



**Universidad Tecnológica
de El Salvador**

Diagnóstico de contaminación atmosférica por emisiones diésel en la zona metropolitana de San Salvador y Santa Tecla. Cuantificación de contaminantes y calidad de combustibles

Investigadores:

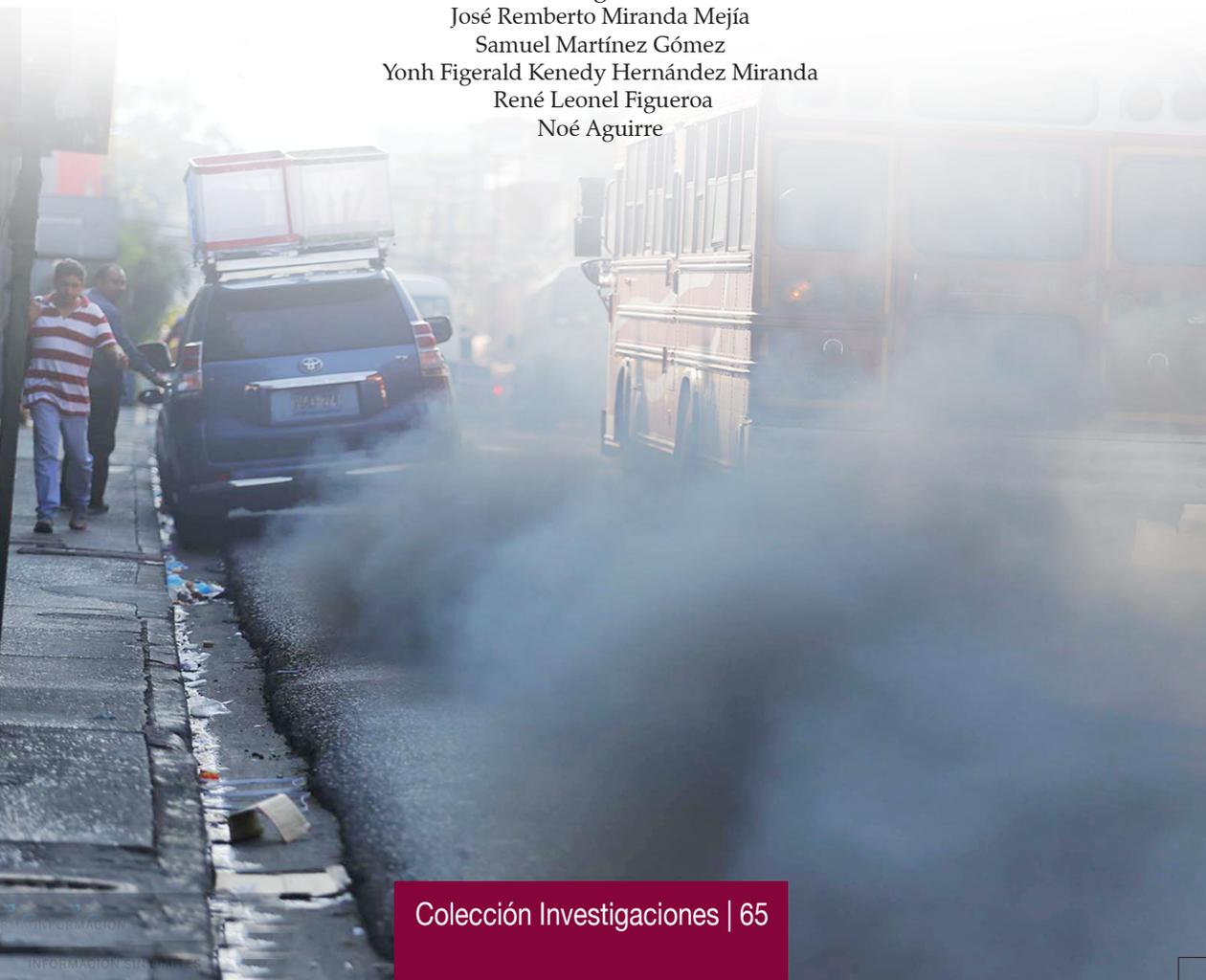
José Remberto Miranda Mejía

Samuel Martínez Gómez

Yonh Figerald Kenedy Hernández Miranda

René Leonel Figueroa

Noé Aguirre





**Universidad Tecnológica
de El Salvador**

Diagnóstico de contaminación atmosférica por emisiones diésel en la zona metropolitana de San Salvador y Santa Tecla. Cuantificación de contaminantes y calidad de combustibles

Investigadores:

José Remberto Miranda Mejía

Samuel Martínez Gómez

Yonh Figerald Kenedy Hernández Miranda

René Leonel Figueroa

Noé Aguirre

La investigación fue desarrollada con la subvención de la Universidad Tecnológica de El Salvador. Las solicitudes de información y otros documentos relativos al presente estudio pueden hacerse a la dirección postal: calle Arce, 1045, Universidad Tecnológica de El Salvador; Vicerrectoría de Investigación y Proyección Social, Dirección de Investigaciones, calle Arce y 19.^a avenida Sur, edificio *Dr. José Adolfo Araujo Romagoza*, 2.º nivel, y a jose.miranda@utec.edu.sv o vicerrectoriadeinvestigacion@utec.edu.sv.

San Salvador, 2017

© Copyright

Universidad Tecnológica de El Salvador

658.53

D536

sv

Diagnóstico de contaminación atmosférica por emisiones diésel en la zona metropolitana de San Salvador y Santa Tecla. Cuantificación de contaminantes y calidad de combustibles / José Remberto Miranda Mejía, Samuel Martínez Gómez, Yonh Figerald Hernández, René Leonel Figueroa, Noé Francisco Aguirre Zepeda. - 1ª ed. - San Salvador, El Salv. : Universidad Tecnológica de El Salvador (UTEC), 2017. 170 p. ; il. ; 23 cm. - (Colección investigaciones ; v. 65)

ISBN 978-99961-48-75-0

1. Contaminación del aire-San Salvador (El Salvador)-Condiciones sanitarias. 2. Contaminación-Aspectos ambientales. 3. Contaminación del aire-Santa Tecla, La Libertad (El Salvador)-Condiciones sanitarias. 4. Combustiones fósiles-aspectos ambientales. I. Miranda Mejía, José Remberto, 1973 - Coaut. II. Título

BINA/jmh

Autoridades Utec

Dr. José Mauricio Loucel

Presidente

Lic. Carlos Reynaldo López Nuila

Vicepresidente

Ing. Nelson Zárate Sánchez

Rector Utec

Diagnóstico de contaminación atmosférica por emisiones diésel en la zona metropolitana de San Salvador y Santa Tecla. Cuantificación de contaminantes y calidad de combustibles. José Remberto Miranda Mejía • Samuel Martínez Gómez • Yonh Figerald Kenedy Hernández Miranda • René Leonel Figueroa • Noé Aguirre

Vicerrectoría de Investigación y Proyección Social

Licda. Noris Isabel López Guevara

Vicerrectora de Investigación y Proyección Social

Licda. Camila Calles Minero

Directora de Investigaciones

Noel Castro

Revisión y corrección

Mauricio Gálvez

Diseño de portada

Guillermo Contreras

Diseño y diagramación

Fotografía de carátula

Cortesía de Diario1

PRIMERA EDICIÓN

100 ejemplares

Abril, 2017

Impreso en El Salvador

Por Tecnoimpresos, S.A. de C.V.

19 Av. Norte, n°. 125, San Salvador, El Salvador

Tel.:(503) 2275-8861 • gcomercial@utec.edu.sv

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todas las empresas e instituciones que prestaron su valiosa colaboración y tiempo para esta investigación, por los datos compartidos; también a las autoridades del Ministerio de Trabajo y Previsión Social, al Ministerio de Economía, a la Comisión Ejecutiva Portuaria Autónoma, a la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados y a la Policía Nacional Civil, división Medio Ambiente (PNC-DMA), por su apoyo en la presente investigación; y a todos los compañeros de trabajo por su contribución con ideas.

También agradecemos a los estudiantes de Ingeniería Industrial: José Luis Valencia Molina, Santos Alonso González Ventura, Franklin Mauricio Vásquez Ortiz, Manuel Alberto Chacón López, Gilberto Daniel Mena Palacios, Javier Alexander Flores Figueroa, Marlon Alcides Ayala y Rafael Samir Acosta Mena, quienes nos apoyaron en el desarrollo de la investigación.

ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	13
HISTORIA DE LOS MOTORES DIÉSEL	14
PETRÓLEO.....	14
COMBUSTIBLE DIÉSEL.....	16
CONTENIDO DE AZUFRE EN COMBUSTIBLE GASÓLEO (DIÉSEL).....	17
IMPORTACIONES ANUALES DE COMBUSTIBLE DIÉSEL	19
SUSTANCIAS EMITIDAS AL MEDIO AMBIENTE POR LA COMBUSTIÓN DE MOTORES DIÉSEL	22
LA ATMÓSFERA.....	58
CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA	60
MÉTODO	69
RESULTADOS DE TRABAJO DE CAMPO.....	79
RESULTADOS DE ANÁLISIS DE COMBUSTIBLES EN GASOLINERAS	123
CÁLCULO ESTIMADO DE EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES TOTALES DE MOTORES DIÉSEL A PARTIR DE LAS IMPORTACIONES DE COMBUSTIBLE DIÉSEL. ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE DATOS DE IMPORTACIONES Y TRANSFORMACIÓN DE LITROS DE COMBUSTIBLE EN GASES EN M ³	127
CONCLUSIONES	128

RECOMENDACIONES.....	131
REFERENCIAS.....	135
ANEXOS	135
BREVE HOJA DE VIDA.....	150
COLECCIÓN INVESTIGACIONES 2003-2017.....	158

LISTA DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS

ACGIH	Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales
ADS	Asociación de Especialistas de Diésel
ASTDR	Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades
CE	Comisión Europea
Cepal	Comisión Económica para América Latina y El Caribe
Cepa	Comisión Ejecutiva Portuaria Autónoma
EPA	Agencia de Protección Ambiental de EE. UU.
IARC	Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer
ICCT	Consejo Internacional de Transporte Limpio
INSHT	Instituto Nacional de Salud e Higiene en el Trabajo
IPCS	Programa Internacional de Seguridad Química
MARN	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
Mintrab	Ministerio de Trabajo y Previsión Social
Minec	Ministerio de Economía
MOP	Ministerio de Obras Públicas
Niosh	Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional
NLM	Biblioteca Nacional de Medicina
NFPA	Asociación Nacional de Protección contra el Fuego
NTP	Programa Nacional de Toxicología
OIT	Organización Internacional del Trabajo
OPS	Organización Panamericana de la Salud
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONU	Organización de la Naciones Unidas
Pemex	Petróleos Mexicanos
Petrobras	Petróleo Brasileiro S.A.
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
UE	Unión Europea
UGR	Universidad de Granada

GLOSARIO TÉCNICO

MAK	Límites de exposición ocupacional (<i>Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen</i>)
TLV	Valor límite umbral
TWA	Promedio ponderado de tiempo
STEL	Límite de exposición a corto plazo
VLA-ED	Valores límites ambientales de exposición diaria
VLA-EC	Valores límites ambientales de exposición corta
ug/l	microgramos por litro
mg/m ³	miligramos por metro cúbico
ppm	partes por millón
vol. %	volumen (v/v)

TABLAS

	Pág.
1. Impurezas oleofóbicas.....	15
2. Impurezas aleofílicas.....	15
3. Composición del aire seco a nivel del mar.....	59
4. Muertes debidas a la contaminación atmosférica	65
5. Función de cálculo de concentración en aire según carrera y reacción química en tubo de control Dräger	72
6. Función de cálculo de concentración según la carrera y reacción química en tubo Dräger 67 28 781 para la medición de ácido sulfúrico en aire.....	73
7. Función de cálculo de concentración de ácido fórmico según número de carrera en tubo de control Dräger	74
8. Función de cálculo de concentración de anilina en aire según número de carrera en tubo de control Dräger	76
9. Función de cálculo de concentración de anilina 5/a en aire según número de carrera en tubo de control Dräger	77
10. Función de concentración de combustible diésel en aire según graduación de tubo de control Dräger	78

11. Resultados de primer lugar de toma de muestras	79
12. Resultados de segundo lugar de toma de muestras	81
13. Resultados de tercer lugar de toma de muestras	83
14. Resultados de cuarto lugar de toma de muestras	86
15. Resultados de quinto lugar de toma de muestras.....	88
16. Resultados de sexto lugar de toma de muestras	89
17. Resultados de séptimo lugar de toma de muestras	91
18. Resultados de octavo lugar de toma de muestras.....	94
19. Resultados de noveno lugar de toma de muestras	96
20. Resultados de décimo lugar de toma de muestras	99
21. Resultados décimo primer lugar de toma de muestras	101
22. Resultados de décimo segundo lugar de toma de muestras	103
23. Resultados de décimo tercer lugar de toma de muestras	105
24. Resultados de décimo cuarto lugar de toma de muestras	108
25. Resultados de décimo quinto lugar de toma de muestras.....	110
26. Resultados de décimo sexto lugar de toma de muestras	112
27. Resultados décimo séptimo lugar de toma de muestras	114
28. Resultados décimo octavo lugar de toma de muestras	116
29. Resultados décimo noveno lugar de toma de muestras	118
30. Resultados de vigésimo lugar de toma de muestras	120
31. Resultados de análisis del hollín emitido por los motores diésel	122

FIGURAS

	Pág.
1. Contenido de azufre en combustibles en la UE.....	18
2. Cromatograma utilizando un detector NPD de gasóleo de craqueo catalítico	19
3. Importaciones de combustible diésel de los últimos 15 años en El Salvador	20
4. Importaciones anuales de combustible gasolina de los últimos 15 años en El Salvador.....	20

5. Parque vehicular de buses, microbuses y camiones en El Salvador	21
6. Parque vehicular total en El Salvador	22
7. Derivados del benceno	25
8. Descomposición del triclorofluorometano en la estratosfera.....	35
9. Principales hidrocarburos aromáticos. Propiedades físicas	41
10. Nomenclatura en función del número de átomos de carbono de los alcanos	42
11. Eliminación de partículas inhaladas: mecanismos de liberación ...	49
12. Composición del aire de las atmósferas rural y urbana.....	60
13. Desechos que llegan al medio marino a partir de una gran variedad de fuentes	61
14. Interrelaciones entre fuentes, medios receptores e impactos ambientales	62
15. Zonas del planeta donde el aire está más contaminado	67
16. Ciudad más contaminada en América Latina según la OMS.....	68
17. Tubo Dräger 67-26-665 para medir acetaldehído en aire	71
18. Tubo Dräger 67-28-781 para medir ácido sulfúrico en aire	73
19. Tubo Dräger 67-22-701 para medir ácido fórmico en aire	74
20. Tubo Dräger 67-22-771 para medir anilina en aire.....	75
21. Tubo Dräger CH 20 401 para medir anilina 5/a en aire.....	76
22. Tubo Dräger 67-28-701 para medir benceno en aire	78
23. Toma de tercera muestra	85
24. Toma de cuarta muestra	88
25. Toma de séptima muestra	94
26. Toma de novena muestra	98
27. Toma de decima primera muestra	103
28. Toma de muestra de combustible diésel	126
29. Muestra de combustible diésel en envase de vidrio color ámbar.....	126

30. Cálculo estimado de emisiones de gases contaminantes totales de motores diésel a partir de las importaciones de combustible diésel. Elaboración propia con base en datos de importaciones y transformación de litros de combustible en gases en m ³	127
31. Ocho lugares muestreados de veinte	152
32. Carta de apoyo a investigación del Mintrab	153
33. Carta de apoyo a investigación del Minec	154
34. Carta de apoyo a investigación de parte de la Cepa.....	155

INTRODUCCIÓN

Las emisiones diésel en El Salvador no están reguladas por ninguna instancia que controle su cantidad, sus componentes y a sus generadores. En la ciudad de San Salvador, los vehículos de transporte colectivo y privado agregan a la atmósfera grandes cantidades de contaminantes a través de sus emisiones provocadas por la utilización de determinados combustibles. En esta investigación se estudiaron las emisiones por diésel, las cuales están catalogadas como contaminantes atmosféricos con efectos carcinógenos, mutágenos y tóxicos.

En la ciudad de San Salvador, la contaminación atmosférica se considera como una de las mayores causas de infecciones respiratorias agudas (IRA), que a su vez son la primera causa de consulta en los establecimientos de salud públicos. Hasta la semana número 23 de 2016, se registraron en todo El Salvador 1.058.000 consultas por esta causa.

En busca de conocer más sobre las emisiones diésel en El Salvador y sus repercusiones en la atmósfera y la salud de las personas, esta investigación aborda desde su base teórica la historia de los motores diésel, el petróleo, los combustibles diésel, los contenidos de azufre en combustible gasóleo diésel, las importaciones anuales de combustible diésel, el parque vehicular de buses, microbuses y camiones, las sustancias emitidas al medio ambiente por la combustión de motores diésel y la contaminación atmosférica.

Se detalla el método utilizado en el estudio, para luego describir los resultados encontrados, tanto en el trabajo de campo como en el análisis del hollín emitido por los motores diésel, y en el análisis de combustibles en gasolineras del país. Además, se dan recomendaciones para evitar el crecimiento de la contaminación atmosférica por emisiones diésel.

HISTORIA DE LOS MOTORES DIÉSEL

El motor diésel fue inventado por el Ing. Rudolf Diesel, quien nació en Francia; la familia de Rudolf era de origen alemán. Durante varios años, Rudolf trabajó para poder utilizar otros combustibles diferentes a la gasolina, basados en principios de los motores de alto rendimiento térmico (ADS, 2013).

Esta variante del motor de combustión interna, desarrollado entre los años 1893 y 1898, es una que utilizaba el calor del aire altamente comprimido para encender el combustible inyectado en el cilindro, esto permitió doblar la eficiencia de los demás motores de combustión interna de esa época. Cuando en 1897 Diesel presentó su motor práctico, ya se estaba experimentando con motores eléctricos para locomotoras, pero la potencia de los motores diésel, como sería reconocido, fue ganando poco a poco terreno, en las líneas de largo recorrido y escaso tráfico (Gaviria, Mora, & Agudelo, 2002). Diesel fue empleado de la legendaria firma MAN, que por aquellos años ya estaba en la producción de motores y vehículos de carga (ADS, 2013).

