrega de resultado y forma de entrega.

4. TRANSPORTE.

<b>RESPONSABLE</b>	Personal de toma de muestra y persona encargada del trabajo de investigación.
--------------------	-------------------------------------------------------------------------------

<b>PROCEDIMIENTO</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La muestra corresponde a una sustancia infecciosa categoría B, por lo que para el traslado debe seguir las pautas descritas por la Organización Mundial de la Salud.</li> <li>2. Se requiere de una nevera portátil. 2. La muestra recolectada puede ser transportada a temperatura ambiente (18-25°C, refrigerada (2 a 8 ° C) y congelada -20 ° C es inaceptable.</li> <li>3. La muestra debe ir rotulada, con su cadena de custodia, debe estar bien sellada y cumpliendo siempre con la trazabilidad de los procedimientos realizados hasta recepcionar las muestras en el Laboratorio de Toxicología.</li> <li>4. En caso de rotura, fuga o derrame se debe lavar el área afectada con agua y jabón o solución antiséptica; notificar el accidente e iniciar el procedimiento para limpieza para derrames con sustancias biológicas, categoría B; uso de elementos de protección personal; cubrir el derrame con un paño o toalla de papel para que no se extienda, eliminar los materiales contaminados en doble bolsa roja y depositarlos en un envase adecuado para su eliminación, para ser entregados a la ruta sanitaria para su tratamiento y disposición final.</li> </ol>
<b>MARCADORES</b>	Verificación de cadena de custodia. Verificación de refrigeración.
<b>PRODUCTO</b>	Muestra de sangre entregada en el laboratorio.

5. ALMACENAMIENTO.

<b>RESPONSABLE</b>	Personal de laboratorio.
<b>PROCEDIMIENTO</b>	Almacenamiento: La muestra recolectada puede ser transportada a temperatura ambiente (18-25°C); para una estabilidad de la muestra de 5 días; refrigerada (2 a 8 ° C) para una estabilidad de la muestra de 10 días y congelada -20 ° C es inaceptable.
<b>MARCADORES</b>	Estabilidad de la muestra.
<b>PRODUCTO</b>	Muestra de sangre almacenada

Elaboró:	Leidy Alejandra Mayorga Ruge	Revisó:	Diana Carolina Chávez Silva	Aprobó:	Diana Carolina Chávez Silva
Cargo:	Estudiante de Maestría en Toxicología UNAL	Cargo:	Docente de la Maestría en Toxicología UNAL	Cargo:	Docente de la Maestría en Toxicología UNAL
Fecha:	17 de Octubre 2018	Fecha:		Fecha:	



## C. Anexo C: Instrumento de recolección de datos

Registro de muestras de sangre para COHb%

REGISTRO DE MUESTRAS DE SANGRE COHb%						
FECHA	CODIGO	NOMBRE	IDENTIFICACION	EDAD	MUESTRA A	MUESTRA B

**Registro electrocardiográfico**

**"HALLAZGOS CLÍNICOS CARDIOVASCULARES Y ELECTROCARDIOGRÁFICOS RELACIONADAS CON EXPOSICIÓN A MONÓXIDO DE CARBONO.2017" \***

**REGISTRO ELECTROCARDIOGRÁFICO**

Lugar, fecha y hora de realización:

**1. DATOS GENERALES**

NOMBRE	
DOCUMENTO IDENTIDAD	
GENERO Y ESTADO CIVIL	
FECHA Y LUGAR DE NACIMIENTO	
LUGAR DE TRABAJO	
LUGAR DE RESIDENCIA	

**2. PARAMETROS CUALITATIVOS**

1. Ritmo cardíaco: \_\_\_\_\_
2. Eje cardíaco: \_\_\_\_\_
3. ¿presencia de bloqueo? SI \_\_\_ NO \_\_\_  
 Tipo de bloqueo \_\_\_\_\_
4. Segmento ST \_\_\_\_\_
5. Onda P, Onda T, onda Q \_\_\_\_\_
6. Complejo QRS : \_\_\_\_\_
7. Describe cualquier otra alteración electrocardiográfica cualitativa  
 \_\_\_\_\_

**3. PARAMETROS CUANTITATIVOS**

PARAMETRO	VALOR ENCONTRADO	RANGO NORMAL
Frecuencia cardíaca		60-90x 60-100x
Intervalo QT		0.32-0.40 seg
Intervalo PR		0.12-0.20 seg
Complejo QRS		0.08-0.12 seg

**4. Conclusiones diagnósticas**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
 Médico evaluador  
 RM

\* Documento tomado de tesis: "ALTERACIONES CLÍNICAS CARDIOVASCULARES Y NEUROCONDUCTUALES RELACIONADAS CON EXPOSICIÓN A MONÓXIDO DE CARBONO.2005-2008"

## Valoración médica Toxicológica

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
FACULTAD DE MEDICINA- DEPARTAMENTO DE TOXICOLOGIA  
MAESTRIA DE TOXICOLOGIA

"HALLAZGOS CLINICOS CARDIOVASCULARES Y ELECTROCARDIOGRAFICOS  
RELACIONADAS CON EXPOSICION A MONOXIDO DE CARBONO.2017" \*

Lugar y fecha de realización: \_\_\_\_\_

### I. DATOS GENERALES

NOMBRE	
DOCUMENTO IDENTIDAD	
GENERO Y ESTADO CIVIL	
FECHA Y LUGAR DE NACIMIENTO	
LUGAR DE TRABAJO	
LUGAR DE RESIDENCIA	
NIVEL DE ESCOLARIDAD	
JORNADA DE TRABAJO (D-N-ROT- NA)	

### II. ANTECEDENTES LABORALES

EMPRESA	OFICIO/CARGO	TIEMPO DE TRABAJO

### III ANTECEDENTES PERSONALES Y FAMILIARES.

#### 1. ANTECEDENTES DE EXPOSICION A FACTORES DE RIESGO

- ¿En su residencia cocinan o han cocinado con leña o carbón?  
SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_  
¿Durante cuanto tiempo ha cocinado o cocino con leña o carbón? \_\_\_\_\_  
¿Cuánto hace que cocino con carbón o leña? \_\_\_\_\_
- ¿Reside cerca de algún sitio donde se elaboren ladrillos o se elabore cal?  
SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_ A que distancia \_\_\_\_\_
- ¿Actualmente es fumador de cigarrillo, tabaco, pipa u otras sustancias?  
SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_
- ¿Cuál sustancia? \_\_\_\_\_
- ¿Cuánto hace que fuma? \_\_\_\_\_
- ¿Cuántos cigarrillos fuma al día? \_\_\_\_\_
- ¿Fue fumador de cigarrillo, tabaco, pipa u otras sustancias? SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_
- ¿Cuál sustancia? \_\_\_\_\_
- ¿Cuánto tiempo fumo? \_\_\_\_\_
- ¿Cuántos cigarrillos fumaba al día? \_\_\_\_\_
- ¿Es o ha sido consumidor de bebidas alcohólicas por lo menos semanal?  
SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

Explique \_\_\_\_\_

## Continuación

- ¿Hace usted ejercicio (mínimo 30 minutos al día por lo menos 3 veces a la semana)?  
SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

### 2. ANTECEDENTES PATOLÓGICOS

- ¿Le ha sido diagnosticada en alguna ocasión una enfermedad mental o psicológica?  
SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

Explique \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

- ¿Ha sufrido de convulsiones o cualquier otra alteración neurológica?  
SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

Explique \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

- ¿Ha sufrido algún traumatismo craneal?  
SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

Explique \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

- ¿A usted le ha sido diagnosticada alguna enfermedad del corazón o vascular?  
SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_ CUAL \_\_\_\_\_  
Insuficiencia cardíaca 2. Infarto 3. Dolor precordial (angina) 4. Hipertensión 5. Otra (cual)  
\_\_\_\_\_

- Recibe o ha recibido medicamentos formulados para el tratamiento de alguna enfermedad cardiovascular por un periodo superior a 1 mes?  
SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

Cual \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

- Le han dicho que tiene el colesterol alto?  
SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

- Le han dicho que tiene los triglicéridos altos?  
SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_  
Hace cuanto? \_\_\_\_\_

- Toma medicamentos para bajar el colesterol o los triglicéridos?  
SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_ CUAL \_\_\_\_\_

- Sufre de Diabetes?  
SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_ Hace cuanto \_\_\_\_\_

- ¿Recibe o ha recibido medicamentos formulados para el tratamiento de alguna enfermedad mental o psicológica por un periodo superior a un mes?  
SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

Cuales \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

- Recibe o ha recibido medicamentos formulados para el tratamiento de alguna enfermedad neurológica por un periodo superior a 1 mes?  
SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

## Continuación

Cuales \_\_\_\_\_

- ¿ Le ha sido diagnosticada alguna enfermedad pulmonar o respiratoria?  
SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

Explique \_\_\_\_\_

- Recibe o ha recibido medicamentos formulados para el tratamiento de alguna otra enfermedad por un periodo superior a 1 mes?  
SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

Cuales \_\_\_\_\_

- ¿ Ha estado recluido en algún hospital psiquiátrico o en alguna casa de reposo por alguna enfermedad mental?  
SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

Explique \_\_\_\_\_

- Ha tenido que ser hospitalizado en alguna ocasión a consecuencia de una enfermedad al corazón o de los vasos consecuencias?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