PETRÓLEO

Desde hace muchos siglos la humanidad conoce algunas formas de usar el petróleo. Las manifestaciones superficiales de petróleo han sido utilizadas como fuente de luz y calor, pero el uso intensivo es relativamente moderno. El petróleo se presenta en la naturaleza como un líquido color amarillo y en algunos casos como un material semisólido de color negro. Las sustancias que componen el petróleo son fundamentalmente hidrocarburos gaseosos, líquidos y sólidos; los hidrocarburos sólidos están disueltos o suspendidos en los líquidos (Cerutti, 2001). “Las propiedades físicas y químicas de cualquier tipo de hidrocarburo o molécula dependen no solo de la cantidad de átomos de carbono en la

molécula, sino también de la naturaleza de los enlaces químicos entre ellos” (ICCT, 2011).

La composición del petróleo varía mucho según los yacimientos. En general, la mayoría de los hidrocarburos son alcanos y cicloalcanos (estos se llaman *naftenos* en el argot petroquímico). También hay una proporción menor de aromáticos; pero en algunos yacimientos es mayor que el 30 % (Yúfera, 1995).

En el petróleo además se encuentran otras sustancias consideradas como impurezas, tales como compuestos de azufre, nitrógeno, oxígeno, metales pesados (ng), calcio, magnesio y sales de sodio. “Como impurezas se define todo aquel material contenido en el petróleo que no esté constituido solo por carbono e hidrogeno”. Las impurezas se consideran de dos clases: oleofóbicas y aleofílicas (Cerutti, 2001).

Tabla 1. Impurezas oleofóbicas (Cerutti, 2001).

Impurezas	Rango de contenido
Sales	10-2.000 gr/m ³
Agua	0,1-5 Vol. %
Sedimentos	1-1.000 gr/m ³

Tabla 2. Impurezas aleofílicas (Cerutti, 2001)

Impurezas	Rango contenido
Compuestos de azufre	0,1-5 % en peso, como S
Compuestos órgano-metálicos	5-400 ppm, como el metal
Ácidos nafténicos	0,03-0,5 % en vol.
Compuestos de nitrógeno	0,05-1,5 % en vol.

Refinación del petróleo

La destilación fraccionada del crudo

La destilación es un proceso de separación para mezclas de líquidos. La operación fundamental de las refinerías es la destilación fraccionada del petróleo bruto para separar las fracciones con intervalos crecientes de punto de ebullición. Esto se hace en grandes calderas, con torres de rectificación muy eficaces (Yúfera, 1996). La separación de la mezcla de líquidos tiene lugar de forma que los componentes pasan a la fase gaseosa y seguidamente se condensan sin reflujo. La rectificación, también llamada *destilación en contracorriente*, se aplica también a mezclas líquidas de sustancias cuyos componentes presentan pequeñas diferencias en sus temperaturas de ebullición (Hopp, 2005).

El fraccionamiento es la separación progresiva de una mezcla de sustancias en sus componentes individuales, utilizando la diferencia en sus temperaturas de ebullición, en su solubilidad en determinados disolventes o en otras propiedades. Las porciones separadas (fracciones) durante el proceso de destilación fraccionada no se caracterizan por un determinado punto de ebullición definido, si no por un cierto intervalo de ebullición (Hopp, 2005). El petróleo llega a las factorías a través de oleoductos o mediante barcos petroleros. Las fracciones que se destilan pueden variar según la demanda y la calidad del producto (Yúfera, 1995).

COMBUSTIBLE DIÉSEL

El combustible diésel es un aceite ligero fraccionado del petróleo con fracciones que tienen un límite de 350 °C en su punto de ebullición. Este contiene moléculas de entre 10 y 20 carbonos, mientras que los componentes de la gasolina se ubican en el orden de 12 carbonos o menos (Pemex, 1998). El combustible diésel, también llamado *gasóleo* (gasoil), es el combustible para los motores diésel. En estos el aire se comprime hasta

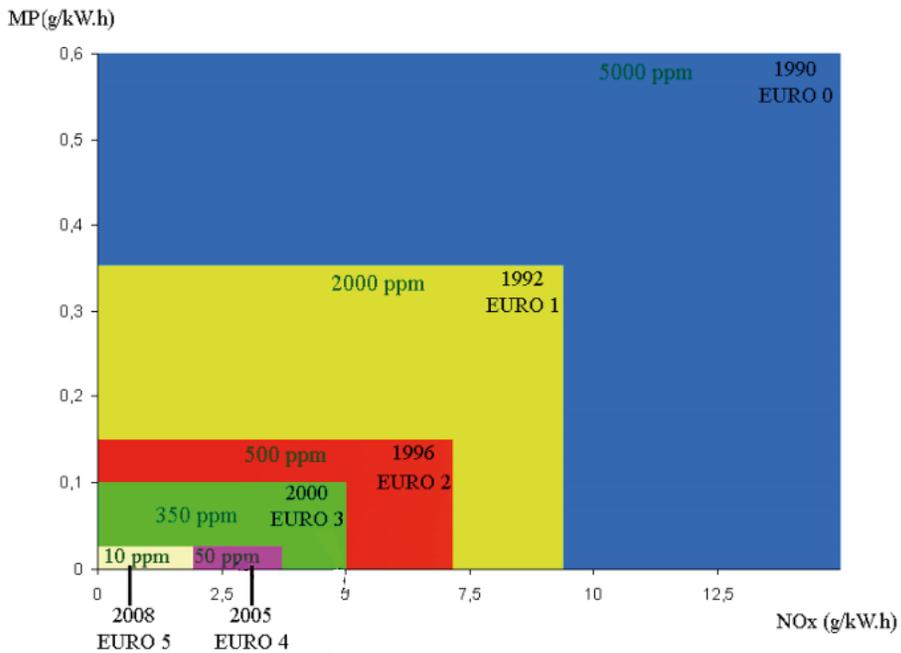
40 atm, alcanzando temperaturas de 400 a 500 °C, y en ese momento se inyecta el gasóleo líquido y pulverizado que se inflama espontáneamente. La inflamación sin retraso y sin humo es la virtud principal de un buen gasóleo; esto va bien en las n-parafinas y mal en los aromáticos. Las propiedades exigibles al gasóleo diésel son contrarias al de la gasolina; los índices de octanos (IO) son perjudiciales (Yùfera, 1996).

La calidad del gasóleo diésel se mide por el índice de cetano (IC). El cetano (n-hexadecano) se inflama muy bien en el motor diésel y se le asigna un índice de cetano, IC = 100. El queroseno, el gasóleo y las gasolinas necesitan purificación para eliminar los componentes perjudiciales, sobre todo el compuesto de azufre (S) y nitrógeno (N), que pueden envenenar los catalizadores en los procesos de craqueo y que, en la combustión, dan óxidos de S y N que corroen los motores y contaminan gravemente el ambiente por los tubos de escape y las chimeneas de calefacción (Yùfera, 1996).

CONTENIDO DE AZUFRE EN COMBUSTIBLE GASÓLEO (DIÉSEL)

El azufre es un elemento contenido de forma natural en el petróleo crudo, por esta razón se encuentra en la gasolina y en el diésel. Se emite en forma de bióxido de azufre (SO₂), cuando son quemados los combustibles, o como partículas de sulfatos; también existen combustibles pobres en azufre (150 ppm), combustibles bajos en azufre (50 ppm) y combustibles de ultra bajo azufre (10 ppm), como los exigidos en la UE (ICCT, 2003).

Figura 1. Contenido de azufre en combustibles en la UE (Petrobras, 2009)



Contenido de azufre para combustible diésel para El Salvador

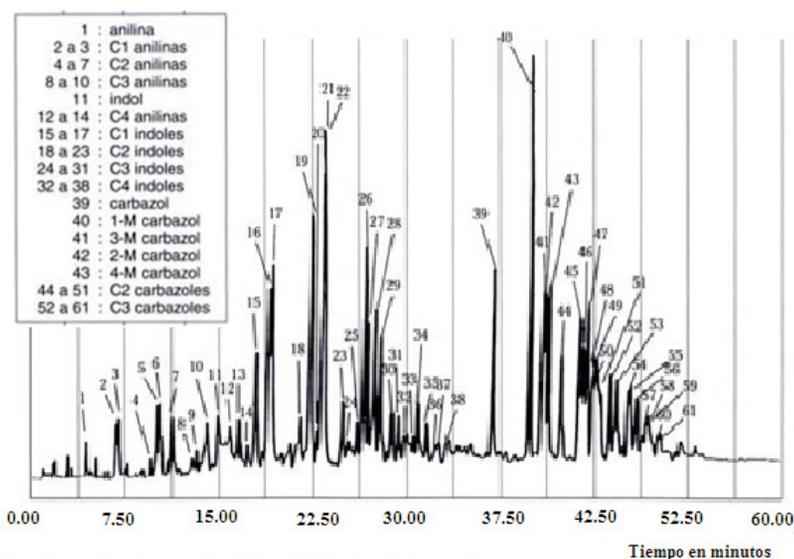
Según la norma técnica centroamericana RTCA 75.02.17:06, el contenido de azufre en combustibles es de 0,50 % fracción de masa = 0.50 g/L = 0.5 Vol. % que multiplicado por el equivalente de 1 Vol. % a 10.000 ppm nos da actualmente en 5.000 ppm de contenido de azufre en combustible diésel, actualmente, para El Salvador (Conacyt, 2006).

Medidas de hidrocarburos aromáticos en gasóleos de automotor

Los hidrocarburos aromáticos contenidos en los gasóleos y su distribución en mono, di y poliaromáticos están relacionados con problemas medioambientales. Estos compuestos son en parte los causantes de las emisiones de los motores diésel (Wauquier, 1984).

En la figura 1 se presenta la cromatograma de un gasóleo de automotor, en este se cuantifican los aromáticos por comparación con un patrón o-xileno, los diaromáticos con un patrón de a-metil-naftaleno, y los poliaromáticos, con uno de fenantreno. El método elegido por una comisión del Comité Europeo de Normalización es la cromatografía líquida.

Figura 2. Cromatograma utilizando un detector NPD
de gasóleo de craqueo catalítico (Wauquier, 1984)



IMPORTACIONES ANUALES DE COMBUSTIBLE DIÉSEL

El consumo de combustible diésel en El Salvador en los últimos 15 años ha ido en aumento de forma variable. Este combustible se utiliza en los motores de tractores, vehículos livianos, buses, camiones (de diferente tonelaje), microbuses, cabezales y plantas eléctricas de emergencia. Otro uso es en la fumigación contra el zancudo (diésel quemado), en los *carwash* para darle brillo a las llantas recién lavadas de los carros.

Figura 3. Importaciones anuales de combustible diésel en litros de los últimos 15 años en El Salvador (Ministerio de Hacienda-Dirección General de Aduanas, 2016)

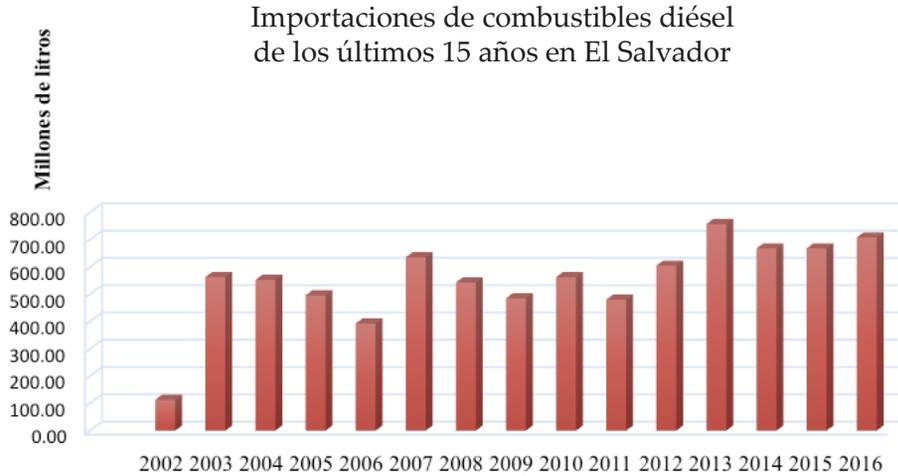
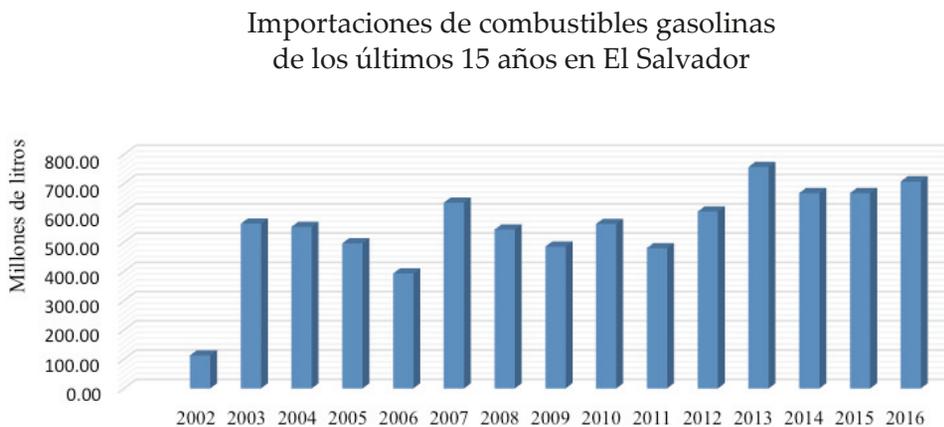
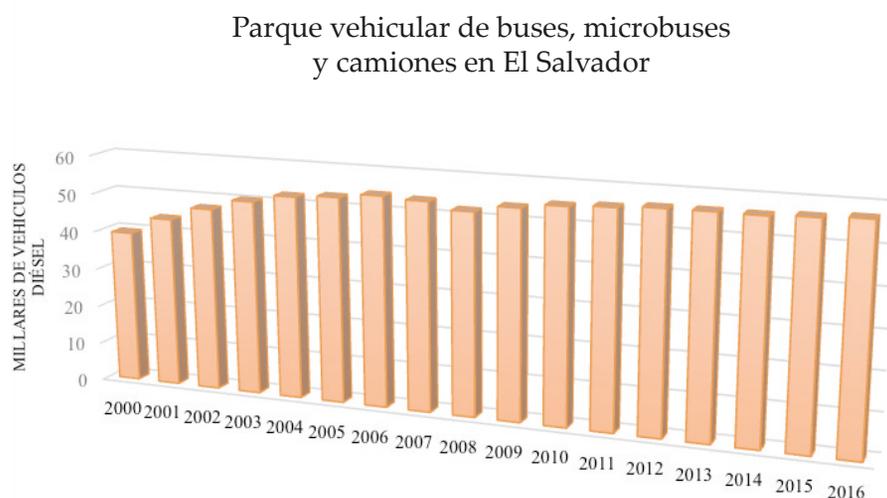


Figura 4. Importaciones anuales de combustibles gasolinas en litros de los últimos 15 años en El Salvador (Ministerio de Hacienda- Dirección General de Aduanas, 2016)



Los combustibles gasolinas han ido en aumento en los últimos 15 años de forma variable. La mayoría de las gasolinas son utilizadas en vehículos livianos, motocicletas, motosierras, podadoras de césped, bombas achicadoras, vehículos pesados (en menor cantidad) y aviones (gasolina con 108 octanos).

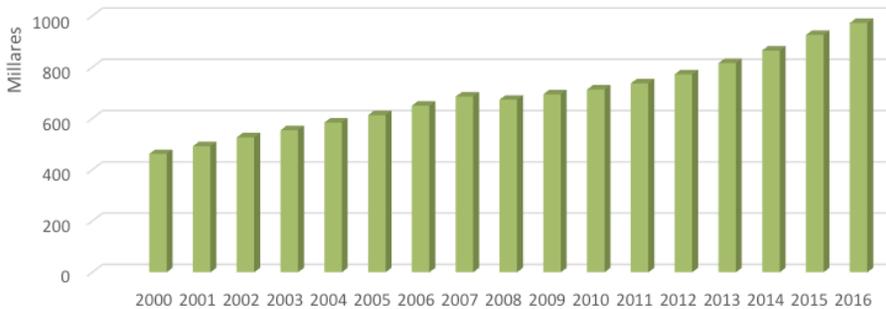
Figura 5. Parque vehicular de buses, microbuses y camiones en El Salvador
(MOP, 2016)



Este es parte del parque vehicular que tiene motores diésel, al cual se le tomo muestra de emisiones de gases. En la gráfica se puede observar el crecimiento que ha tenido este de forma constante, aunque acá no se muestran los automotores particulares.

Figura 6. Parque vehicular total de El Salvador (MOP, 2016)

Parque vehicular total de El Salvador desde enero del 2000 hasta agosto del 2016



SUSTANCIAS EMITIDAS AL AMBIENTE POR COMBUSTIÓN DE MOTORES DIÉSEL

Los vehículos automotores siguen siendo la principal fuente de contaminantes del aire, esto a pesar de los enormes avances tecnológicos de motorización y control de la contaminación; a medida que vehículos nuevos reemplazan a los viejos, las emisiones totales empiezan a declinar sin que hayan dejado de ser la fuente más importante de contaminación del aire (ICCT, 2003).

Los contaminantes del aire se pueden clasificar según criterios distintos: estado, toxicidad, reactividad, etc. La forma más habitual de clasificación se hace considerando su procedencia:

- Primarios: proceden directamente de las fuentes de emisión.
- Secundarios: se originan en la atmósfera como consecuencia de reacciones químicas que sufren los contaminantes primarios (INSHT, 2013).

Por la composición química, los más importantes son los siguientes:

Partículas que, según tamaño, son sedimentables ($> 30 \mu\text{m}$), en suspensión ($< 30 \mu\text{m}$), respirables ($< 10 \mu\text{m}$) o humos ($< 1 \mu\text{m}$), SO_2 , H_2S , H_2SO_4 , mercaptanos o sulfuros, NO , NO_2 , NO_x o NH_3 , CO , CO , CH_4 o hidrocarburos (HC); halógenos y compuestos halogenados: Cl_2 , HCl , HF o clorofluorocarbonos (CFC), halógenos y compuestos halogenados, Cl_2 , HCl , O_3 , peróxidos o aldehídos (INSHT, 2013).

Formaldehído

Este se obtiene a escala industrial por oxidación catalítica del metanol. Como catalizador se emplea el óxido de molibdeno con vestigios de hierro. El formaldehído se condensa fácilmente con fenol para dar las resinas de fenol-formaldehído que, según su grado de condensación, se emplean como plásticos y resinas sintéticas de carácter termoplástico o termoestable (Hopp, 2005). Es probable que la fuerte toxicidad del formaldehído se deba a la desnaturalización de esta proteína (albuminoide), como consecuencia de reacciones de formación de enlaces transversales (Klages, *Tratado de química orgánica*, 2005).

El smog es una de las principales fuentes de exposición al formaldehído. Niveles bajos de formaldehído pueden producir irritación en la piel, los ojos, la nariz y la garganta. Gente que sufre de asma es, probablemente, más susceptible a los efectos de la inhalación de formaldehído. Beber grandes cantidades de formaldehído puede causar profundo dolor, vómitos, coma y posiblemente la muerte (ASTDR, 1999).

En el medio ambiente el formaldehído se disuelve fácilmente, pero no dura mucho en el agua; la mayor parte del formaldehído en el aire se degrada durante el día. Los productos que descomponen el formaldehído son el ácido fórmico y el monóxido de carbono. El formaldehído no se acumula en plantas o en animales (ASTDR, 1999).

Anilina

La anilina ($C_6H_5-NH_2$) recién destilada es un aceite incoloro, de olor desagradable con punto de ebullición de $180\text{ }^\circ\text{C}$, que al aire cambia rápidamente a color pardo a causa de su autooxidación, sus vapores son tóxicos y producen sensación de mareo; fue obtenida por primera vez en 1826 por el farmacéutico Unverdoben. En 1934 fue detectada por G. F. Runge en la reacción del cloruro de cal con el alquitrán de hulla (Beyer & Walter, 1987). La anilina y otras aminas aromáticas son materias primas industriales muy importantes, constituyen la base de partida de muchos colorantes, productos farmacéuticos

La anilina es una sustancia química manufacturada que muchas industrias utilizan. El efecto principal de la anilina, por cualquier ruta de exposición, es una alteración de la sangre en la hemoglobina que transporta el oxígeno a los tejidos. Las consecuencias pueden ser leves o severas, dependiendo de la duración y magnitud de la exposición. La exposición aguda a altas cantidades de anilina puede producir coma y la muerte (ASTDR, 2002).

Benceno

Es el más importante y sencillo de los hidrocarburos aromáticos, este fue descubierto en 1825 por el químico y físico británico Michael Faraday. Cuando investigaba la pérdida de poder iluminante del gas de hulla, en los inviernos muy fríos, descubrió que dicho poder era producido por los vapores de una sustancia que se separaba por fraccionamiento a baja temperatura; y que por destilación y tratamiento con lejía se podía aislar un producto relativamente puro con reacciones con características del benceno (Klages, 2005).

Es un líquido incoloro con un olor dulce, se evapora al aire muy rápidamente y se disuelve levemente en el agua, es altamente inflamable y se forma tanto en procesos naturales como en actividades humanas. Se

usa para fabricar plásticos, resinas, nailon y otras fibras sintéticas; también para fabricar ciertos tipos de caucho, lubricantes, tinturas, detergentes, medicamentos y pesticidas (ASTDR, 2007-A). Algunas fuentes naturales de benceno son las emisiones provenientes de los volcanes y de los incendios forestales, también es parte natural del petróleo crudo, de la gasolina y del humo del cigarrillo (ASTDR, 2007-A).

El benceno es un compuesto aromático clave para la obtención de una gran variedad de productos petroquímicos intermediarios y finales como etilbenceno, ciclohexano y cumeno (Borgna, Di Cosimo, & Fígoli, 2001).

Figura 7. Derivados del benceno (Borgna, Di Cosimo, & Fígoli, 2001)



El benceno es un contaminante ambiental. La población en general padece exposición crónica a bajas concentraciones, siendo la más afectada la residente en las zonas de más emisión: cerca de gasolineras y de tanques de almacenamiento de combustibles y en zonas con mucho tráfico. También están expuestos los trabajadores de petroquímicas, gasolineras, aparcamientos subterráneos, talleres mecánicos y los fumadores [ASTDR, 2007-A] (NFPA, 2012). La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) lo ha clasificado como carcinógeno de primera categoría: “sustancia que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, se sabe, es carcinógena para el hombre”.

Clorobenceno

Es un líquido incoloro de olor característico, que se fabrica al clorar benceno. La sustancia se descompone al calentarla intensamente en contacto con llamas o superficies calientes, produciendo humos tóxicos y corrosivos. Reacciona violentamente con oxidantes fuertes, originando peligro de incendio y explosión. Ataca al caucho y a ciertos plásticos (INSHT, 2003). El clorobenceno es usado como solvente para ciertas formulaciones de pesticidas, como desgrasador y para manufacturar otras sustancias químicas. Niveles de clorobenceno altos pueden dañar el hígado y los riñones y pueden afectar el cerebro (*Chemical education material study*, 1987).

Estudios en animales indican que el hígado, los riñones y el sistema nervioso central son afectados por exposición al clorobenceno. Los efectos de respirar clorobenceno sobre el sistema nervioso incluyen pérdida de la conciencia, temblores, agitación y la muerte. La exposición prolongada ha producido daños al hígado y los riñones. No se sabe si la sustancia produce cáncer en humanos, pero en experimentos en ratas y ratones no lo produjo; en machos sí se produjeron nódulos en los hígados, que pueden transformarse en cáncer (ASTDR, 1999-A).

Cianuro de hidrógeno

El cianuro de hidrógeno (HCN) destaca por su gran importancia comercial, este se fabrica por oxidación catalizada por platino y rodio de una mezcla de amoníaco y metano, se utiliza principalmente para sintetizar otros compuestos, como la cianhidra de la acetona; dichos compuestos son a su vez intermedios en la producción de gomas, plásticos y fibras sintéticas (Gutsche & Pasto, 1979).



Es un gas incoloro o líquido, de olor característico amargo a almendra, es extremadamente inflamable. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos que son irritantes, si se inhala causa confusión mental, somnolencia, dolor de cabeza náuseas, convulsiones, jadeo, pérdida del conocimiento y muerte. La sustancia se puede absorber por inhalación, a través de la piel y por ingestión (INSHT, 2003-A). El cianuro de sodio y el cianuro de potasio son sólidos blancos; el cianuro y el cianuro de hidrógeno se usan en la industria de la galvanoplastia, metalurgia, producción de compuestos orgánicos, revelado fotográfico, manufactura de plásticos, fumigación de barcos y en algunos procesos de minería. La vida media del cianuro de hidrógeno (tiempo necesario para remover la mitad del material) en la atmósfera es de aproximadamente 1 a 3 años. El humo que se produce cuando se queman plásticos contiene cianuro, por la combustión de algunos plásticos, por ejemplo, poliacrilaminas, poliacrílicos, poliuretanos y otros. (ASTDR, 2006).

Etilbenceno

El etilbenceno (C_8H_{10}) es un líquido incoloro e inflamable con aroma a gasolina, este se emplea en la fabricación de estireno y es un importante disolvente en las industrias del caucho y del plástico. Es uno de los componentes presentes en el xileno de calidad para uso industrial, está presente también en las gasolinas y, en bajas concentraciones, en el humo de tabaco (INSHT, 2007). Este se obtiene preferentemente por el método de alcoholización del benceno con etilo. En algunos países se obtiene además, una parte por fraccionamiento fino de las fracciones aromáticos de C_8 (Weissmehl & Arpe, 1981).

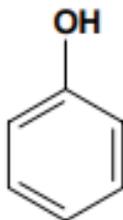
Se encuentra en forma natural en el alquitrán de hulla y en el petróleo, y también se encuentra en productos manufacturados como tintas, pesticidas y pinturas. Una de las formas de exposición ocurre si usted usa productos que contengan esta sustancia, tales como gasolina, pegamento para alfombras, barniz y pintura. Otras formas de exposición

pueden ser en una ciudad o cerca de muchas fábricas o carreteras altamente transitadas, en las cuales podría estar expuesto al etilbenceno en el aire (ASTDR, 2010). La IARC ha determinado que el etilbenceno es un posible cancerígeno en los seres humanos.

La exposición breve a altos niveles de etilbenceno en el aire puede causar irritación en los ojos y la garganta, y niveles más altos pueden producir mareos. Se han observado daños irreversibles en el oído interno y en la audición en animales expuestos a concentraciones relativamente bajas de etilbenceno durante varios días o semanas. En los animales, la exposición a concentraciones relativamente bajas de etilbenceno en el aire durante varios meses o años lesiona los riñones; puede atravesar la tierra hasta llegar al manto acuífero; en la tierra es degradado por bacterias (ASTDR, 2010). La EPA de los Estados Unidos de América lo ha catalogado como un contaminante peligroso del aire.

Fenol

Un importante constituyente del alquitrán de hulla es el hidroxibenceno o fenol. La mayor parte se fabrica industrialmente a partir de benceno; como primer paso se clora y la reacción del clorobenceno, con una base, da el fenol; es un importante químico industrial y entra al medio ambiente en las emisiones al aire y aguas residuales relacionadas con su uso como intermediario químico, desinfectante y antiséptico (Chemical education material study, 1987).



Toxicidad humana

El fenol es tóxico con una dosis oral letal probable para los seres humanos de 50 a 500 mg/kg. Generalmente se ven afectados el sistema nervioso central, corazón, los vasos sanguíneos, pulmones y riñones. La exposición prolongada o crónica usualmente resulta en daños importantes en el hígado, los riñones y los ojos (ASTDR, 2008). El fenol también es altamente tóxico para los organismos acuáticos y ranas. Se metaboliza y excreta principalmente por los riñones como el sulfato o glucurónido, aunque algunos fenoles pueden ser excretados sin cambios. Otros metabolitos reportados incluyen hidroquinona, otras quinonas y catecoles (NLM, 2016); (INSHT, 2005). La EPA, de los Estados Unidos de América, ha catalogado al fenol como un contaminante peligroso del aire, y en estudios realizados en peces de los grandes lagos y bahías donde existen empresas que usan, fenol encontraron concentraciones peligrosas de esta sustancia en peces.

Este derivado del benceno, tanto manufacturado como natural, puro es un sólido de incoloro a blanco; el producido comercialmente es un líquido que tiene un olor característico extremadamente dulce y alquitranado. El fenol se usa principalmente en la producción de resinas fenólicas y de nailon y otras fibras sintéticas. También se usa en productos químicos para matar bacterias y hongos en el cieno, como desinfectante y antiséptico, y en preparaciones medicinales como enjuagues bucales y pastillas para el dolor de garganta (ASTDR, 2008). La sustancia y el vapor son corrosivos para los ojos, la piel y el tracto respiratorio. La inhalación del vapor puede originar edema pulmonar, puede afectar al sistema nervioso central, corazón y riñón, dando lugar a convulsiones, alteraciones cardíacas, fallo respiratorio, colapso y coma (INSHT, 2005).

Ácido sulfúrico

Este ácido, conocido con los nombres de ácido vitriólico y *aceite de vitriolo*, fue descubierto por Basilio Valentino a fines del siglo XV. Lavoisier lo clasificó, dando a conocer su naturaleza, y Berzelius determinó la proporción de sus principios constituyentes. El ácido sulfúrico se produce al tostar al aire los esquistos de aluminosos y piritosos. La pirita de hierro (sulfuro de hierro) absorbe el oxígeno del aire, transformándose en sulfato de hierro y en ácido sulfúrico, cuyo ácido se combina con la alúmina del esquisto. Este ácido se encuentra en la naturaleza en algunos ríos que corren en las inmediaciones de los volcanes en actividad (Rico & Santisteban, 1856).

El ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado es un líquido oleaginoso incoloro e inodoro, su densidad es de 1.84 kg/dm^3 ; la sustancia muestra gran avidez por el agua, y por ello se ocupa para el secado de gases, mateado de metales y aleaciones, como electrolito de acumuladores de plomo. La mayoría de materiales orgánicos son atacados por él; al mezclarlo con agua desprende calor. No se debe verter nunca agua sobre ácidos concentrados (Senner, 1994).

La oposición a las emisiones de una planta que fabrica el ácido sulfúrico por las emisiones es mayor que a las de una central de energía local, debido a que la opinión pública sabe que una planta de ácido produce óxidos de azufre peligrosos, pero ignora que la mayoría de centrales de energía originan cantidades mucho mayores de esos materiales (Senner, 1994).

Ácido fórmico

Ácido metanoico, o también llamado ácido fórmico (*Acidum formicum*), se encuentra en estado libre en las hormigas, las orugas y las ortigas. Se obtiene por oxidación del metanol o formaldehído, por hidrólisis del cloroformo con potasa, industrialmente se obtiene a partir de hidróxido

sódico en polvo y monóxido de carbono en 6 a 8 atm y 120-130 °C, y por saponificación del éster metílico del ácido fórmico, que se obtiene a partir de monóxido de carbono y metanolato sódico (Beyer & Walter, 1987). Es el ácido orgánico más sencillo que en cantidades notables se encuentra en la naturaleza; su importancia industrial se debe tanto a sus propiedades como ácido carboxílico como a su poder reductor como hidroxialdehído formal (Weissermel & Arpe, 1981).

El ácido metanoico es muy cáustico en la piel y es causante de trastornos uterinos tras su absorción (Mencías & Mayero, 2000). Puede formar mezclas explosivas arriba de los 69 °C, la piel puede absorber la sustancia, produce sensación de quemazón; si se inhala produce tos, dolor de garganta, dificultad respiratoria, jadeo, pérdida de conocimiento; y si se ingiere ocasiona dolor abdominal, dolor de garganta, calambres, diarrea, vómitos, al contacto con la piel causa quemaduras cutáneas graves (INSHT, 2008).

Dióxido de azufre

La formación de SO₂ por combustión de carburantes fósiles es una fuente de contaminación. Pequeñas concentraciones de SO₂ atmosférico dañan la vegetación y agravan las enfermedades respiratorias del hombre. Los materiales inertes se dañan debido principalmente al producto ácido de la oxidación de los gases SO₂ y H₂S. Durante siglos en que el hombre ha conservado libros y edificaciones se ha desarrollado una importante formación de ácido sulfúrico sobre sus superficies (Spedding, 2002).

Como consecuencia, los materiales de construcción de las viejas ciudades poseen una intensa erosión, pues la principal fuente de contaminación por SO₂ es la combustión de los carburantes fósiles, ya que todos contienen compuestos de azufre como contaminantes, así el carbón y el fuel contienen 3 % de azufre (Spedding, 2002). Excesos de azufre son causa de destrucción porque altera el balance ecológico, esto causa la muerte de ciertas formas de vida, mientras que cantidades deficientes

son causa de insuficiencia funcional. A escala global, el incremento de partículas de azufre en la atmósfera puede afectar el albedo de la tierra, alterando el balance de radiación (Bifani, 1999).

El azufre en la atmósfera es transportado por los vientos y depositado por las lluvias, dando origen a las lluvias ácidas y corrosivas que producen un proceso de acidificación de los lagos; se ha señalado como la causa de extinción de ciertas especies de peces, y también el aumento de la acidez afecta el ciclo del mercurio. Esta sería una de las explicaciones del aumento de las concentraciones de mercurio en peces (bioacumulación) en áreas afectadas por lluvias ácidas (Bifani, 1999).

Dióxido de nitrógeno

El monóxido de nitrógeno y el dióxido de nitrógeno constituyen dos de los óxidos de nitrógeno más importantes toxicológicamente; ninguno de los dos es inflamable y son de incoloros a pardos en apariencia a temperatura ambiente (ATSDR, 2002). Los óxidos de nitrógeno son emitidos al aire por la combustión de los derivados del petróleo y del carbón, y durante procesos tales como la soldadura al arco, la galvanoplastia, el grabado de metales y la detonación de dinamita. También son producidos comercialmente al hacer reaccionar el ácido nítrico con metales o con celulosa (INSHT, 2005).

A escala mundial, la producción de óxidos de nitrógeno por volcanes y por la acción bacteriana es muy pequeña en comparación con las fuentes antropogénicas. Los óxidos de nitrógeno son emitidos principalmente por la ignición de combustibles fósiles en fuentes estacionarias (generación de energía y calefacción) y en los motores de combustión interna (Inchem IPCS, 1977).

En experimentos con animales, la exposición a aproximadamente 470-1.900 mg/m³ (0.25 a 1.0 ppm) resultó en numerosos cambios fisiopatológicos, incluyendo bronquitis, bronconeumonía, atelectasia, pérdida de proteínas en el alveolar espacio, cambios en el colágeno, elastina, y

los mastocitos de los pulmones, reducción o pérdida de los cilios. En estudios sobre el efecto del dióxido de nitrógeno en la función pulmonar a 1.210 mg/m^3 (0.64 ppm) y óxido nítrico a 310 mg/m^3 (0.25 ppm), se mostraron cambios bioquímicos que incluyen alteraciones en enzimas pulmonares, en el contenido de lípidos de los pulmones, en la estabilidad del surfactante pulmonar y una disminución de las enzimas glutatión del pulmón (Inchem IPCS, 1977).

Dióxido de nitrógeno 1 ppm = $1880 \text{ } \mu\text{g/m}^3$

Dióxido de carbono

El dióxido de carbono (CO_2) es un gas incoloro y líquido a altas presiones (o hielo seco). Siendo un gas licuado incoloro e inodoro al comprimirlo, al fugarse el líquido de los envases presurizados en espacios confinados, este se evapora muy rápidamente originando una saturación total del aire con riesgo alto de asfixia; las pérdidas del líquido también se condensan, formando hielo seco que es extremadamente frío. El CO_2 es más denso que el aire y puede acumularse en las zonas más bajas, produciendo una deficiencia de oxígeno (INSHT, 2007).

Este es un gas de toxicidad aguda y grave, asfixiante, que puede causar la muerte; puede aumentar la frecuencia respiratoria y llevar al estado como si se estuviera bajo la influencia del alcohol; al inhalarlo produce dolor de cabeza, trastornos visuales, inconsciencia; quemaduras de la piel, en el caso de contacto con la sustancia a baja temperatura, cambios en el pH de la sangre, aumento de la ventilación pulmonar y cambios en la visión del color (Bonnard et al., 2001). El gas es un débil depresor del sistema nervioso central a 30.000 ppm, dando lugar a disminución de la agudeza auditiva, aumento de la presión arterial y del pulso. La exposición entre el 7 y el 10 % produce pérdida del conocimiento dentro de unos pocos minutos (ACGIH, 2001).

En un nuevo informe de la OMS se hace mención de la urgente necesidad de reducir las emisiones de carbono negro, ozono y metano, así como de dióxido de carbono, todos ellos elementos que contribuyen al cambio climático (OMS, 2015). En los últimos 50 años, en el uso de combustibles fósiles, se ha liberado cantidades de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero suficientes para afectar al clima mundial. Las concentraciones de dióxido de carbono en la atmósfera atrapan más calor en las capas bajas de la atmósfera, esto aumentó en más de un 30 % desde la revolución industrial. Los cambios en el clima mundial han llevado a una serie de riesgos para la salud, como el aumento de la mortalidad por las temperaturas extremadamente elevadas o el cambio de la distribución de las enfermedades infecciosas (OMS, 2016).