1. Crisis hipertensiva 2 accidente cerebro 3. Insuficiencia cardiaca 4 infarto agudo del miocardio 5. Dolor en el pecho (angina) 6 otras enfermedades :  
cual \_\_\_\_\_

- ¿le ha sido realizada en alguna ocasión una cirugía cardiaca?  
SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_ ¿cuál? \_\_\_\_\_

- ¿le ha sido diagnosticada a algún familiar una enfermedad mental o psicológica?  
(demencia, neurosis, enf. ciclotímica)  
SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_ ¿cuál? \_\_\_\_\_

- ¿le ha sido diagnosticada a algún familiar una enfermedad neurológica?(neuropatía, Parkinson, convulsiones)  
SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_ ¿cuál? \_\_\_\_\_

- ¿le ha sido diagnosticada a alguna familiar tensión arterial alta?  
SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_ a quién? \_\_\_\_\_

1. Padre 2 madre 3. Hermanos 4. Otro ¿cuál? \_\_\_\_\_

- ¿le ha sido diagnosticada a algún familiar alguna enfermedad de corazón?  
SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_ a quién? \_\_\_\_\_

Padre 2 madre 3. Hermanos 4. Otro ¿cuál? \_\_\_\_\_

- ¿algún familiar directo ha padecido ataque cardíaco antes de los 65 años?  
SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_ a quién? \_\_\_\_\_ ¿a qué edad? \_\_\_\_\_

1. Padre. 2. Madre. 3. Hermanos. 4. Otro ¿cuál? \_\_\_\_\_

## Historia clínica cardiovascular

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
FACULTAD DE MEDICINA- DEPARTAMENTO DE TOXICOLOGÍA  
MAESTRIA DE TOXICOLOGÍA

"HALLAZGOS CLÍNICOS CARDIOVASCULARES Y ELECTROCARDIOGRÁFICOS RELACIONADAS CON EXPOSICIÓN  
A MONÓXIDO DE CARBONO 2017" \*

Lugar y fecha de realización: \_\_\_\_\_

NOMBRE:

CODIGO:

IDENTIFICACION:

### EXAMEN CLÍNICO CARDIOVASCULAR

#### 1. SINTOMATOLOGÍA

- ¿percibe usted el latido de su corazón (se le acelera el corazón o siente que salta)?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

- ¿ha perdido usted normalmente la conciencia y se ha caído?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

- ¿Presenta marcos frecuentes?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

- Siente con frecuencia dolor en el pecho?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

- ¿El dolor se asocia con 1. Ejercicio, 2. frío, 3. Emociones, 4. Cuando come mucho, 5. Cuando está en reposo, Explique?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

Explique

- ¿El dolor se irradia a alguna parte?

1. Brazo izquierdo 2. Cuello 3. Mandíbula 4. Espalda 5. Boca del estómago

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

- ¿el dolor se asocia a 1. Náuseas, 2 mareos, 3 vomito o a4. Sudoración?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

- ¿se ahoga con frecuencia o le falta el aire o se fatiga injustificadamente?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

- Este ahogo o falta de aire se da cuando:

1. Come 2. Camina 3. Sube escaleras 4. Trabaja 5. Abotonarse la camisa o  
Peinarse.

- ¿se despierta bruscamente una o dos horas después de acostarse con la sensación de ahogo?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

- ¿se le "hinchan los tobillos"?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

- Con que frecuencia se le "hinchan"?

**Continuación**

SI \_\_\_\_ NO \_\_\_\_

1. Todos los días 2. Todas las semanas 3. Ocasionalmente

- ¿Je sule la pastorrilla?

SI \_\_\_\_ NO \_\_\_\_

**2. CONSTANTIS FISIOLOGICAS**

Peso	
Talla	
Índice de masa corporal	
Frecuencia cardíaca	
Frecuencia respiratoria	
F.A. brazo derecho	
F.A. brazo izquierdo	

**3. EXAMEN FÍSICO**

**Cabeza y cuello**

- ¿Ingurgitación yugular? SI \_\_\_\_ No \_\_\_\_
- ¿Cianosis peribucal? SI \_\_\_\_ No \_\_\_\_

**Tórax**

- Inspección torácica (1. notificación de diámetros, 2. Pectum excavatum, 3. Otras alteraciones o deformidades)

Normal \_\_\_\_\_ Anormal \_\_\_\_\_ otra, cuál?