Monóxido de carbono

El monóxido de carbono es un gas incoloro, no irritante, inodoro y sin sabor, que se encuentra tanto en el aire de interiores como de exteriores. La fuente principal de emisiones son los automóviles (ATSDR, 2009). También se produce por procesos naturales o por biotransformación de halometanos dentro del cuerpo humano. Los efectos sobre la salud de monóxido de carbono aparecen cuando se produce en el cuerpo carboxihemoglobina (COHb); que es el resultado de la unión de la hemoglobina y el monóxido de carbono, que deteriora la capacidad de transportar el oxígeno de la sangre. Esta exposición se produce en microambientes, como cuando se viaja en automóvil; en lugares urbanos asociados con las fuentes de combustión o a la cocción o calefacción con gas, carbón o madera; en incendios, así como por los escapes de vehículos (Inchem IPCS, 1999).

Los estudios en especies animales de laboratorio han proporcionado una fuerte evidencia de que la exposición al monóxido de carbono durante la maternidad produce reducción del peso al nacer, cardiomegalia, retrasos en el desarrollo conductista y trastornos en la función cognitiva.

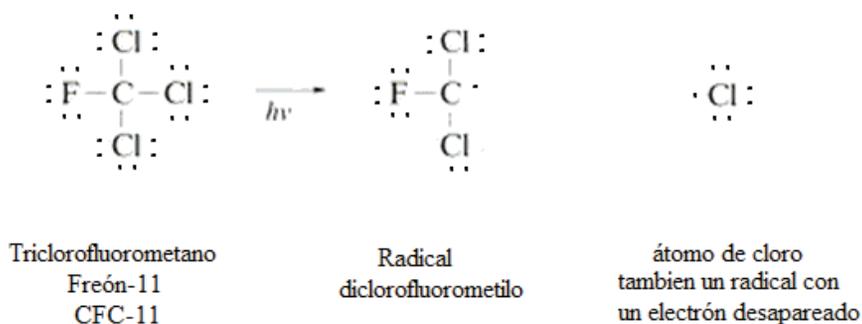
Los mismos experimentos sugieren que el metabolismo enzimático de compuestos xenobióticos puede verse afectado por la exposición al monóxido de carbono, esto podría ser importante para las personas que reciben tratamiento con medicamentos. Los tejidos del cuerpo que por falta de oxígeno son afectados y que son altamente activos: el corazón, el cerebro, el hígado, el riñón y el músculo, porque son particularmente sensibles a la intoxicación por monóxido de carbono (Inchem IPCS, 1999).

Hidrocarburos halogenados

Triclorofluorometano (CFCL₃ o R-11)

Para fabricarlo se hace reaccionar tetracloruro de carbono con trifluoruro de antimonio en presencia de una pequeña cantidad de pentacloruro de antimonio; la reacción produce una mezcla de CCl₃F y CCl₂F, que es fácilmente separable por destilación fraccionada (Gennaro, 2003). Es un clorofluorocarbano típico conocido como *freón-11* o *CFC-11*. En la estratosfera, el triclorofluorometano se rompe, produciendo los siguientes dos radicales:

Figura 8. Descomposición del triclorofluorometano en la estratosfera (Ege, 2000)



El cloro atómico tiene un electrón desapareado y es extremadamente reactivo, captura un átomo de oxígeno del ozono generando el radical del monóxido de cloro, que desempeña un papel fundamental en la destrucción de la capa de ozono (Ege, 2000). La sustancia en forma líquida emite vapores irritantes o tóxicos (o gases) en un incendio. La inhalación produce arritmia cardíaca, confusión, somnolencia e inconsciencia. El líquido puede causar congelación. La sustancia puede causar efectos sobre el sistema cardiovascular y el sistema nervioso central, dando lugar a trastornos cardíacos y depresión del sistema nervioso central. La exposición prolongada al líquido desgrasa la piel (Niosh, 2016).

Triclorotrifluoroetano (C₂Cl₃F₃ o R-113)

Es un líquido incoloro, con un ligero olor a éter, y similar al tetracloruro de carbono, es un líquido frigorígeno; este es ininflamable e inexplorivo. Es un fluido muy estable a las temperaturas normales de utilización, no siendo tóxico ni corrosivo. Bajo una concentración de 5 % en volumen puede provocar graves molestias después de 30 minutos en la atmósfera polucionada (Rapin & Jacquard, 1997).

La sustancia corroe aleaciones ligeras con contenido de magnesio, por consiguiente debe evitarse el uso en elementos componentes de las instalaciones que utilicen este fluido incompatible con el zinc (Rapin & Jacquard, 1997).

Diclorotetrafluoroetano (C₂Cl₂F₄ o R-114)

Es un clorofluorocarbono (CFC) y líquido frigorígeno incoloro con ligero olor a éter, es ininflamable e inexplorivo. La sustancia es muy estable a las temperaturas de empleo, no es toxico ni corrosivo. Pero provoca problemas graves después de dos horas de exposición en una atmósfera que contenga un mínimo de un 20 % en volumen de R-114. Al igual que

en otros compuestos clorofluorados, debe evitarse el empleo de aleaciones ligeras ricas en magnesio en la realización de los elementos componentes de las instalaciones que empleen este fluido (Rapin & Jacquard, 1997). La sustancia reacciona con metales químicamente activos, como el sodio, potasio, calcio, aluminio en polvo y zinc. Por descomposición, forma cloruro de hidrógeno, fosgeno; y fluoruro de hidrógeno al entrar en contacto con los anteriores metales activos (INSHT, 2013).

La ACGIH, en 1996, asignó la nota A4: “No clasificable como carcinógeno en humanos”, ya que no hubo evidencia de carcinogenicidad en ratas o conejos crónicamente expuestos por inhalación a CFC-114. El gas es más denso que el aire y puede acumularse en las zonas más bajas, produciendo una deficiencia de oxígeno. En estado líquido, al evaporarse, puede producir congelación; la sustancia puede afectar el sistema cardiovascular, dando lugar a desordenes cardiacos (INSHT, 2005-B).

Estireno

El estireno es un líquido incoloro que se evapora fácilmente, tiene un olor dulce, pero a menudo contiene otros productos químicos que le dan un olor penetrante desagradable; a veces este líquido es de color amarillo (NTP, 2008). Este se obtiene utilizando hidroperóxido de etilbenceno como sistema de oxidación auxiliar para transformar el propeno en óxido de propeno; en esta reacción se produce metilfenilcarbonil, que se transforma en estireno por deshidratación. Por cada kilogramo de óxido de propileno se obtienen unos 2.5 kg de estireno. El método de mayor uso para fabricar estireno es por la deshidrogenación catalítica directa del etilbenceno (del benceno extraído de la fracción originaria de la refinación del petróleo se fabrica etilbenceno) (Weissermel & Arpe, 2003). La destilación es una de las operaciones unitarias más importantes de la deshidrogenación del etilbenceno; en las columnas de alquilación se separan el benceno y los polietilbencenos para su recirculación, produciendo un etilbenceno en aproximadamente un 99 % en peso de pureza, que luego pasa a la etapa de deshidrogenación, dando como resulta un producto en

crudo de aproximadamente 40 % en peso de estireno (King, 1979).

Usos industriales

El estireno se ocupa para fabricar polímeros de tipo estireno-butadieno-hule (SBR), y estireno-butadieno-estireno (SBS), estos se ocuparon por primera vez hace 20 años para mejorar los asfaltos en proporciones del 6 al 12 % con resultados excelentes. Esta modificación de los asfaltos para pavimentos mejoró el comportamiento ante la baja de temperatura y la viscosidad (Reyes & Figueroa, 2008). El estireno también se polimeriza con ácidos de Lewis en presencia de poli-p-metoxiestireno para formar un copolímero de injerto (Seymour, 2002). Unos de los copolímeros de estireno más importantes en cuanto a volumen de producción son los de los cauchos sintéticos de estireno-butadieno. También existe otro grupo de copolímero de estireno-butadieno que se usa extensamente en pinturas de látex, con una composición de 60 % de estireno y 40 % de butadieno en peso (Billmeyer Jr, 2004). Otro uso del estireno es para fabricar resinas ABS, que es la composición de tres monómeros; y su nombre lleva esas iniciales de los monómeros como butadieno (B), estireno (S) y acrilonitrilo (A); estas sirven para fabricar revestimiento de puertas de refrigeradores, tuberías, juntas, partes moldeadas de automóviles (en 1985 los autos fabricados llevaban en promedio 12 Kg de ABS cada uno), y al mezclar la resina ABS con PVC se obtienen plásticos de alta resistencia a la flama que le permite ser usado en la construcción de televisores (Chow, 1987).

Efectos a la exposición prolongada o repetida

El líquido desengrasa la piel, afecta al sistema nervioso central, puede aumentar los daños en la audición originados por la exposición. Esta sustancia es posiblemente carcinógena para los seres humanos (INSHT, 2006).

Xileno

Es un líquido incoloro de olor dulce que se inflama fácilmente; las industrias químicas producen xileno a partir del petróleo. El xileno es una de las treinta sustancias químicas más producidas en los Estados Unidos, en términos de volumen (Beyer & Walter, 1987-B). Esta se evapora rápidamente al aire desde el suelo y el agua superficial, ya que la sustancia tiene presión de vapor de 0.7 kPa a 20 °C (INSHT, 2002). Los xilenos son obtenidos comercialmente a partir de una corriente de mezcla de hidrocarburos producida en unidades de reformado de combustible (nafta) en refinerías de petróleo. También se produce en menores proporciones a partir de gas de horno de coque en fábricas de acero (King, 1979). En el aire se evapora rápidamente desde el suelo y aguas de superficie; además, en el aire es degradado a sustancias menos perjudiciales por la luz solar en pocos días; en el suelo es degradado por microorganismos, una pequeña cantidad se acumula en plantas, mariscos y en otros animales que viven en agua contaminada con xileno (ATSDR, 2007).

La exposición al xileno ocurre al usar gasolinas, pinturas, barnices, lacas, sustancias para prevenir corrosión y al inhalar humo de cigarrillo. El xileno puede ser absorbido a través del sistema respiratorio, piel, al beber agua o ingerir alimentos contaminados; en los trabajos de pintor, tecnólogo médico, mecánico de automóviles; en industria de pinturas, metalúrgica y acabado de muebles (ATSDR, 2007). La sustancia irrita los ojos y la piel; la ingestión del líquido puede dar lugar a su aspiración y a la consiguiente neumonitis química; por exposición prolongada puede potenciar el daño auditivo causado por la exposición a ruido; la experimentación con animales muestra que posiblemente cause efectos tóxicos en la reproducción humana (INSHT, 2002).

Diésel fuel

Es un líquido de color marrón ligeramente viscoso de un olor muy particular; a temperatura de 20 °C casi no alcanza una concentración nociva para la salud. La sustancia afecta la piel e irrita los ojos y el tracto respiratorio; al ingerirlo puede ser absorbido por aspiración y causar neumonitis química; el líquido desengrasa la piel (INSHT, 2004).

Las emisiones de diésel son una mezcla de gases y partículas diminutas. Estos gases emitidos contienen dióxido y monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, compuestos de azufre, formaldehído, benceno, compuestos orgánicos volátiles, contaminantes orgánicos persistentes (COP), metanol y otras sustancias de efecto invernadero liberados a la atmósfera que afectan el cambio climático (NLM, 2016).

Hidrocarburos

Los compuestos orgánicos más sencillos son los hidrocarburos, los cuales contienen solo hidrógeno y carbono. Cada átomo de carbono forma cuatro enlaces, y cada átomo de hidrógeno forma un solo enlace, por eso la molécula más sencilla de hidrocarburo es el CH_4 , a la cual llamamos *metano*, que es el compuesto principal del gas natural. El metano es primer miembro de un grupo de compuestos relacionados entre sí (Hill & Kolb, 1999). Estos se dividen en hidrocarburos de cadena abierta e hidrocarburos de cadena cerrada, según la concatenación entre sí de los átomos de carbono en sus moléculas. Los primeros forman la serie grasa, y los segundos la serie aromática, cuando en sus moléculas tienen anillos formados por 6 átomos de carbono que se intercambian alternadamente una y dos valencias; y la serie cíclica, cuando sus moléculas contienen núcleos con variable número de átomos de carbono sin dobles enlaces entre sí (Angiolani, 1960).

La mayoría de hidrocarburos que hoy se usan provienen del carbón, petróleo y gas natural. Estos dos últimos son la fuente más importante

de alcanos. El gas natural es principalmente metano (80 a 85 %) acompañado de cantidades progresivamente menores de etano, propano, butano y alcanos superiores (3 %) [Teijón, García, Olmo, & García, 1996].

Figura 9. Principales hidrocarburos aromáticos. Propiedades físicas
 (Teijón, García, Olmo, & García, 1996)

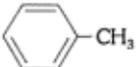
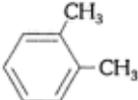
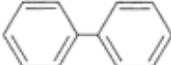
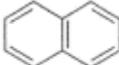
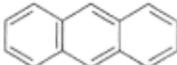
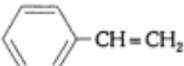
Nombre	Fórmula	P.f. (°C)	P.e. (°C)	Densidad (20°)
Benceno		5,51	80,1	0,879
Tolueno		-9,5	110,6	0,867
O-xileno		-29	144,4	0,880
Difenilo		70	254	1,180
Naftaleno		80,5	217	1,145
Antraceno		217	344	1,25
Estireno		-30,6	145,2	0,906

Figura 10. Nomenclatura en función del número de átomos de carbono de los alcanos (Teijón, García, Olmo, & García, 1996)

Nº de átomos de carbono	Nombre	Fórmula semidesarrollada	Fórmula molecular
1	metano	CH ₄	CH ₄
2	etano	CH ₃ - CH ₃	C ₂ H ₆
3	propano	CH ₃ - CH ₂ - CH ₃	C ₃ H ₈
4	n-butano	CH ₃ - CH ₂ - CH ₂ - CH ₃	C ₄ H ₁₀
5	-pentano	CH ₃ - (CH ₂) ₃ - CH ₃	C ₅ H ₁₂
6	-hexano	CH ₃ - (CH ₂) ₄ - CH ₃	C ₆ H ₁₄
7	-heptano	CH ₃ - (CH ₂) ₅ - CH ₃	C ₇ H ₁₆
8	-octano	CH ₃ - (CH ₂) ₆ - CH ₃	C ₈ H ₁₈
9	-nonano	CH ₃ - (CH ₂) ₇ - CH ₃	C ₉ H ₂₀
10	-decano	CH ₃ - (CH ₂) ₈ - CH ₃	C ₁₀ H ₂₂

El gas propano es extremadamente inflamable, incoloro e inodoro comprimido licuado; esta sustancia se puede absorberse por inhalación. En zonas confinadas donde se pueden alcanzar concentraciones peligrosas, puede producirse asfixia por disminución del contenido de oxígeno en el aire. La evaporación rápida puede producir congelamiento y también puede afectar el sistema nervioso central, la sustancia puede absorberse por inhalación (INSHT, 2003-A).

Tolueno

El tolueno es un líquido incoloro transparente con un olor característico. Es un buen solvente y está presente de forma natural en el petróleo crudo y en el árbol tolú. Se produce en el proceso de producción de la gasolina y de otros combustibles a partir del petróleo crudo y en la producción de coque a partir del carbón (ASTDR, 2015). El tolueno se usa en la fabricación de pinturas, diluyentes de pinturas, barniz para las

ñas, lacas, adhesivos y caucho; y en la imprenta y el curtido de cueros, manufactura de benceno, nylon, plásticos y poliuretano, y en la síntesis de trinitrotolueno (TNT), ácido benzoico, cloruro de benzoilo y tolueno diisocianato. También se añade a la gasolina junto con el benceno y el xileno para mejorar el octanaje (IARC, 1989).

Efectos en la salud

Los efectos sobre el sistema nervioso provocan dolores de cabeza, mareo o pérdida del conocimiento; algunos de ellos son pasajeros. Sin embargo, efectos tales como incoordinación, alteraciones mentales y pérdida de la visión y la audición pueden transformarse en permanentes por la exposición repetida, especialmente en concentraciones asociadas con inhalación intencional de solventes. Otros efectos dañinos que puede causar en órganos del ser humano incluyen efectos adversos al riñón, el hígado y sobre el sistema reproductivo (ASTDR, 2015). Estudios en animales de laboratorio y seres humanos han demostrado que el tolueno se absorbe fácilmente en el tracto respiratorio con una captación del 40 al 60 % en los seres humanos. El tolueno líquido es también rápidamente absorbido por la piel (14-23 mg/cm² por h), pero la absorción desde el tracto gastrointestinal es más lento (IPCS, 1986).

Metales pesados en partículas de hollín

Cobalto (Co)

Es un elemento de transición de color gris con número atómico 27; en los meteoritos se encuentran pequeñas cantidades del elemento. Generalmente se extrae en Canadá, Marruecos y Zaire. Los minerales de cobalto se tuestan para obtener óxidos y se reducen con carbono o gas de agua (Vázquez, D.; Ibarra, A.; Julian, I.; De Sá Maradiaga, J.; Martínez, S.; Sáez, R., 2004). El metal se utiliza principalmente en forma de aleación

no ferrosa dura, que no se corroe (en aleación con cromo y wolframio), y en aceros especiales y materiales magnéticos; los compuestos se utilizan ampliamente como pigmentos y catalizadores (Sharpe, 1993). El metal se oxida por aire caliente, este reacciona con carbono, fósforo, azufre y ácidos minerales diluidos. Sales de cobalto (II) se utilizan para dar un color azul intenso a vidrios, cerámicas y azulejos. Con sales el cobalto (III) se fabrica papel de cloruro de cobalto anhidro, que se emplea para test cualitativos del agua; y el compuesto se emplea como tinta sensible al calor. También se produce artificialmente cobalto 60 como trazador radiactivo, que se emplea para combatir algunos tipos de cáncer (Julian, Sáez, & Martínez, 2003).

En forma de polvo gris plateado, al contacto prolongado o repetido con la sustancia, puede causar sensibilización de la piel. Por inhalación puede originar asma; también los pulmones pueden verse afectados por la exposición prolongada y repetida. La sustancia es posiblemente carcinógena para seres humanos (INSHT, 2004).

Antimonio (Sb)

El antimonio es el elemento 51 de la tabla periódica; es un metal de color blanco plateado y dureza mediana que se rompe fácilmente; a veces se presenta en diferentes formas, como grumos duros, quebradizos, brillantes, plateado-blancos o polvo gris oscuro. La sustancia puede absorberse por inhalación, digestión y causar irritación gastrointestinal. Es posible la explosión del polvo si se encuentra mezclado con el aire en forma pulverulenta o granular (INSHT, 2007-A). El antimonio, con el oxígeno, forma tres tipos de óxido: de antimonio trivalente (Sb_2O_3), de antimonio tetravalente (Sb_2O_4) y de antimonio pentavalente (Sb_2O_5) (Vielhaber, 2002). El suelo contiene generalmente concentraciones muy bajas de antimonio, menores que una parte por millón de antimonio por un millón de partes de suelo (ppm). Sin embargo, se han encontrado concentraciones cercanas a 9 ppm. Las concentraciones más altas encontradas en sitios de

desechos tóxicos que aparecen en la lista NPL y en los lugares donde se procesa el antimonio oscilan entre 109 y 2.550 ppm (ASTDR, 2016).