- Auscultación pulmonar (presencia de 1. Crepitos 2. Estertores)

Normal \_\_\_\_\_ Anormal \_\_\_\_\_

- Ritmo cardíaco: rítmico \_\_\_\_\_ arrítmico \_\_\_\_\_
- Timbre de ruidos cardíacos: característicos \_\_\_\_\_ reforzados \_\_\_\_\_
- Soplos cardíacos: SI \_\_\_\_ NO \_\_\_\_  
1. Mitrál 2. Tricúspideo 3. Aórtico 4. pulmonar

**Vascular periférica**

- ¿varicos? SI \_\_\_\_ NO \_\_\_\_
- Evaluación de los pulsos periféricos en cuanto a simetría, intensidad, amplitud  
1. Carotídeo 2. Radial 3. Braquial 4. Femoral 5. Pedio

Normales (todos) \_\_\_\_\_ anormales \_\_\_\_\_ ¿Cuál?

- ¿Cianosis ungual? SI \_\_\_\_ NO \_\_\_\_
- ¿Úlcer en vidrio de reloj? SI \_\_\_\_ NO \_\_\_\_
- ¿Alteración en la perfusión distal? SI \_\_\_\_ NO \_\_\_\_

**Abdomen**

- ¿hepatomegalia? SI \_\_\_\_ NO \_\_\_\_
- ¿esplenomegalia? SI \_\_\_\_ NO \_\_\_\_
- Describe otras hallazgos de la exploración clínica cardiovascular?

## D. Anexo D: consentimiento informado

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
FACULTAD DE MEDICINA  
DEPARTAMENTO DE TOXICOLOGÍA

Yo \_\_\_\_\_ he sido informado (a) que la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia – sede Bogotá, está llevando a cabo un proyecto de investigación sobre la determinación de monóxido de carbono y de hallazgos al electrocardiograma personal de salvamiento y extinción de incendios de aeródromo expuestos a monóxido de carbono.

He decidido voluntariamente participar en el estudio, entiendo que para ello necesito responder una serie de preguntas generales para el estudio y que serán de carácter general sobre aspectos personales y laborales.

Se me ha informado que este estudio permitirá determinar las concentraciones de monóxido de carbono presentes en la muestra de sangre y que permitirá de alguna manera contribuir en la investigación del estado de salud de las personas expuestas ocupacionalmente al monóxido de carbono.

Entiendo que para el desarrollo del estudio es necesario una valoración por médico general, la toma de un electrocardiograma y la recolección de 5 mL a 7 mL de sangre dos veces en un mismo día, al inicio y finalización de la jornada laboral. Además, se me ha explicado que el proceso de extracción de muestra será realizado por personal idóneo (perteneciente al área de la salud) y que todos los elementos de bioseguridad necesarios y material nuevo serán empleados. Sin embargo, si al participar se desarrolla alguna condición desfavorable, entiendo que se me ofrecerá orientación médica competente.

Se me ha preguntado si tengo alguna duda acerca del estudio en este momento y que de llegar a presentar dudas posteriores pueden ser resueltas en el Departamento de Toxicología de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia.

Firma del representante legal

Firma Investigador

\_\_\_\_\_  
C.C.


\_\_\_\_\_  
C.C.

Firma del Profesor Tutor

\_\_\_\_\_  
C.C.

## E. Anexo E: Concepto de aprobación por comité de ética

Comité de Ética  
Facultad de Medicina  
Sede Bogotá



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE COLOMBIA

ACTA DE EVALUACIÓN: N°. 008-108-17  
Fecha: 25 de mayo de 2017

Nombre completo del proyecto: "PREVALENCIA DE HALLAZGOS CLÍNICOS CARDIOVASCULARES Y ELECTROGRÁFICOS, EN PERSONAL DE SALVAMIENTO Y EXTINCIÓN DE INCENDIOS DE AERÓDROMO EXPUESTOS A MONÓXIDO DE CARBONO, BOGOTÁ, 2017".

Versión número: 01

Sometido por: la estudiante Yeimy Carolina Galeano Barbosa

Dirigido por: la profesora Alba Isabel Rodríguez Pulido

Presentado por: la profesora Alba Isabel Rodríguez Pulido, Coordinadora Académica

Departamento o Sección: Programa Curricular Maestría en Toxicología de la Facultad de Medicina

Fecha en que fue sometido a consideración del Comité: 25 de mayo de 2017

EL COMITÉ DE ÉTICA DE INVESTIGACION DE LA FACULTAD DE MEDICINA. Se constituyó mediante la Resolución 152, (Acta No. 43 del 5 de diciembre de 1996) actualizado mediante resolución 008 (acta 03 de 27 de enero de 2011), de Consejo de Facultad el Comité de Ética de investigación, el cual está regido por la Resolución 008430 del 4 de octubre de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia que estableció las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud; los principios de la Asamblea Médica Mundial expuestos en su Declaración de Helsinki de 1964, última revisión del año 2000; y el código de regulaciones federales, título 45, parte 46, para la protección de los sujetos humanos, del departamento de salud y servicios humanos de los institutos Nacionales de Salud de los Estados Unidos (Junio 18 de 1991).

- Sus miembros revisaron los siguientes documentos del presente proyecto:
  - ✓ Carta de presentación del proyecto generada por la unidad básica o el departamento.
  - ✓ Copia de la evaluación de los jurados o pares académicos que evaluaron y aprobaron el trabajo
  - ✓ Copia del proyecto completo de investigación.
  - ✓ Dos resúmenes ejecutivos.
  - ✓ Dos copias del consentimiento informado (en español y cuando la investigación lo amerite).
  - ✓ Hojas de vida resumidas de los investigadores y coinvestigadores del proyecto
  - ✓ Consideraciones éticas según resolución 8430 Ministerio de Salud.
  - ✓ Resultados de evaluación por otros comités (si aplica)
- El presente proyecto fue evaluado y aprobado por los siguientes miembros del Comité:
 


1	Amador Luis Roberto	Departamento de Patología
2	Arteaga Díaz Clara Eugenia	Departamento de Morfología
3	Duarte Gutiérrez Liz Marcela	Asesora Jurídica Facultad de Medicina
4	Guerrero Fonseca Carlos Arturo	Departamento de Ciencias Fisiológicas
5	Parra Pineda Mario Orlando	Departamento de Obstetricia y Ginecología
- El Comité consideró que el presente estudio:
  - Es válido desde el punto vista ético. La investigación involucra un riesgo igual al promedio para los sujetos que participan en ella. La investigación se ajusta a los estándares de la buena práctica clínica.

[Página 1/1]  
Elaboró Jeannette Pineda A.

Carrera 30 N°. 45-03  
FACULTAD DE MEDICINA, Edificio 471 - 1 piso, Of.136  
Commutador: (57) (1) 316 5000 ext. 15167  
Bogotá, Colombia  
eticanaluf\_fmboq@unal.edu.co

Patrimonio  
de todos  
los colombianos

SESQUICENTENARIO  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA



b. El Comité considera que las medidas que están siendo tomadas para proteger a los sujetos humanos son adecuadas.

**4. El Comité informará inmediatamente a las directivas institucionales:**

- a. Todo desacato de los investigadores a las solicitudes del Comité.
- b. Cualquier suspensión o terminación de la aprobación por parte del Comité.

**5. El Comité informará inmediatamente a las directivas, toda información que reciba acerca de:**

- a. Lesiones o daños a sujetos humanos con motivo de su participación en la investigación Problemas imprevistos que involucren riesgos para los sujetos u otras personas.
- b. Cualquier cambio o modificación a este proyecto que haya sido revisado y aprobado por este comité

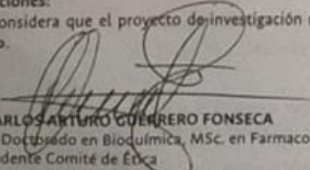
**6. Cuando el proyecto sea aprobado, será por un periodo de un (1) año a partir de la fecha de aprobación.**

**7. El Investigador principal deberá:**

- a. Informar de cualquier cambio que se proponga introducir en el proyecto. Estos cambios no podrán ejecutarse sin la aprobación previa del COMITÉ DE ÉTICA DE LA FACULTAD DE MEDICINA excepto cuando sean necesarios para minimizar o suprimir un peligro inminente o un riesgo grave para los sujetos que participan en la investigación.
- b. Avisar de cualquier situación imprevista que se considere implica algún signo de riesgo para los sujetos o la comunidad o el medio en el cual se lleva a cabo el estudio.
- c. Informar de cualquier evento adverso serio de algún paciente, comunicando la situación al secretario y al presidente del Comité de Ética, de acuerdo con la normatividad que el INVIMA ha generado a este respecto.
- d. Poner en conocimiento del comité toda información nueva importante respecto al estudio, que pueda afectar la relación riesgo/beneficio de los sujetos participantes.
- e. Comunicar cualquier decisión tomada por otros comités con respecto a la investigación que se lleva a cabo.
- f. Informar de la terminación prematura o suspensión del proyecto explicando las causas o razones.
- g. Presentar a este comité un informe cuando haya transcurrido un año, contado a partir de la aprobación del proyecto. Los proyectos con duración mayor a un año, serán reevaluados a partir del informe de avance integrado.
- h. Todos los proyectos deben entregar al finalizar un informe final de cierre del estudio, este cierre puede ser el informe final en formato completo o en formato de resumen de cierre de estudio, firmado por el investigador responsable del estudio.

**8. Observaciones:**

El comité considera que el proyecto de investigación no presenta dilemas éticos por lo tanto emite **Concepto Aprobatorio**.