El antimonio se utiliza para endurecer el plomo usado en acumuladores, para endurecer el estaño (en el peltre) y para preparar metal para tipos de imprenta (Rochow, 1981). Pequeñas cantidades de antimonio son liberadas al medio ambiente a través de incineradores y plantas generadoras de energía por combustión de carbón. El antimonio que sale por las chimeneas de estas plantas está adherido a partículas muy pequeñas que se depositan en el terreno o que son eliminadas del aire por la lluvia (ASTDR, 2016).

También puede alcanzarse rápidamente una concentración nociva de partículas suspendidas en el aire, esto puede causar irritación mecánica de los ojos; el contacto prolongado puede causar dermatitis, especialmente por exposición a humos; la sustancia puede afectar al pulmón, dando lugar a neumoconiosis [grupo de enfermedades pulmonares caracterizadas por inhalación de partículas inorgánicas] (INSHT, 2007-A).

Generalmente se necesitan muchos días para que el antimonio sea eliminado del aire. El antimonio que está adherido a partículas muy pequeñas puede permanecer en el aire durante más de un mes. El antimonio no puede ser destruido en el medio ambiente; solo puede cambiar de forma, adherirse o separarse de las partículas (ASTDR, 2016).

Selenio (Se)

El selenio es una sustancia natural, sólida, ampliamente distribuida en la corteza terrestre, aunque irregularmente. En forma pura tiene apariencia de color gris metálico a cristales negros. Se produce para el comercio principalmente como subproducto de la refinación del cobre. En el ambiente no se encuentra en forma elemental, a menudo esta combinado con sulfuro o minerales de plata, cobre, plomo o níquel, también se combina con oxígeno para formar cristales blancos o incoloros; algunos compuestos de selenio son gases (ASTDR, 2003).

Las formas alotrópicas (propiedades de algunas sustancias simples de poseer estructuras moleculares diferentes) del selenio tienen carácter metálico; el selenio rojo se aparece a las estructuras del azufre; el selenio gris es un metaloide que posee brillo metálico y una cierta conductividad eléctrica, que aumenta cuando se somete el selenio a la acción de la luz, aumentando con la intensidad luminosa hasta llegar a ser mil veces superior a la intensidad de la corriente que fluye en ausencia de la luz (Rochow, 1981).

Este aspecto condujo a las primeras células fotoeléctricas que permitieron operar circuitos eléctricos mediante rayos de luz; el selenio rojo se agrega para transmitir un color rojo intenso y los compuestos agregados en la fase final las operaciones del vidrio para obtener un color amarillo intenso [las señales luminosas y de semáforo] (Rochow, 1981). Este elemento está sujeto a la oxidación y reducción bacteriana. Estas transiciones son importantes porque el selenio es un elemento indispensable en la nutrición, particularmente del ganado, ya que se conocen enfermedades relacionadas con exceso o deficiencia de selenio en EE. UU. y otros veinte países productores de ganado. En Nueva Zelanda, el ganado padece de deficiencia de selenio (Manahan, 2007).

Y al calentar la sustancia se producen humos tóxicos. Reacciona violentamente con oxidantes y ácidos fuertes; y si es amorfo, al contacto con agua a 50 °C forma un gas inflamable y explosivo y ácidos de selenio. Por exposición corta irrita el tracto respiratorio y afecta al tracto gastrointestinal y al sistema nervioso; por exposición prolongada o repetida puede afectar al tracto respiratorio, gastrointestinal y la piel (INSHT, 2010).

Níquel (Ni)

Es un metal blanco descubierto en 1571; es un elemento muy importante ocupado para formar aleaciones que agregan solidez y resistencia a la corrosión. Es muy utilizado en los aceros inoxidables y en aleaciones con

base de níquel (conocidas también como *superaleaciones*), estas son utilizadas en aplicaciones de alta temperatura, como componentes de motores a chorro, motores de reacción, plantas nucleares, en equipos para el manejo de alimentos, procesos químicos, acuñado de monedas y aplicaciones marinas (Kalpakjian & Schmid, 2002). La mayor parte del níquel que se produce en el mundo procede del yacimiento Sudbury, en Ontario, Canadá. El mineral se presenta en forma de sulfuro de cobre y de níquel, conteniendo además cobalto, hierro y metales preciosos. Estos materiales se funden para obtener la mata, que luego son tratados en hornos convertidores (convertidores Bessemer) para retirar el hierro; el producto obtenido se llama *mata Bessemer*, que luego se envía a refinerías para someterlo a procesos mixtos, térmico y electrolíticos (Mantell, 2003).

El níquel se ocupa preferentemente para cubrir otros materiales. Con una pequeña capa del metal, aplicada a través de electrolisis con fines decorativos, el níquel de tipo brillante combinado con el semibrillante, se mejora la protección frente a la corrosión. También se utiliza el niquelado, previo cobreado, para hacer el cromado brillante de piezas (Hufnagel, 2004). El níquel es liberado a la atmósfera por industrias que manufacturan o usan níquel, sus aleaciones o compuestos; por plantas industriales que queman carbón o petróleo y por incineradores de basura. En el aire se adhiere a pequeñas partículas de polvo que se depositan en el suelo o son removidas del aire por la lluvia o la nieve. En el suelo se adhiere fuertemente a partículas que contienen hierro y manganeso; no parece acumularse en peces ni en otros animales usados como alimentos (ASTDR, 2005a).

La sustancia puede absorberse por inhalación del polvo. La evaporación a 20 °C es despreciable, sin embargo, se pueden alcanzar concentraciones nocivas en el aire cuando se dispersa. Puede causar irritación mecánica; la inhalación de humo que contenga níquel puede causar neumonitis (inflamación pulmonar limitada al espacio intercelular); y cuando es prolongada o repetida puede provocar asma, también los pulmones pueden resultar afectados; y la sustancia es posiblemente cancerígena para humanos (INSHT, 2005).

Cadmio (Cd)

El metal de cadmio fue descubierto en el año de 1817 por el químico alemán Friedrich Stromeyer, y propuesto como pigmento doce años más tarde por el doctor en medicina Girolamo Melandri. En 1830 ya se pintaba con amarillo de cadmio, pero no fue sino hasta 1849 que se fabricó en grandes cantidades. También se fabrica rojo de cadmio al combinarlo con selenio por cocción de carbonato de cadmio (Hoppe, 2005-A). La mayor parte del cadmio en los EE. UU. se extrae como producto secundario durante la producción de otros metales, como el plomo, zinc y cobre. El cadmio se utiliza para fabricar baterías, pigmentos, recubrimientos electrolíticos, estabilizadores para plásticos, aleaciones sin hierro, instrumentos fotovoltaicos y otros usos (ASTDR, 2016).

El cadmio es abundante en la naturaleza; no se encuentra nativo, casi siempre se halla asociado con los minerales de zinc; por ello el nombre de *cadmio* deriva de la palabra griega *cadmo* (κάδμος). Se encuentra presente en varios tipos de rocas, lodos de sedimentación, carbones y petróleos; las mayores fuentes de liberación de cadmio son las combustiones de aceites, de carbones y las plantas incineradoras. Otra fuente importante de contribución es el uso de fertilizantes obtenidos a partir de rocas o sedimentos ricos en cadmio (Camean, 1995).

La absorción por inhalación depende de la solubilidad y tamaño de las partículas de cadmio. En el aire ambiental el 15 % de las partículas de cadmio son absorbidos por los humanos (Camean, 1995). El tiempo medio de retención de las partículas de cadmio varía, siendo un factor de 10, en monos, más que en ratas. Tras la inhalación de partículas de óxido o de sulfuro de cadmio, ambas insolubles en agua, las primeras son solubilizadas por el pulmón, mientras que las segundas, son eliminadas por un efecto del transporte mecánico por macrófagos alveolares (Oberdörster, 1988).

Figura 11. Eliminación de partículas inhaladas: mecanismos de liberación
 (Oberdörster, 1988)

		Insoluble	Soluble
Conducting zone	Trachea	0	
	Bronchi	1	
		2	
	Bronchioles	3	
		4	
	Terminal bronchioles	5	
Transitional and respiratory zones	Respiratory bronchioles	17	
	Alveolar ducts	18	
		19	
		20	
	Alveolar sacs	21	
		22	
		23	
Lung Parenchyma	Alv. epith. cells		
	Interstitial		
	Blood capillaries		
	Lymph capillaries		

		Insoluble	Soluble
		↑ mucociliary escalator	
		↓ endocytosis (macroph., epith. c.)	
		↑ - - - cough	
			↓ diffusion; pinocytosis (inter-, transcellular)
			↑ - - - cough; mucocil. esc.
			↓ chem. binding (epith., subepith.)
		↑ phagocytosis (AM)	
		↓ endocytosis (type I cells)	
		↑ fluid flux (?)	
			↓ diffusion; pinocytosis (inter-, transcellular)
			↑ endocytosis (AM, type II)
		↓ phagocytosis (IM)	
		↓ endocytosis (endoth. cells)	
		↓ fluid flux (lymph)	
		↓ mechanical (fibers)	
			↓ diffusion (blood; lymph; interst. cells)
			↓ chemical binding (epithl., interst. cells)

Una vez absorbido por los pulmones o el tracto gastrointestinal, este es conducido por la sangre hacia el hígado y otras partes del cuerpo; en el hígado el cadmio induce la síntesis de proteínas de bajo peso molecular ricas en azufre (metalotioneínas). El complejo cadmio-metalotioneína se considera menos tóxico que el cadmio no enlazado, pero la liberación desde el hígado es lenta, lo que da como resultado una acumulación del complejo MT-Cd en el hígado (Camean, 1995). La concentración de cadmio varía según el tipo de tejido y edad del individuo, del 5 al 85 % se acumula en el hígado y el riñón; en este último se acumula entre el

30 y el 60 % del total de la sustancia absorbida (Friberg, Elinder, Kjellstom, & Nordberg, 1985). El cadmio es considerado como hipertensivo., Experimentos con ratas hembras muestran que una exposición a largo plazo con niveles bajos de cadmio produce un incremento de la presión arterial sistólica (Perry, 1980).

Estudios recientes indican que el plomo y el cadmio pueden ejercer tanto acciones directas como indirectas sobre la rotación ósea, indirectamente a través de disfunción renal, y directamente sobre la función osteoblástica y osteoclástica. La exposición al plomo afecta el crecimiento de los niños en estatura, tanto el plomo como el cadmio son nefrotóxicos y pueden alterar el metabolismo de la vitamina D (Berglund, Akesson, Bjellerup, & Vahter, 2000). Se ha demostrado inducir daño renal y osteoporosis/osteomalacia a largo plazo de alto nivel de exposición. Se ha detectado una asociación negativa entre la dosis de cadmio y la masa ósea en personas que tienen una exposición, tanto ocupacional como ambiental, relativamente baja a este (Berglund, Akesson, Bjellerup, & Vahter, 2000).

Arsénico (As)

El arsénico se encuentra en la naturaleza tanto en forma elemental como de compuestos, tanto aniónicos en los arseniuros metálicos, como catiónicos, en los sulfuros de arsénico. Algunos minerales que lo contienen son la piritita arsenical (FeAsS), löllingita (FeAs_2), piritita roja de níquel (NiAs). Por calefacción de piritita arsenical en ausencia de aire, el arsénico se sublima, quedando un residuo de sulfuro de hierro (Christen, 1986-A). Es un elemento de origen natural ampliamente distribuido en la corteza terrestre. En el medio ambiente se combina con oxígeno, cloro y azufre para formar compuestos inorgánicos de arsénico; en los animales y plantas se combina con carbono e hidrógeno para formar compuestos orgánicos. Se usa especialmente para preservar madera. Los compuestos orgánicos de arsénico se usan como pesticidas, principalmente

en cultivos de algodón y huertos frutales (ASTDR, 2007). Este elemento es tóxico y algunos de sus compuestos más venenosos, como el arseniato de plomo, fue utilizado como insecticida (Rochow, 1981).

La exposición a arsénico puede darse por inhalar aserrín o humo de la combustión de madera tratada con ese elemento; por vivir en áreas con niveles naturales inusualmente altos de la sustancia en las rocas o al trabajar en fundiciones de cobre, plomo, tratamiento de madera o pesticidas. La inhalación de la sustancia produce dolor de garganta e irritación de los pulmones; la ingestión de niveles altos puede ser mortal, y menores niveles de exposición producen náuseas, vómitos, menor producción de glóbulos rojos y blancos, ritmo cardiaco anormal, daño en vasos sanguíneos y sensación de hormigueo en las manos y los pies (ASTDR, 2007).

Por efectos debidos a exposición de corta duración, la sustancia puede afectar el tracto gastrointestinal, dando lugar a gastroenteritis grave, pérdida de fluidos y electrolitos, alteraciones cardiacas, *shocks* y convulsiones. Por exposición prolongada o repetida, la sustancia puede afectar las membranas mucosas, la piel, el sistema nervioso periférico, el hígado o la medula ósea, dando lugar a neuropatías, perforación del tabique nasal, hiperqueratosis, anemia, alteraciones hepáticas. La sustancia es carcinógena para seres humanos (INSHT, 2011).

Cromo (Cr)

Elemento de transición duro, de color plateado, de numero atómico 24, punto de fusión 1.857 °C y de ebullición 2.672 °C. Su principal mineral es la cromita (FeCr_2O_4). Los principales países productores son Turquía, Sudáfrica, Rusia, Filipinas y Zimbabue (Oxford-Complutense, 2003). El metal presenta una estructura cristalina centrada en el cuerpo. Se extrae al calentar cromita con cromato sódico y realizar electrolisis; o al calentar la cromita con carbono en un horno eléctrico, produciendo un ferro cromo empleado para la fabricación de aceros (Oxford-Complutense, 2003).

El cromo está ampliamente distribuido en la corteza terrestre; con valencias (número de oxidación) de Cr^{+2} a Cr^{+6} (Jiménez, 2005). El uso más importante del cromo es en la preparación de aleaciones de acero. La adición de cromo al acero lo vuelve mucho más resistente a la corrosión y a la abrasión. Los aceros cromo-níquel se conocen como aceros inoxidables y se utilizan como elementos de calentamiento en resistencias (Daub & Seese, 1996).

Otro uso importante del cromo es en la electrodeposición, en el cual se cubre otro metal con una pequeña capa de aquel, especialmente en acero, para favorecer la resistencia a la corrosión, desgaste del metal y mejorar la apariencia, esto se utiliza en partes de vehículos, herramientas y accesorios para muebles. Los compuestos de cromo son útiles en el proceso de curtiembre de pieles [$\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$]; y como pigmentos para cerámica y tela, el cromo amarillo (PbCrO_4) y el óxido de cromo verde (Cr_2O_3). Los colores de las esmeraldas y los rubíes son el resultado de la sustitución de iones de Cr^{3+} en lugar de iones Al^{3+} (Daub & Seese, 1996).

Las concentraciones totales de cromo en el agua para beber son habitualmente inferiores a $2\mu\text{g/L}$, aunque se han encontrado concentraciones de hasta $120\mu\text{g/L}$. Los alimentos parecen ser la principal fuente de la ingesta de este elemento. Las principales fuentes de contaminación por este elemento son la industria del cromado (trioxido de cromo), el empleo de conexiones cromadas en circuitos de enfriamiento de agua y de acondicionamiento de aire, en agua de torres de enfriamiento, catalizadores de síntesis orgánica y en fotografía (Jiménez, 2005).

El cromo se puede encontrar en el aire, el suelo y el agua, luego de ser liberado durante su manufactura, uso o disposición de productos derivados de él. Generalmente no permanece en la atmósfera, sino que se deposita en el suelo y el agua. La exposición ocurre cuando se ingieren alimentos con cromo (III), se respira aire contaminado en el trabajo o a través de contacto con la piel durante su uso en el trabajo; al tomar agua de pozo contaminada o vivir cerca de sitios donde se depositan residuos peligrosos no controlados que contienen cromo (ASTDR, 2008). Si se en-

cuentra en forma pulverulenta o granular y se mezcla con aire, es posible la explosión; también se puede alcanzar rápidamente una concentración nociva de partículas en el aire cuando se dispersa, pudiendo causar irritación mecánica de los ojos y el tracto respiratorio (INSHT, 2005).

El cromo también se encuentra como trióxido de cromo en forma de cristales, escamas o polvo granular rojo oscuro, este se puede absorber por inhalación, a través de la piel y por ingestión. La sustancia es un oxidante fuerte y reacciona violentamente con materiales combustibles y reductores, originando peligro de incendio o explosión, además es corrosiva para los ojos, la piel y el tracto respiratorio; el contacto prolongado o repetido por inhalación puede provocar asma o afectar al riñón. Esta sustancia es carcinógena para seres humanos y puede causar daños genéticos en células germinales humanas (ASTDR, 2005-A).

Cobre (Cu)

El cobre es un metal de color rojizo, muy dúctil en frío, con estructura microscópica granular; su temperatura de fusión es de 1.084 °C; es el metal de uso industrial mejor conductor de la electricidad (Angiolani, 1960). Existe en la naturaleza en forma nativa, en la de óxido, de sulfuro y de sulfuros dobles; en la de cloruro, de carbonato, de sulfato, de fosfato, etc. Los principales minerales son el sub-óxido (cobre rojo) y los carbonatos (verde, malaquita y azul, azurita), que son poco abundantes; y sulfuros dobles (cobre gris o panabasa y tennantita, la calcopirita y filipsita), que son muy comunes, en países donde es habitual la calcopirita como: Checoslovaquia, Alemania, España, Chile, África del Sur, Zambia, Brasil y Canadá (Santistéban, 1990); (Klein & Hurbult, 2003). La concentración promedio en la corteza terrestre es de 50 ppm, o 50 gr de cobre por 1 millón de gr de suelo [1.8 onzas o 0.11 libras de cobre por 2.220 libras de suelo] (ASTDR, 2004).

El cobre es el más abundante de los metales básicos o comunes, pero el contenido metálico de sus minerales es muy bajo, requiriendo explo-

taciones de gran volumen y enriquecimiento. Eso determina que su explotación este a cargo de empresas gigantes como Anaconda, Kenecott, Union Minière, Mitsubishi y Río Tinto (Ceceña & Barreda, 1995). Los yacimientos de cobre suelen contener también otros metales comunes, como plomo, zinc, así como metales preciosos como la plata y el oro. El uso de lixiviación ácida del mineral oxidado es cada vez mayor para poder producirlo, y el método de electrólisis sirve para obtener un cobre puro, mayor al 99 % de pureza (ONU, 2004).

Las calidades comerciales del cobre en los EE.UU. son el electrolítico, el libre de oxígeno, el *lake* (refinado), el refinado al fuego y el fundido (Fink, Beaty, & Carroll, 1981). El cobre se combina con el estaño para producir bronce, este, al mezclarse al 5 % de estaño, puede trabajarse en frío; y con un 15 % en la mezcla se vuelve mucho más dura la aleación, que sirve para hacer figuras. Al combinar cobre con zinc se obtiene latón, junto con la adición de pequeñas cantidades de otros metales para darle distintos usos (Vélez, 2008).

Las redes eléctricas y las máquinas utilizan grandes cantidades de cobre para cables conductores de electricidad y bobinados de motores. Se estima que para producir energía eólica se necesitan de 2.7 t de Cu/MW instalado en un parque eólico convencional; en un parque eólico marino, estos valores aumentan con la longitud de la transmisión de la energía hasta la costa y de ahí a la red eléctrica, pudiendo alcanzar hasta 14.7 t de Cu/MW (García-Olivares, Ballabrera-Poy, García-Landona, & Turiel, 2011).

El cobre se encuentra naturalmente en todas las plantas y animales; en bajas concentraciones es un elemento esencial en la dieta de humanos y otros animales.

Zinc (Zn)

Elemento metálico blanco azulado que tiene muchas aplicaciones industriales. El número atómico del zinc es 30. Los minerales del zinc se cono-

cen desde hace mucho tiempo, pero no fue reconocido como elemento hasta 1746, cuando el químico alemán Andreas Sigismundo Marggraf aisló el metal puro calentando calamina y carbón de leña. El elemento puro es un metal cristalino, insoluble en agua, caliente o fría, y soluble en alcohol, en los ácidos y en la álcalis (Vélez, 2008).

El elemento es muy resistente a la a la corrosión atmosférica, pero es atacado fácilmente por los ácidos. Sus principales usos industriales son el galvanizado del hierro y el acero, para planchas y chapas para cubiertas, para piezas fundidas y para alear con el cobre, estaño y otros metales (Fink, Beaty, & Carroll, 1981). El zinc como elemento de aleación con cobre forma el latón. En el galvanizado, el zinc sirve de ánodo y protege el acero (cátodo) de ataques corrosivos. Los principales elementos de aleación del zinc son el aluminio, cobre y magnesio; imparten resistencia y proporcionan control dimensional durante la fundición y colada del metal. Las aleaciones con base de zinc se utilizan ampliamente en la fundición a presión, para la manufactura de productos como bombas de combustibles y parrillas de automóviles; componentes para aparatos domésticos, como aspiradoras, lavadoras, equipos de cocina, partes de máquinas y equipo de fotograbado (Schmid & Kalpakjian, 2002).

Se utiliza en pilas eléctricas como ánodo, en pilas de zinc-plata-oxígeno usadas en los misiles y las capsulas espaciales. Los principales compuestos de zinc son: el óxido de zinc (blanco de zinc), que es un pigmento usado en pinturas; el cloruro de zinc, que sirve para proteger la madera de la humedad y como anticorrosivo de metales. Del total consumido en los EE. UU., el 55 % se usa en galvanizado, el 17 % en aleaciones de zinc, el 13 % en latón y bronce, y el restante 15 %, en otros usos (ONU & Cepal, 2006).

Cierta cantidad de zinc es liberada al medio ambiente por procesos naturales, pero la mayor parte proviene de actividades humanas tales como la minería, producción de acero, combustión de petróleo e incineración de basura. Se adhiere al suelo, a sedimentos y partículas de polvo en el aire; la lluvia y la nieve remueven las partículas de polvo de zinc

del aire. Dependiendo del tipo de suelo, algunos compuestos de zinc pueden movilizarse al agua subterránea y a lagos, arroyos y ríos. La sustancia se acumula en peces y en otros organismos, pero no en plantas (ASTDR, 2005-B).

Se puede exponer a la sustancia al ingerir pequeñas cantidades en los alimentos y el agua, al tomar la que se ha guardado en un envase metálico o la que fluye a través de cañerías que han sido revestidas con zinc; al trabajar en manufactura de metales galvanizados, caucho, pintura, linóleo, paños para limpiar aceite, baterías, ciertos tipos de vidrio, cerámicas y tinturas (ASTDR, 2005-B). Si la sustancia se encuentra en forma de polvo mezclado con el aire, se puede producir una explosión. Por calentamiento intenso se producen humos tóxicos; la sustancia es un agente reductor fuerte, y reacciona violentamente al ponerse en contacto con oxidantes; reacciona con agua y violentamente con ácidos y bases, formando un gas inflamable explosivo. La inhalación puede originar fiebre de los humos metálicos, que no se da de inmediato; el contacto prolongado con la piel puede producir dermatitis (INSHT, 1994).

Mercurio (Hg)

El cinabrio es el principal mineral de donde se extrae el mercurio, este se encuentra en muchas partes del mundo, embutido entre pizarras. El cinabrio ya era conocido en la antigua China como pigmento, y en Egipto. El Imperio romano lo explotaba en las primitivas minas cartaginesas de Almadén; este mineral es insoluble en álcalis y ácidos (Doemer, 2005). El elemento es blanco, líquido, brillante atacable por ácidos; este se extrae al tostar el mineral cinabrio en hornos particulares; el azufre se quema; el mercurio, por medio de aludeles, pasa a los reservorios en donde se condensa (Saez, 1843). Este metal se usa para producir gas de cloro y sosa cáustica, y también se utiliza en termómetros, empastes dentales y en las baterías para reloj. Las sales de mercurio se utilizan a veces en cremas para aclarar la piel, antisépticos y pomadas (ASTDR, 2005).

El elemento mercurio es el más tóxico de todos los metales; no es esencial para ningún proceso metabólico y se acumula en la mayoría de los seres vivos. La transición entre compuestos orgánicos e inorgánicos y fases (estado sólido, disuelto en agua o vapor en la atmósfera) es controlada por muchos procesos ambientales. El mercurio atmosférico puede incorporarse fácilmente a los sistemas orgánicos y al agua por deposición (UGR, 2013). El mercurio tiene un ciclo en el ambiente en el que continuamente recircula en diferentes medios, en los que se dan las reacciones de metilación, ya que tiene tres estados de oxidación: Hg^0 , Hg^{+1} , Hg^{+2} , por medio de procesos biológicos; y la bioacumulación en los diferentes organismos vivos a través del ambiente y de los alimentos [O'Neill, 1993] (O'Neill, 1998). O: (O'Neill, 1993, 1998).

El mercurio puede someterse a transformaciones químicas mediante la reacción con otras especies presentes en el mar o en la atmósfera. Simulaciones con ordenador sugieren que la vida media del mercurio elemental podría ser del orden de horas para la reacción con Cl_2 en la nocturna capa marina y para las reacciones con oxidantes, tales como H_2O_2 , en la atmósfera ambiente. En fase acuosa, las reacciones pueden ocurrir en la lluvia, nube, niebla o en el agua. Estas reacciones implican la oxidación de Hg^{+2} y reducción de Hg^{+2} a Hg y por oxidación con los ácidos orgánicos y la formación de compuestos órgano-mercuriales (Seigneur, Wrobel, & Constantinou, 1994). El mercurio y sus compuestos son sumamente tóxicos, especialmente para el sistema nervioso en desarrollo (fetos e infantes); el nivel de toxicidad en seres humanos y otros organismos varía según la forma química (orgánico o inorgánico), la cantidad, la vía de exposición y la vulnerabilidad de la persona expuesta (Barbosa, De Sousa, Do Rea, Jardim, & Fadini, 2003).

Los desechos que contienen mercurio no deben ir a los rellenos sanitarios; cuando los lixiviados que se generan están en contacto con la sustancia, se contaminan; estos, al infiltrarse en el suelo, son capaces de alcanzar aguas subterráneas, las cuales llegan a cursos de aguas superficiales; y luego el agua es ocupada para usos múltiples (Angulo & Romero, 2006).

Emisiones al aire

Cuando el elemento es liberado, este circula entre el aire, el agua, el suelo y la biota en diversas formas. Las emisiones actuales se añaden al mercurio ya existente en el mundo; este sigue movilizándose, depositándose y moviéndose nuevamente en el medio ambiente. La mayoría de mercurio liberado al aire es en forma de elemental gaseoso; también se libera en forma inorgánico, iónico o en partículas; estas tienen un período de vida más corto y se depositan en masas de agua o en tierras a distancia de entre 100 a 1000 km (PNUMA, 2002).

Los efectos por exposición corta del vapor pueden originar neumonitis, afectar el sistema nervioso central y al riñón; por exposición prolongada afecta al sistema nervioso central, dando lugar a irritabilidad, inestabilidad emocional, temblores, alteraciones de la memoria y el habla, peligro por efectos acumulativos; la experimentación animal muestra que posiblemente cause efectos tóxicos en la reproducción humana (INSHT, 2005).

LA ATMÓSFERA

La atmósfera es la capa de aire que envuelve a la Tierra, gracias a ella la diferencia de temperatura del día y la noche no es tan grande; sin la atmósfera esta diferencia sería cerca de los 82 °C en el día, y en la noche sería de alrededor de los 140 °C bajo cero, con una variación diaria de más de 200 °C, en esas circunstancias sería difícil que existiera la vida terrestre, al menos como la que existe hoy (Domínguez, 2004).

Las características actuales de la atmósfera son el resultado de largos procesos físicos y químicos, ligados al desarrollo del planeta a partir de su formación, sin embargo las actividades humanas y naturales han tenido un efecto negativo determinante en el comportamiento y la composición de la atmósfera, esto debido a la contaminación que proviene de la combustión de los derivados del petróleo, de incendios forestales

y de erupciones volcánicas, principalmente, además de los ciclos astronómicos que la Tierra experimenta periódicamente (Rodríguez, 2004). La atmósfera se divide en capas. La más cercana a la Tierra, la tropósfera, alberga casi todos los seres vivos y las actividades humanas. La siguiente región es la estratósfera, que es donde se encuentra la capa de ozono que protege a los seres vivos de la mortal radiación ultravioleta solar. El aire es una mezcla de gases: nitrógeno (N₂), en casi un 78 %; oxígeno (O₂), en un 21 %, y argón (Ar), en un 1 %. Existen otros constituyentes menores, siendo el más importante el dióxido de carbono (CO₂). La concentración de este ha ido en aumento de cerca de 280 ppm, en el mundo preindustrial, a 296 ppm en 1990 y su valor actual de 360 ppm, al ritmo actual lo más probable es que siga aumentando a medida que quemamos más hulla, petróleo y gas natural (Hill & Kolb, 1999).

Tabla 3. Composición del aire seco a nivel del mar (Figueroa & Dávila, 2004)

Componente	% en volumen	Componente	% en volumen
N ₂	78,085	Kr	0,00011
O ₂	20,946	H ₂	0,000058
Ar	0,934	N ₂ O	0,000031
CO ₂	0,0314	CO	0,00001
Ne	0,00182	Xe	8,7 x 10 ⁻⁶
He	0,000524	O ₃	(1-50) x 10 ⁻⁶
CH ₄	0,00015	NH ₃	(0,01-1) x 10 ⁻⁷

Atmósfera urbana

La principal diferencia entre la atmósfera de las ciudades y espacios urbanizados y la atmósfera rural radica en la composición del aire. La atmósfera rural coincidirá con la atmósfera troposférica, que está compuesta por una mezcla de gases. En cambio, la atmósfera urbana está compuesta, además, por cantidades apreciables y variables de otros ga-

ses [principalmente dióxido de azufre, óxido y dióxido de nitrógeno, monóxido de carbono, compuestos orgánicos, productos fotoquímicos y otras partículas sólidas o aerosoles] (Moreno, 1999).

Figura 12. Composición del aire de las atmósferas rural y urbana (Moreno, 1999)

Composición del aire					
Atmósfera rural	Atmósfera urbana				
<ul style="list-style-type: none">• Mezcla de gases <table border="0" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td style="font-size: 3em; vertical-align: middle;">[</td><td style="padding: 0 5px;">N₂ O₂ Ar CO₂ y otros</td></tr></table>• Partículas sólidas y líquidas en suspensión (polvo, humos, cenizas, sales, etc.)	[N ₂ O ₂ Ar CO ₂ y otros	<ul style="list-style-type: none">• Mezcla de gases <table border="0" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td style="font-size: 3em; vertical-align: middle;">[</td><td style="padding: 0 5px;">N₂ O₂ Ar CO₂ y otros</td></tr></table>• Partículas sólidas y líquidas en suspensión (polvo, humos, cenizas, sales, etc.)• SO₂, NO, NO₂, CO, etc.• Compuestos orgánicos.• Productos fotoquímicos (O₃)• Aerosoles (Al, As, C, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Ti, V, etc)	[N ₂ O ₂ Ar CO ₂ y otros
[N ₂ O ₂ Ar CO ₂ y otros				
[N ₂ O ₂ Ar CO ₂ y otros				

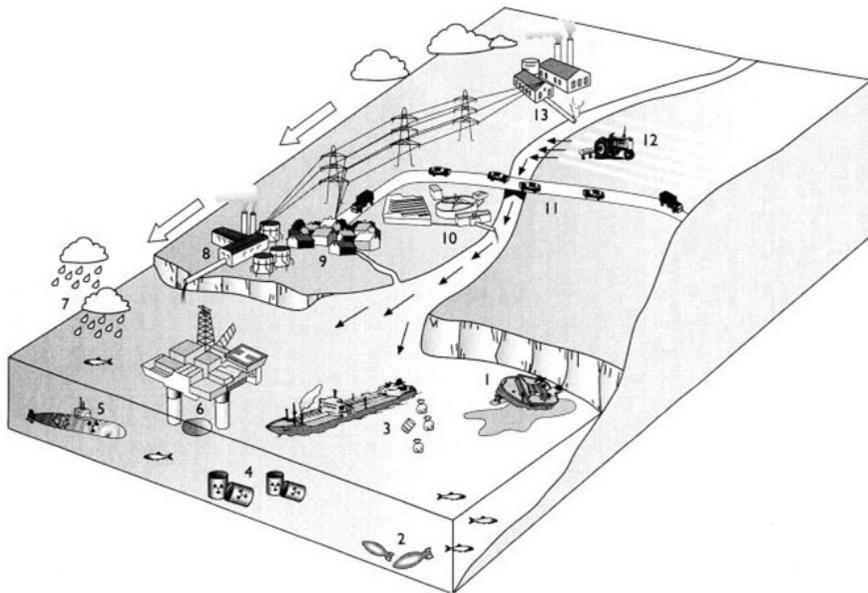
CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Introducción de residuos

El residuo es un subproducto no deseado de la actividad económica. Al flujo de un residuo que se dirige hacia el medio ambiente se lo conoce como *emisiones* o *descargas*, como por ejemplo el humo de las chimeneas. Y la contaminación es cualquier cambio químico o físico en el medio ambiente causado por emisiones de residuos, que resulta perjudicial para cualquier organismo vivo (Common & Stagl, 2008).

Se considera contaminante de la atmósfera a toda sustancia ajena a su composición normal que se incorpora y permanece en ella durante un tiempo (Bernaola, 2013). Algunos materiales contaminantes como los metales pesados no están sujetos a ataque bacteriano, no se dispersan, pero reaccionan con las plantas y los animales, a veces con efectos nocivos. Debido a su persistencia y efectos nocivos, se les considera una amenaza muy seria para el ambiente [mercurio, cobre, plomo, Zinc y otros] (Clark, 2001).

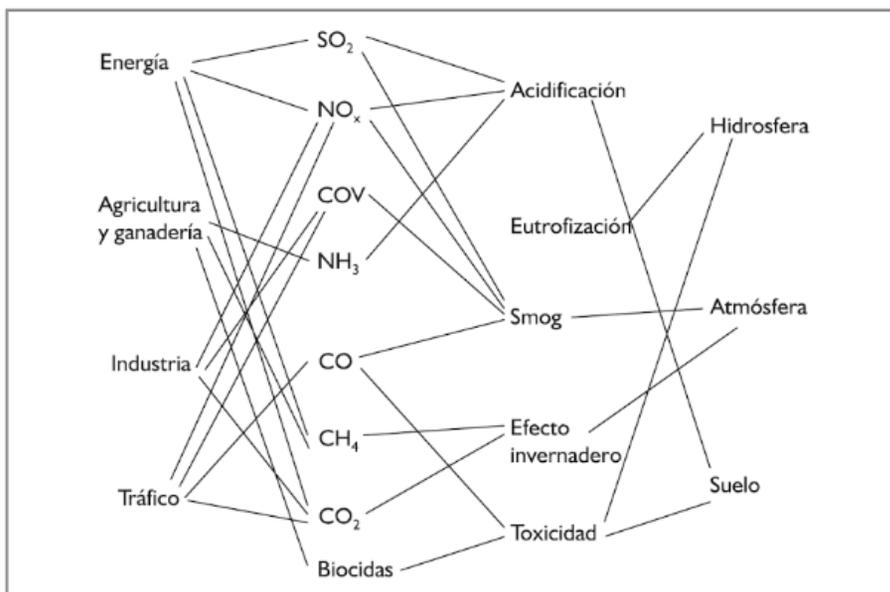
Figura 13. Desechos que llegan al medio marino a partir de una gran variedad de fuentes. [n.º 7: lavado de contaminantes atmosféricos que incluye metales pesados e hidrocarburos] (Clark, 2001).



Una gran cantidad de sedimentos de ambientes acuáticos cercanos a centros urbanos contienen altas concentraciones de contaminantes ambientales, estos pueden acumularse en la biota residente (flora y fauna de un lugar).

Ciclo de los contaminantes ambientales

Figura 14. Interrelaciones entre fuentes, medios receptores e impactos ambientales (Doménech, 1999)



Las condiciones meteorológicas afectan directamente las concentraciones de los polutantes¹, dando lugar a lo que se conoce como ‘episodios de contaminación atmosférica’, que se producen sobre todo en situaciones anticiclónicas de invierno, que favorecen la inversión térmica; esta suele desaparecer a mediodía, especialmente en la estación cálida; es reemplazada por convección térmica, que favorece la mezcla vertical. Por esta razón los valores de concentración de contaminantes a mediodía son serán más bajos que a primeras horas de la mañana, especialmente en verano (Moreno, 1999).

1 Un polutante es considerado como un agente físico o una sustancia química que se encuentra en el ambiente y que tiene un efecto deletéreo sobre los organismos vivos (Capó, 2007).