Nombre: CARLOS ARTURO GUERRERO FONSECA  
Título: PhD Doctorado en Bioquímica, MSc. en Farmacología y MSc. en Genética Humana  
Cargo: Presidente Comité de Ética

[Página 2/2]  
Elaboró Jeannette Pineda A.

Carrera 30 N°. 45-03 Patrimonio  
FACULTAD DE MEDICINA, Edificio 471-1 piso, Of. 136 de todos  
Conmutador: (57) (1) 316 5000 ext. 15167 los colombianos  
Bogotá, Colombia  
eticasalud\_fmbog@unal.edu.co

## F. Anexo F: Resultados de %COHb.

No. de participantes	MUESTRA	
	A	B
1	3	3,6
2	3,08	3,21
3	3,21	3,17
4	3,88	3,04
5	2,83	3,12
6	3,08	2,68
7	4,01	3,13
8	2,93	3,39
9	3,28	5,66
10	3,66	2,77
11	3,49	3,58
12	4,03	3,03
13	4,29	4
14	4,18	2,17
15	3,64	3,69
16	3	3,15
17	3,26	Sin Muestra
18	4,16	5,12
19	3,22	4,53
20	2,72	2,42
21	3,07	3,2
22	3,56	2,8
23	3,19	3,02
24	3,43	3,09
25	3,43	3,5

No. de participantes	MUESTRA	
	A	B
26	4,11	3,85
27	2,9	3,72
28	4,17	3,27
29	3,42	3,37
30	3,54	3,22
31	3,3	3
32	4,7	3,7
33	3,7	2,7
34	3	2,9
35	3,9	3,2
36	3,7	3,2
37	3	2,2
38	2,6	2,8
39	2,7	2,9
40	2,8	2,8
41	2,1	2,1
42	3,4	2,7
43	2,5	2,5
44	2,8	2,4
45	2,5	2,8
46	2,3	2,8
47	2,3	2,7
48	2,9	2,7
49	2,8	2,8

Reporte de %COHB del Laboratorio de Toxicología de la Universidad Nacional de Colombia.



NOMBRES Y APELLIDOS		RADICACION No	
FECHA	Mayo 09 de 2018	SEXO	
EDAD		PROCEDENCIA	AEROSANIDAD- Dra. Carolina Galeano
TELEFONO	2205674 Bogotá		

**ANÁLISIS QUÍMICO TOXICOLÓGICO**

Fecha de recepción	Análisis Químico	Muestra	Método Analítico	Resultado	Valores de Referencia	Fecha de Análisis
2018-03-08	Carboxihemoglobina 1A	Sangre	Espectrofotometría UV-VIS	3,1	Población General hasta 2%	2018-03-09
2018-03-08	Carboxihemoglobina 1B	Sangre	Espectrofotometría UV-VIS	3,2	Población General 2%	2018-03-09

Nota: el resultado sólo aplica para la muestra recibida.

Profesional responsable del análisis: *[Firma]*  
**Coordinadora Laboratorio de Toxicología**  
**Docente Asociada Departamento de Toxicología**

📁 Archivo

OBS: El Laboratorio es responsable de la muestra recibida y el resultado no se puede reproducir sin aprobación previa del Laboratorio  
 Conmutador: 3165000 Ext: 15184, 15056, 15120 - 3165153  
 Facultad de Medicina - Of: 203

## Bibliografía

1. Salas I, Sandoval VC. Contaminación ambiental del aire en Buenos Aires, Argentina. *Interamerican Journal of Environment and Tourism*. 2012; 8(1): p. 34-41.
2. Matus P, Lucero R. Norma primaria de la calidad del aire. *Revi. Chil. Enferm. respir.* 2002 abril; 18(2).
3. Moretón J. Contaminación del aire en Argentina. Universo ed. Argentina; 1996.
4. Kin HJ, Yun Kyung Chung. Carbon monoxide poisoning-induced cardiomyopathy charcoal at a barbecue restaurant: a case report. *Ann Occup Environ Med*. 2015 abril; 27(13).
5. Lippi G, Rastelli G. Pathophysiology, clinics, diagnosis and treatment of heart involvement in carbon monoxide poisoning. *Clin Biochem*. 2012 nov; 45(16-17).
6. Fajardo A., Rodríguez A. Estudio comparativo del comportamiento clínico cardiovascular y electrocardiográfico en dos poblaciones expuestas a monóxido de carbono. *Rev. Fac. Med*. 2012 nov; 60(4): p. 303-310.
7. Honeywell analytics. Parking garage guide. Canada; 2015.
8. Observatorio ambiental de Bogotá. [Online].; 2015 [cited 2016 noviembre 22]. Available from: <http://oab.ambientebogota.gov.co/es/indicadores?id=>.
9. Rojas N. Aire y problemas ambientales de Bogotá Bogotá: Foro Nacional Ambiental; 2007.
10. EPA, los Automóviles y el monóxido de carbono. United States 1993. Environmental Protection Agency. 1993.
11. Unidad Administrativa de Aeronáutica Civil- Oficina de Transporte Aéreo. Reglamento Aeronáutico de Colombia; 2007.
12. Ministerio del interior y de justicia,. Reglamento general, administrativo, operativo, técnico y académico de los bomberos de Colombia. Decreto Reglamentario Ley1408 de 2010.
13. Ministerio de Salud Presidencia de la Nación. Guía de prevención, diagnóstico, tratamiento y vigilancia epidemiológica de las intoxicaciones por monóxido de carbono. 2011th ed. Argentina; 2016.
14. Murcia M., toxiconet. [Online].; 2014 [cited 2018 06 06 [Monóxido de carbono]]. Available from: <http://www.murciasalud.es/toxiconet.php?iddoc=172106&idsec=4014>.

15. Carballo B, Exposición al monóxido de carbono del personal especialista en extinción de incendios forestales. *Rev Esp de Salud Pública*. 2010 Nov; 84(6): p. 799-807
16. Cendeño J. Exposición Ambiental a Monóxido de Carbono En trabajadores del Terminal de Pasajeros de Ciudad de Bolívar, Estado de Bolívar. 2010. trabajo de tesis, Universidad de Oriente Bolívar de Venezuela.
17. Ruiz M. Determinación de niveles de contaminación por monóxido de carbono en trabajadores de tortillerías a base de leña de la ciudad de Guatemala. 2011. Tesis, Universidad de San Carlos de Guatemala.
18. Canelo M., Medidas de frecuencia, asociación e impacto en investigación aplicada. *Med Segur Trab*. 2008 Jun; 54(211): p. 93-102.
19. Ruge L., Guía de toma, transporte, almacenamiento de muestras de sangre para análisis de carboxihemoglobina por espectrofotometría UV VIS. 2018. Laboratorio de toxicología de la facultad de medicina de la Universidad Nacional de Colombia.
20. 64° Asamblea Médica Mundial. DECLARACIÓN DE HELSINKI DE LA AMM – PRINCIPIOS ÉTICOS PARA LAS INVESTIGACIONES MÉDICAS EN SERES HUMANOS. [Online].; 2013 [cited 2017 noviembre 22. Available from: <https://www.wma.net/es/policies-post/declaracion-de-helsinki-de-la-amm-principios-eticos-para-las-investigaciones-medicas-en-seres-humanos/>.
21. Ministerio de salud Republica Colombiana. Resolución N° 008430 de 1993. In Resolución número 8430 de1993; 1993; Bogotá.
22. salud Md. Invima. [Online].; 2008 [cited 2019 marzo 10 [Resolución 2378 junio 27 de 2008]. Available from: <https://www.invima.gov.co/resoluciones-medicamentos/302-resolucion-2378-junio-27-de-2008.html>.
23. Pérez T. Manual para el análisis toxicológico en el laboratorio de urgencias. primera ed. Bogota: Digiprint Editores; 2009.
24. CDC. Centro para el Control y Prevención de Enfermedades de los Estados Unidos. [Online].; 2018 [cited 2018 12 17. Available from: <https://www.cdc.gov/spanish/especialescdc/envenenamientoco/>.
25. Córdoba D. Toxicología. 5th ed. Bogotá: Manual Moderno; 2006.
26. Louise K. Envenenamiento por monóxido de carbono. *Clínicas de medicina de emergencia*. 2004; 22(4).
27. Ortiz S. Intoxicación por Monóxido de Carbono. *Rev Act Clin Med*. 2013 septiembre; 36: p. 1842-184628.