Así, en gran número de ciudades se observan dos máximos de concentraciones de contaminantes, causados por las horas de mayor tráfico de la mañana y la tarde, coincidiendo con el inicio y el final de la jornada laboral. La inversión térmica puede agravar aún más los efectos de la contaminación cuando la ciudad o el área urbana se hallen situadas en un asentamiento topográfico singular, tal como en un valle o en una depresión o cuenca rodeada por relieves montañosos. En estos casos la inversión puede actuar como un tapadera, conformando un domo o una cúpula de polvo sobre la ciudad (Moreno, 1999).

Tiempo de permanencia en el ambiente de sustancias contenidas en las emisiones de motores diésel liberadas al ambiente dependen del carácter químico de la sustancia emitida (hidrocarburos halógenas son más persistentes con duración de hasta tres años).

Modelo de caja

Este es el modelo más sencillo de dispersión atmosférica; este supone que los contaminantes emitidos a la atmósfera se mezclan de manera uniforme en un volumen de aire. Lo más crítico al utilizar este modelo es establecer de forma racional las dimensiones de la caja y el período de emisión de contaminantes, considerado un período normal una hora (Sbarato, Sbarato, & Ortega, 2007). El modelo supone condiciones de régimen permanente; es decir, se asume que las emisiones, la velocidad del viento y las características del aire disponible para conseguir la dilución no varían en el tiempo. En un modelo de caja también se supone que las emisiones se mezclan completa e instantáneamente con el aire disponible para la dilución y que el material es químicamente estable y permanece en el aire. Este modelo puede utilizarse para fuentes de contaminación atmosférica de un único punto, puntos múltiples, zonales, lineales o de tipo híbrido y consiste en dividir la cantidad total de contaminante emitido por el volumen de la caja considerada (Sbarato, Sbarato, & Ortega, 2007).

Impacto del azufre en las emisiones de contaminantes y directiva 2009/30/ce

Los vehículos automotores continúan siendo la principal fuente de contaminación del aire; a pesar de los enormes avances de las tecnologías de motorización y del control de emisiones, de que los vehículos nuevos y más limpios reemplazan a los más viejos, y aunque las emisiones totales del sector empiezan a declinar, no dejan de ser la fuente más importante de contaminación del aire (ICCT, 2003). El dióxido de azufre (SO_2) presente en la atmósfera urbana, al combinarse con un átomo de oxígeno forma el SO_3 , y al absorber agua forma ácido sulfúrico (H_2SO_4), siendo este muy higroscópico (capacidad de una sustancia de absorber humedad del medio que lo circundante), por lo cual favorece la formación de nieblas, esto contribuye a acidificar el agua lluvia (Moreno, 1999).

Este proceso es el que da lugar al smog ácido o sulfuroso que ha afectado sobre todo a grandes ciudades industriales. En 1952 la ciudad de Londres (del 5 al 9 de diciembre) tuvo un importante episodio de contaminación de este tipo, del que se dice llegó a causar un incremento en la mortalidad de la población (Moreno, 1999). En estimaciones publicadas por la OMS en el 2014 informa que en 2012 unos 7 millones de personas murieron debido a la contaminación del aire; una de cada 8 muertes en el mundo son consecuencia de la exposición a la contaminación atmosférica. La Unión Europea, en este sentido, adoptó en la norma Euro 5, que indica que los estados miembros deben adoptar medidas adecuadas para facilitar la comercialización del gasóleo con un contenido de 10 ppm de azufre antes del 1 de enero del 2011 (CE, 2009).

Daños ambientales por gases de efecto invernadero

El tiempo de permanencia de los principales gases de efecto invernadero, como el metano, oscila entre 10 y 100 años, para el dióxido de carbono y el óxido nitroso (Common & Stagl, 2008).

Efectos y daños en la salud

Las personas en reposo inhalan en promedio unos 15.000 litros de aire, y 50.000 los que practican algún deporte o los que realizan un trabajo muy pesado. Los niños respiran un 50 % más de aire que los adultos; en proporción al tamaño, su sistema inmune y respiratorio se encuentra en desarrollo, al igual que presenta una mayor número de enfermedades respiratorias (Reyes, Aristizábal, & Leal, 2006). Muchas personas que viven en zonas de alta contaminación atmosférica urbana sufren daños crónicos. La exposición crónica al dióxido de azufre produce bronquitis (inflamación de los bronquios); las partículas causan inflamación de los pulmones y, en última instancia, fibrosis (cicatrices que causan dificultad para respirar de por vida) (Bernard, Nebel, & Wright, 1999).

Tabla 4. Muertes debidas a la contaminación atmosférica (OMS, 2014)

Desglose por enfermedad
40 % – cardiopatía isquémica
40 % – accidente cerebrovascular
11 % – neumopatía obstructiva crónica
6 % – cáncer de pulmón
3 % – infección aguda de las vías respiratorias inferiores en los niños

Emisiones de motores diésel

Las emisiones diésel están catalogadas como contaminantes atmosféricos con efectos cancerígenos, mutágenos y tóxicos; cerca de 40 sustancias han sido identificadas, entre estas la anilina, en las emisiones diésel (McClellan, 1986). Los gases de escape de los motores diésel han sido clasificados como carcinógenos para los seres humanos (grupo 1), sobre la base de pruebas científicas suficientes que muestran que esa exposición está asociada con un mayor riesgo de cáncer de pulmón (IARC, 2012).

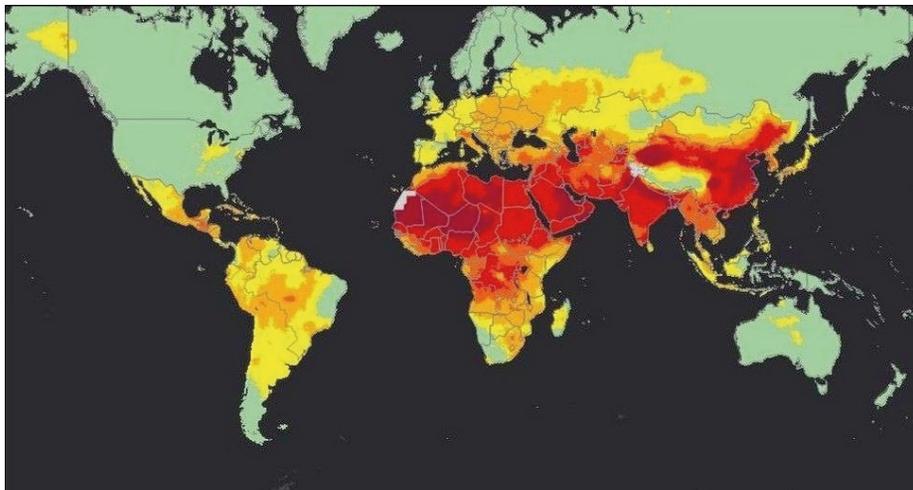
El contenido de azufre es una de las fuentes principales de emisiones de material particulado, porque al quemarse se transforma en partículas de sulfato que se emiten por el tubo de escape. Los estudios indican que estas emisiones decrecen con la disminución del contenido de azufre en todos los motores (Cepal & GIZ, 2012). La contaminación que generan los motores diésel es tal que 1 kg de gasoil (un poco más de un litro) requiere unos 15 kg de aire; y esto produce unos 14 m³, de los que una parte son tóxicos. El motor diésel produce mayor cantidad de partículas (hollín), formando un aglomerado de carbono al cual se adhieren hidrocarburos (HC), agua, sulfatos, azufre y óxidos metálicos (INSHT, 2013).

Los depósitos de azufre dañan los inyectores y corroen los anillos, pistones y cilindros hasta dejarlos inservibles, según la cantidad de azufre acumulada. Los depósitos de azufre en los inyectores provocan deficiencias en la inyección del diésel en la cámara de combustión, provocando pérdidas de combustible de hasta un 15 % en recorridos urbanos y de un 5 % en carretera, según estudios de la EPA.

Los motores diésel son una de las mayores fuentes de infracción en EE. UU., por la emisión de material particulado atmosférico² que no es de origen natural, como los incendios de los bosques. Las emisiones de diésel contienen también óxidos de nitrógeno formadores de ozono y contaminantes tóxicos del aire (EPA, 2003). Las partículas finas y ozono suponen un grave problema de salud pública. La exposición a estos contaminantes puede dañar los pulmones y agrava las enfermedades respiratorias existentes, como el asma (EPA, 2003).

2 El material particulado atmosférico se define como un conjunto de partículas sólidas y/o líquidas (a excepción del agua pura) presentes en suspensión en la atmósfera (Mészáros, 1999)

Figura 15. Zonas del planeta donde el aire está más contaminado
(OMS; citado por la BBC, 2016)



Respirar en San Salvador ha sido muy dañino para la salud, según MARN, durante la segunda semana junio del 2014, pues en la tarde de viernes 13, a las 6:35, se midió el aire en el ambiente urbano, en el cual flotaban 241 partículas por m^3 , del tamaño de 2.5 u. Una hora después la cantidad de partículas era 233 del tamaño de 2.5 flotando en el aire.

La ministra de Salud, Violeta Menjívar, reconoció que dicha semana fue una de las con más contaminación en el aire en San Salvador, y que esa condición ambiental es una de las mayores causas de que haya infecciones respiratorias agudas (IRA); estas son la primera causa de consulta en los establecimientos de salud públicos. Hasta la semana número 23 del 2014 se habían acumulado en El Salvador 1.058.000 consultas por las IRA.

Según estimaciones de la OMS, más de 7 millones de personas mueren prematuramente por enfermedades relacionadas con la polución. Hoy en día es una de las mayores causas de enfermedades y muertes en el mundo (OMS; citado por BBC, 2006-A).

Figura 16. Ciudad más contaminada en América Latina según la OMS
(OMS; citado por BBC, 2006-A)

En 2014, Coyhaique registró $75\mu\text{m}$ de PM10 y $64\mu\text{m}$ de PM2,5.

Capitales de América Latina más contaminadas

Lima **La Paz**

$94\mu\text{m}$ / $51\mu\text{m}$

$82\mu\text{m}$ / $44\mu\text{m}$

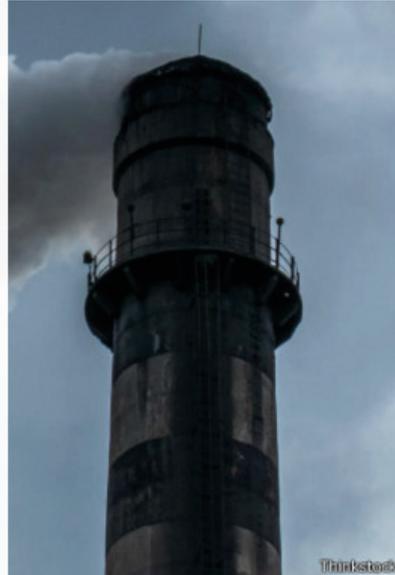
$77\mu\text{m}$ / $42\mu\text{m}$ San Salvador

$64\mu\text{m}$ / $29\mu\text{m}$ Santiago de Chile

$59\mu\text{m}$ / $36\mu\text{m}$ Tegucigalpa

$52\mu\text{m}$ / $24\mu\text{m}$ Bogotá

Datos 2013/2014 de la OMS. Medición anual de PM10 y PM2.5



Los valores que la OMS considera seguros para la salud son $20\mu\text{m}$ y $10\mu\text{m}$ respectivamente.

Marco de referencia de seguridad química

La ACGIH es una asociación científica; no es un órgano de establecimiento de normas. Como tal, ha establecido comités que revisan lo publicado por expertos. La literatura científica de la ACGIH consiste en directrices, conocidas como *valores límite umbral* (TLV) e índices de exposición biológica (BEI), para ser usadas por los higienistas industriales en la toma de decisiones con respecto a los niveles de seguridad de la exposición a diversos agentes químicos y físicos que se encuentra en el lugar de trabajo (ACGIH, 2012).

MÉTODO

Tipo de estudio

Estudio empírico con metodología cuantitativa; y descriptivo, mediante un código arbitrario de observación tipo estructurada. La investigación se lleva a cabo en el contexto habitual en el que se produce el fenómeno, pero el investigador introduce modificaciones para maximizar la probabilidad de aparición de dicho fenómeno (Montero & León, 2007).

Unidades de análisis

Se tomaron muestras de forma puntual en 20 puntos distintos de San Salvador y Santa Tecla. Para recoger la muestra de gases se consideró la distancia de 1.5 a 2 metros desde la zona de emisión (tubo de escape de los automotores de combustión diésel), para que la muestra fuera representativa. Se utilizó bolsas para hacer la analogía del pulmón, para capturar los gases de escape de los motores en cada punto de muestreo, esto permitió evitar las corrientes de aire y la dispersión de los gases contaminantes por dilución. Para capturar muestras de partículas se usaron bolsas plásticas transparentes, y blancas en algunos casos, siempre a la distancia referida del tubo de escape, para luego dejar reposar y permitir que las partículas se precipitaran al fondo, para su recolección y análisis en el laboratorio a través de espectrometría de absorción atómica, método llama, y con tipo de muestra por digestión ácida. El laboratorio seleccionado cuenta con certificación de acreditación para 25 técnicas de análisis. Y para el análisis de combustibles, se hicieron ocho pruebas físico-químicas al combustible diésel de 12 gasolineras distintas de todas las marcas del mercado; se utilizaron botellas color ámbar para evitar el cambio químico por la luz ultravioleta y con tapón a prueba de fugas de gases evaporados, para líquidos con presión de vapor alta. Este análisis se realizó en el único laboratorio del país donde se hacen las pruebas a combustibles.

Instrumentos

Dräger X-act 5000

Bomba automática para tubos Dräger: proporciona las características de flujo requeridas por los tubos de rango corto Dräger; ofrece la opción de ser utilizada con tubos y sistemas de muestreo que requieren un flujo constante. La bomba automática Dräger X-act 5000 absorbe fácilmente el aire que se debe medir a través de los tubos Dräger apropiados. La calibración de bomba se hace a través de un código de barras impreso en la etiqueta de la parte trasera de la caja de los tubos de rango corto Dräger, que contiene todos los parámetros relevantes de medición. Simplemente pasando el código de barras por el lector de la bomba, el nombre de la sustancia que se debe medir se transfiere automáticamente a la pantalla, así como el número de emboladas y el rango de medición (Dräger, 2014).

Máscara 3M 6800

Los respiradores 3M de la Serie 6800 están diseñados para usarse con los filtros de la serie 2000 y los cartuchos de la serie 6000 y 7000 de 3M, proporcionando un alto nivel de protección en usos industriales. Las principales aplicaciones para estos respiradores son: en operaciones de soldadura, industria del aluminio, del acero, del vidrio y farmacéutica; en agroquímicos y minería; industria alimenticia, petroquímica y química, entre otras.

Cartuchos 3M 6001

Los cartuchos 3M 6001, usados en la pieza facial de las series 6000 o 7000 filtro de carbón activado, que retiene mercurio en forma de amalgama, también son considerados como un desecho del proceso de tratamiento.

Tubos de rango corto acetaldehído 100/a 67 25 665

Condiciones ambientales de operación del tubo Dräger 67 26 665

Temperatura: de 0 a 40 °C

Humedad relativa: < 3 a 15 mg H₂O / L

Rango de aplicación del tubo 67 26 665

Rango de medición estándar: 100 a 1.000 ppm

Número de carreras (emboladas de 100 ml): 1 a 20

Máximo tiempo de medición: 5 minutos

Desviación estándar de datos: + o – 15 a 20 %

Cambio de color: naranja → marrón verde

Principio de reacción en el tubo Dräger 67 26 665 para medir acetaldehído

$\text{CH}_3\text{CHO} + \text{Cr (VI)} \longrightarrow \text{Cr (III)} + \text{diferentes productos de oxidación}$

Figura 17. Tubo Dräger 67-26-665 para medir acetaldehído en aire (Dräger, 2005)



Función de cálculo de concentración según la carrera de bomba automática Dräger X-act 5000 y reacción química en tubo Dräger 67 26 665 para medir acetaldehído.

Si la decoloración naranja alcanza la línea de marca de nivel de indicación, se valora como sigue:

Tabla 5. Función de cálculo de concentración de acetaldehído en aire según número de carrera en tubo de control Dräger (Dräger, 2005)

Marca	1	2	3	4	6	8	
Concentración	100	200	400	600	800	1000	ppm

Tubos de rango corto Dräger 67 28-781 ácido sulfúrico 1/a

Condiciones ambientales de operación del tubo Dräger 67 28-781

Temperatura: de 5 a 40 °C

Humedad relativa: < 15 mg H₂O / L

Rango de aplicación del tubo 67 28-781

Rango de medición estándar: 1 a 5 mg/m³

Número de carreras (emboladas de 100 ml): 1 a 100

Máximo tiempo de medición: 100 minutos, aproximadamente

Desviación estándar de datos: + o - 30 %

Cambio de color: marrón —————> violeta rosáceo

Principio de reacción en el tubo Dräger 67 28-781 para medir ácido sulfúrico

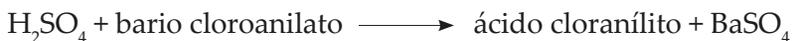


Figura 18. Tubo Dräger 67-28-781 para medir ácido sulfúrico en aire



Tabla 6. Función de cálculo de concentración según la carrera y reacción química en tubo Dräger 67 28-781 para medir ácido sulfúrico en aire

Si la decoloración violeta rosáceo alcanza la línea de marca de nivel de indicación, se valora como sigue:

Carreras	12	14	16	18	20	40
Concentración	0.17	0.14	0.12	0.11	0.1	0.05

Tubos de rango corto Dräger 67 22-701 ácido fórmico

Condiciones ambientales de operación del tubo Dräger 67 22-701

Temperatura: de 10 a 50 °C

Humedad relativa: < 30 mg H₂O / L

Rango de aplicación del tubo 67 22-701

Rango de medición estándar: 1 a 15 ppm

Número de carreras (emboladas de 100 ml): 1 a 20

Máximo tiempo de medición: 3 minutos, aproximadamente

Desviación estándar de datos: + o - 10 a 15 %

Figura 19. Tubo Dräger 67-22-701 para medir ácido fórmico en aire (Dräger, 2010)



Función de cálculo de concentración según la carrera de bomba automática Dräger X-act 5000 y reacción química en tubo Dräger 67 22-701 para medir ácido fórmico en aire.