28. Olujimi O., Air quality index from charcoal production sites, carboxyhemoglobin and lung function among occupationally exposed charcoal workers in South Western Nigeria. SpringerPlus. 2016 septiembre; 5(15-46).
29. Olius G., Intoxicación por monóxido de carbono: claves fisiopatológicas para un buen tratamiento. Emergencias. 2010; 22: p. 451-459.
30. Téllez J., Contaminación por Monóxido de Carbono: un Problema de Salud Ambiental. Rev. salud pública. 2006 marzo; 8: p. 108-117.
31. Vargas L. Emergencias - Toxicidad por Monóxido de Carbono. Sección XVII-Toxicología ed.; 2014.
32. L.Wu. Monóxido de carbono: la producción endógena, funciones fisiológicas, farmacológicas y pariciones. Pharmacol Rev.. 2005. .
33. Lee S. presentación de un caso de envenenamiento por monóxido de carbono cardiomiopatía inducida complicada con trombo ventricular derecha. J. Cardiovascular ULtrasoud. 2011; 09.
34. Gandini C. Carbon cardiotoxicidad monoxido. J Toxicol Toxicology.. 2011; 39.
35. Díaz L. Alteraciones neuropsicológicas por exposición crónica a concentraciones bajas de monóxido de carbono en trabajadores de autopista de peaje de México. Rev Salud Mental. 2015; 38: p. 353-359.
36. Ping LC. Brain injury after acute carbon monoxide poisoning: early and late complications. AJR. 2007 oct; 189.
37. Weaver L. Carbon Monoxide Poisoning. N Engl J Med. 2009 marzo; 360: p. 1217-1225.
38. Borrás L. Long-Term psychiatric consequences of carbon monoxide poisoning: a caso report and literature review. Revue Med Interne. 2009 ene; 30.
39. Aoki H. Analisis clinico de la intoxicación aguda por monóxido de carbono con lesión miocárdica. 2012.
40. C.Gandini. Cardiac damage in pediatric carbon monoxide poisoning. J Toxicol Clin Toxicol. J Toxicol Clin Toxicol. 2001; 39: p. 45-51.
41. Sandra D. Las manifestaciones cardiovasculares de moderada a severa intoxicación por monoxido de carbono.. J am Coll.. 2005; 45.
42. Lichtarska D. Troponina síndromes coronarios agudos positivos en el curso de la intoxicación aguda por monóxido de carbono como el factor de exposición de la enfermedad cardíaca coronaria primaria no diagnosticada previamente. 2011.

43. Cifuentes L. Miocardiopatía de takotsubo desencadenada por la utilización o exposición a drogas de abuso, sustancias químicas o venenos de origen animal. *Rev Colomb Cardiol*. 2017; 24: p. 117-127.
44. 1ra Sociedad Española de médicos de atención. Un electrocardiograma inquietante: ondas T negativas en precordiales izquierdas de un deportista afroamericano. *Semergen*. 2016; 42.
45. NIOSH. Prevención de envenenamiento con monóxido de carbono producido por herramientas y equipos con motores pequeños de gasolina. Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH). 1996 diciembre.
46. Ministerio de Ambiente. Resolución 610 de 2010. Resolución 610 de 2010..
47. Ministerio de Salud y Protección Social. Modelo de fuerzas motrices en el marco de la dimensión de salud ambiental del plan decenal de salud pública. 2012-2021..
48. Díaz D. Validación del método para determinación carboxihemoglobina. 2011. Tesis.
49. Rosas R OAMDGNAS. [Online].; 2016 [cited 2018 julio 15. Available from: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/23887>.
50. Trujillo R. Factores esenciales en la medición clínica de la tensión arterial. *Rev Cubana Med Gen Integr*. 1997 agosto.
51. [Online].; 2018 [cited 2018 mayo 2018. Available from: <https://www.mayoclinic.org/es-es/tests-procedures/ekg/about/pac-20384983>.
52. eresmas. [Online].; 2018 [cited 2018. Available from: <http://www.eresmas.com/js/logs.js>.
53. Miguel PE. hipertensión arterial, un enemigo peligroso. *Acimen*. 2009; 20(3).
54. Velez S. ¿Qué es una dislipidemia y cuál es el riesgo si se presneta? *Revista Colombiana de Cardiología*. 2005 junio; 11(2): p. 411.413.
55. Pérez AB. "El corazón del deportista": hallazgos electrocardiográficos más frecuentes. *Rev Esp Cardiol*. 1998 mayo; 51(5): p. 356-68.
56. Guía Cardiología Deportiva REMA. [Online].; 2017 [cited 2019 mar 9. Available from: <https://academic.oup.com/eurheartj/article/doi/10.1093/eurheartj/ehw631/2965923/International-recommendations-for>.
57. Serratos L. comentarios a los nuevos criterios internacionales para la interpretación del electrocardiograma del deportista. *Rev Esp Cardiol*. 2017 noviembre; 2017(11).

58. Mayo Clinic. [Online].; 2018 [cited 2019 marzo 8. Available from: <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/left-ventricular-hypertrophy/symptoms-causes/syc-20374314>.
59. Morillas H. Fragmentación del complejo QRS en pacientes con miocardiopatía dilatada y cardiomiopatía isquémica: diferencia básica. Rev Esp Cardiol. 2013; 66.
60. García M. Complejo QRS fragmentado. utilidad como predictor de riesgo cardiovascular y correlación con trastorno regionales de motilidad y anatomía coronaria. Rev Insuf Card. 2013; 8(1).
61. Bloqueo fasciculares izquierdo. My EKG. [Online]. [cited 2019 marzo 8. Available from: <http://www.my-ekg.com/bloqueos-rama/hemibloqueos-izquierdos.html>.