Cambio de color: azul violeta \longrightarrow amarillo

Principio de reacción en el tubo Dräger 67 22-701 para medir ácido fórmico

$\text{HCOOH} + \text{Indicador pH} \longrightarrow \text{producto reactivo amarillo}$

Si la decoloración azul violeta alcanza la línea de marca en color amarillo, el nivel de indicación se valora como sigue:

Tabla 7. Función de cálculo de concentración de ácido fórmico en aire según número de carrera en tubo de control Dräger (Dräger, 2010)

Marca	1	2	3	4	5	6	7
Concentración	1	3	5	7	10	12	15 ppm

Tubos de rango corto Dräger 67 33-171 anilina 0.5/a

Condiciones ambientales de operación del tubo Dräger 67 33-171

Temperatura: de 15 a 30 °C

Humedad relativa: 7 a 12 mg H₂O / L

Rango de aplicación del tubo 67 33-171

Rango de medición estándar: 0.5 a 10 ppm

Número de carreras (emboladas de 100 ml): 1 a 20

Máximo tiempo de medición: 4 minutos, aproximadamente

Desviación estándar de datos: + o - 15 a 20 %

Cambio de color: amarillo claro → verde azulado

*Principio de reacción en el tubo Dräger 67 33-171 para medir anilina 0.5/a
(Dräger, 2007)*

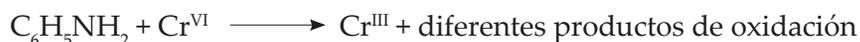


Figura 20. Tubo Dräger 67-33-171 para medir anilina en aire (Dräger, 2007)



Función de cálculo de concentración según la carrera de bomba automática Dräger X-act 5000 y reacción química en tubo Dräger 67 28-781 para medir anilina 0.5/a en aire.

Si la decoloración amarillo claro alcanza un color verde azulado en la línea de marca de nivel de indicación, se valora como sigue:

Tabla 8. Función de cálculo de concentración de anilina en aire según número de carrera en tubo de control Dräger (Dräger, 2007)

Marca	1	2	3	4	5	6	
Concentración	0.5	1	4	6	8	10	ppm

Tubos de rango corto Dräger CH 20 401 anilina 5/a

Condiciones ambientales de operación del tubo Dräger CH 20 401

Temperatura: de 15 a 40 °C

Humedad relativa: < 50 mg H₂O / L

Rango de aplicación del tubo CH 20 401

Rango de medición estándar: 1 a 20 ppm

Número de carreras (emboladas de 100 ml): 5 a 25

Máximo tiempo de medición: 3 minutos, aproximadamente

Desviación estándar de datos: + o - 30 %

Cambio de color: blanco —————> rojo

Principio de reacción en el tubo Dräger CH 20 401 para medir anilina 5/a en aire (Dräger, 2012)

Anilina + furfural —————> derivado de dianilina de hidroxiglutacondialdehído

Figura 21. Tubo Dräger CH 20 401 para medir anilina 5/a en aire (Dräger, 2012)



Función de cálculo de concentración según la carrera de bomba automática Dräger X-act 5000 y reacción química en tubo Dräger CH 20 401 para medir anilina 5/a en aire (Dräger, 2012).

Si la decoloración violeta rosáceo alcanza la línea de marca de nivel de indicación, se valora como sigue:

Tabla 9. Función de cálculo de concentración de anilina 5/a en aire según número en marca en tubo de control Dräger

Marca	1	2	3	4	5	6	7
Concentración	1	3	5	7	10	12	15 ppm

Tubos de rango corto Dräger 67 28-701 benceno 5/b

Condiciones ambientales de operación del tubo Dräger 67 28-07 para medir benceno en aire

Temperatura: de 5 a 40 °C

Humedad relativa: 3 a 15 mg H₂O / L

Rango de aplicación del tubo 67 28-701

Rango de medición estándar: 5 a 50 ppm

Número de carreras (emboladas de 100ml): 1 a 20

Máximo tiempo de medición: 8 minutos, aproximadamente

Desviación estándar de datos: + o – de 10 a 15 %

Cambio de color: blanco —————> verde marronáceo

Principio de reacción en el tubo Dräger 67 28-071 para medir benceno en aire



Figura 22. Tubo Dräger # 67-28-701 para medir benceno en aire



Función de cálculo de concentración según la carrera y reacción química en tubo Dräger 67 28-701 para medir combustible benceno en aire

Si la decoloración marrón marca el nivel de indicación, se valora como sigue:

Tabla 10. Función de concentración de combustible diésel en aire según graduación de tubo de control Dräger

Marca	1	2	3	4	5	6	
Concentración	5	10	20	30	40	50	ppm

Unidades de análisis

Se evaluaron 20 lugares en dos ciudades, San Salvador y Santa Tecla, esto con el apoyo en seguridad que dio la división de Medio Ambiente de la Policía Nacional Civil, acompañamiento en la investigación de parte del MTPS, Minec, de la Anda y Cepa, lo cual permitió visitar los lugares que se muestrearon.

RESULTADOS DE TRABAJO DE CAMPO

Tabla 11. Resultados de primer lugar de toma de muestras

Sustancia	Muestra n.º	Número de embotadas de 100 ml	ppm, mg/m ³ o vol. %	Desviación estándar %	TLV, STEL (15 min.), VLA-ED, VLA-EC (corta duración)	Condición
Dióxido de carbono 100/a	1			± 10 a 15	5000 ppm 30.000 ppm	
Fenol 1/b	2	2	15 ppm	± 10 a 15	5 ppm	Peligro
Dióxido de azufre 0.5/a	3	1	3 ppm	± 10 a 15	0.25 ppm	Peligro
Anilina 0.25/a	4	4	4 ppm	± 10 a 20	2 ppm	Peligro
Cianuro 2/a	5	10	4 mg/m ³	± 20 a 30	4.7 ppm MAK: 1.9 ppm, 2.1 mg/m ³	Peligro
Clorobenceno 5/a	6	9	10 ppm	± 10 a 15	10 ppm	Peligro
Anilina 5/a	7	25	25 embotadas: pequeña reacción	± 30	2 ppm	Peligro
Etilbenceno 30/a	8	1	2 segundos: superó 400 ppm	± 10 a 15	20 ppm	Peligro
Ácido sulfúrico 1/a	9	100	Leve coloración rosada	± 30	0.2 mg/m ³ VLA-ED 0.05 mg/m ³	Peligro
Estireno 10/b	10	7	50 ppm	± 15 a 20	20 ppm o 86 mg/m ³ ; 40 ppm ; MAK: 20 ppm; Categoría de limitación de pico: II (2). Cancerígeno: categoría 5	Peligro
Acetaldehído 100/a	11	1	100 ppm	± 15 a 20	(C 25 ppm) VLA-EC 46 mg/m³	Peligro

Benceno 0.25/a	12	5	5 ppm: se contrastó contra tubo cerrado	± 15	0.5 ppm 2.5 ppm	Peligro
Dióxido de nitrógeno 0.1/c	13	1	7 segundos: superó la escala de 30 ppm	± 10 a 15	0.2 ppm 5 ppm	Peligro
Dióxido de carbono 0,5 %/a	14	1	7 vol. %	± 5 a 10	5.000 ppm 30.000 ppm	Peligro
Hidrocarburos halogenados 100/a (1,1,2-triclorotrifluo- roetano) + (1,2-diclo- rotetrafluoretano) + (triclorofluorometano)	15	3	7 milímetros o ppm	± 30	R113 = 1.000 y 1.250 ppm , R114 = 1.000, R11 = C 5620	No peligro
Hidrocarburos 0,1 % /b (propano 0.5 a 1.3 y butano 0.1 a 0.8 vol. %)	16	1	No emitió reacción		Propano MAK 1.000 ppm o 1.800 mg/m ³ Butano 1.000 ppm	No peligro
Tolueno 100/a	17	10	Superó la escala 1.800 ppm en última carrera	± 10 a 15	20 ppm	Peligro
Xileno 10/a	18	5	5 embola- das: 200 ppm	± 20 a 30	100 ppm 150 ppm	Peligro
Formaldehído 2/a	19	5	20 ppm	± 20 a 30	C 0.3 ppm	Peligro
Diésel fuel	20	5 (Superó la escala de 200 mg/ m ³)	200 mg: superó la escala		100 mg/m ³ (IFV)	Peligro
Tolueno 5/b	21	2	150 ppm (1. ^a escala)	± 10 a 15	20 ppm	Peligro
Ácido fórmico 1/a	22	20	10 carreras: 15 ppm	± 10 a 15	5 ppm 10 ppm	Peligro

Diagnóstico de contaminación atmosférica por emisiones diésel
 en la zona metropolitana de San Salvador y Santa Tecla.
 Cuantificación de contaminantes y calidad de combustibles

Monóxido de carbono 5/c	23	2 emboladas = 100 a 700 ppm 10 emboladas = 5 a 150 ppm	2 carreras: superó la escala de 700 ppm	± 10 a 15	25 ppm	Peligro
Benceno 5/b	24	2	Superó la escala de 50 ppm	± 10 a 15	0.5 ppm 2.5 ppm	Peligro

Tabla 12. Resultados de segundo lugar de toma de muestras

Sustancia	Muestra n.º	Número de emboladas de 100 ml	ppm, mg/m ³ o vol. %	Desviación estándar %	TLV, STEL (15 min.), VLA-ED, VLA-EC (corta duración)	Condición
Dióxido de carbono 100/a	1	4	4 emboladas: superó la escala de 3.000 ppm	± 10 a 15	5000 ppm 30.000 ppm	Peligro
Fenol 1/b	2	11	7 ppm	± 10 a 15	5 ppm	Peligro
Dióxido de azufre 0.5/a	3	11	2 ppm	± 10 a 15	0.25 ppm	Peligro
Anilina 0.25/a	4	14	0 ppm	± 10 a 20	2 ppm	No peligro
Cianuro 2/a	5	6	2 mg/m ³	± 20 a 30	4.7 ppm MAK: 1.9 ppm, 2.1 mg/m ³	Peligro
Clorobenceno 5/a	6	5	5ppm	± 10 a 15	10 ppm	Peligro
Anilina 5/a	7	25	25 emboladas: pequeña reacción	± 30	2 ppm	Peligro
Etilbenceno 30/a	8	5	reacción mínima	± 10 a 15	20 ppm	No peligro
Ácido sulfúrico 1/a	9	5	Superó la escala de 5 mg/m ³	± 30	0.2 mg/m ³ VLA-ED 0.05 mg/m ³	Peligro

Estireno 10/b	10	16	250 ppm	± 15 a 20	20 ppm o 86 mg/m ³	Peligro
Acetaldehído 100/a	11	17	1.000 ppm	± 15 a 20	(C 25 ppm) VLA-EC 46 mg/m³	Peligro
Benceno 0.25/a	12	1	5 segundos: superó la escala de 10 ppm	± 15	0.5 ppm 2.5 ppm	Peligro
Dióxido de nitrógeno 0.1/c	13	1	30 ppm	± 10 a 15	0.2 ppm 5 ppm	Peligro
Dióxido de carbono 0,5 %/a	14			± 5 a 10	5.000 ppm 30.000 ppm	
Hidrocarburos halogenados 100/a (1,1,2-triclorotrifluoroetano) + (1,2-diclorotetrafluoroetano) + (triclorofluorometano)	15	3	No hubo reacción	± 30	R113 = 1000 y 1.250 ppm , R114 = 1.000, R11 = C 5620	No peligro
Hidrocarburos 0,1 % /b (propano 0.5 a 1.3 y butano 0.1 a 0.8 vol. %)	16	1	No hubo reacción		Propano MAK 1.000 ppm o 1.800 mg/m ³ Butano 1.000 ppm	No peligro
Tolueno 100/a	17	1	Superó la escala de 1.800 ppm en última carrera	± 10 a 15	20 ppm	Peligro
Xileno 10/a	18	1	400 ppm	± 20 a 30	100 ppm 150 ppm	Peligro
Formaldehído 2/a	19	5	2 ppm	± 20 a 30	C 0.3 ppm	Peligro
Diésel fuel	20	1 (Superó la escala de 200 mg/m ³)	En 5 segundos: superó la escala de 200 mg/m ³		100 mg/m ³ (IFV)	Peligro
Tolueno 5/b	21			± 10 a 15	20 ppm	
Ácido fórmico 1/a	22	2	15 ppm	± 10 a 15	5 ppm 10 ppm	Peligro

Diagnóstico de contaminación atmosférica por emisiones diésel
 en la zona metropolitana de San Salvador y Santa Tecla.
 Cuantificación de contaminantes y calidad de combustibles

Monóxido de carbono 5/c	23	1	En 8 segundos: superó la escala de 700 ppm	± 10 a 15	25 ppm	Peligro
Benceno 5/b	24	1	superó la escala de 50 ppm	± 10 a 15	0.5 ppm 2.5 ppm	Peligro

Tabla 13. Resultados de tercer lugar de toma de muestras

Sustancia	Muestra n.º	Número de emboladas de 100 ml	ppm, mg/m ³ o vol. %	Desviación estándar %	TLV, STEL (15 min.), MAK, VLA-ED, VLA-EC (corta duración)	Condición
Dióxido de carbono 100/a	1			± 10 a 15	5.000 ppm 300.000 ppm	
Fenol 1/b	2	6	15 ppm	± 10 a 15	5 ppm	Peligro
Dióxido de azufre 0.5/a	3	6	1 ppm	± 10 a 15	0.25 ppm	Peligro
Anilina 0.25/a	4	11	4 ppm	± 10 a 20	2 ppm	Peligro
Cianuro 2/a	5	6	4 ppm	± 20 a 30	4.7 ppm MAK: 1.9 ppm, 2.1 mg/m ³	Peligro
Clorobenceno 5/a	6			± 10 a 15	10 ppm	
Anilina 5/a	7			± 30	2 ppm	
Etilbenceno 30/a	8	1	En primera carrera superó la escala de 400 ppm	± 10 a 15 %	20 ppm	Peligro
Ácido sulfúrico 1/a	9	100	No cambió de color	± 30	0.2 mg/m ³ VLA-ED 0.05 mg/m ³	No peligro

Estireno 10/b	10	13	100 ppm	± 15 a 20	20 ppm o 86 mg/m ³	Peligro
Acetaldehído 100/a	11	7	Superó la escala de 1.000 ppm en 7 emboladas	± 15 a 20	(C 25 ppm) VLA-EC 46 mg/m ³	Peligro
Benceno 0.25/a	12	3	2 ppm	± 15	0.5 ppm 2.5 ppm	Peligro
Dióxido de nitrógeno 0.1/c	13	1	30 ppm	± 10 a 15	0.2 ppm 5 ppm	Peligro
Dióxido de carbono 0,5 %/a	14	1	Superó la escala fácilmente de 10 vol. % o 100.000 ppm	± 5 a 10	5.000 ppm 30.000 ppm; MAK 5.000 ppm, 9.100 mg/m ³	Peligro
Hidrocarburos halogenados 100/a (1,1,2-triclorotrifluoroetano (R113)) + (1,2-diclorotetrafluoroetano (R114)) + (triclorofluorometano (R11))	15	3	Hubo reacción con longitud 12 mm y 11.4 mm longitud corregida equivalente 515.94 ppm de R113/R 114	± 30	R113 = 1.000 y 1.250 ppm, R114 = 1.000, R11 = C 5620	No peligro
Hidrocarburos 0,1 % /b (propano 0.5 a 1.3 y butano 0.1 a 0.8 vol. %)	16	1	Reacción 0.3 vol. %	± 10 a 15	Propano MAK 1.000 ppm o 1.800 mg/m ³ Butano 1.000 ppm	No peligro
Tolueno 100/a	17	1	La reacción solo calentó el tubo	± 10 a 15	20 ppm	Peligro
Xileno 10/a	18	5	10 ppm	± 20 a 30	100 ppm 150 ppm	No peligro
Formaldehído 2/a	19	5	40 ppm	± 20 a 30	C 0.3 ppm	Peligro

Diagnóstico de contaminación atmosférica por emisiones diésel
 en la zona metropolitana de San Salvador y Santa Tecla.
 Cuantificación de contaminantes y calidad de combustibles

Diésel fuel	20	1 (superó la escala de 200 mg/m ³)	En 2 segundos: superó la escala de 200 mg/m ³		100 mg/m ³ (IFV)	Peligro
Tolueno 5/b	21	10	80 ppm	± 10 a 15	20 ppm	Peligro
Ácido fórmico 1/a	22	2	15 ppm	± 10 a 15	5 ppm 10 ppm	Peligro
Monóxido de carbono 5/c	23	2	300 ppm	± 10 a 15	25 ppm	Peligro
Benceno 5/b	24			± 10 a 15	0.5 ppm 2.5 ppm	

Figura 23. Toma de tercera muestra. (Foto propia)



Tabla 14. Resultados de cuarto lugar de toma de muestras

Sustancia	Muestra n.º	Número de embotadas de 100 ml	ppm, mg/m ³ o vol. %	Desviación estándar %	TLV, STEL (15 min.), VLA-ED, VLA-EC (corta duración)	Condición
Dióxido de carbono 100/a	1			± 10 a 15	5.000 ppm 300.000 ppm	
Fenol 1/b	2	20	1 ppm	± 10 a 15	5 ppm	Peligro
Dióxido de azufre 0.5/a	3	1	3 ppm	± 10 a 15	0.25 ppm	Peligro
Anilina 0.25/a	4	20	2 ppm	± 10 a 20	2 ppm	Peligro
Cianuro 2/a	5	1	2 ppm	± 20 a 30	4.7 ppm MAK: 1.9 ppm, 2.1 mg/m ³	Peligro
Clorobenceno 5/a	6	8	5	± 10 a 15	10 ppm	
Anilina 5/a	7			± 30	2 ppm	
Etilbenceno 30/a	8	6	Superó la escala de 400 ppm	± 10 a 15	20 ppm	Peligro
Ácido sulfúrico 1/a	9	100	No cambió de color	± 30	0.2 mg/m ³ VLA-ED 0.05 mg/m ³	No peligro
Estireno 10/b	10	18	150 ppm	± 15 a 20	20 ppm o 86 mg/m ³	Peligro
Acetaldehído 100/a	11	4	Superó la escala de 1.000 ppm en 4 embotadas	± 15 a 20	(C 25 ppm) VLA-EC 46 mg/m³	Peligro
Benceno 0.25/a	12	5	10 ppm	± 15	0.5 ppm 2.5 ppm	Peligro
Dióxido de nitrógeno 0.1/c	13	5	30 ppm	± 10 a 15	0.2 ppm 5 ppm	Peligro

Diagnóstico de contaminación atmosférica por emisiones diésel
en la zona metropolitana de San Salvador y Santa Tecla.
Cuantificación de contaminantes y calidad de combustibles

Dióxido de carbono 0,5 %/a	14	1	En 14 segundos marcó 2 vol. % o 20.000 ppm	± 5 a 10	5.000 ppm 30.000 ppm	Peligro
Hidrocarburos halogenados 100/a (1,1,2-triclorotrifluoroetano (R113)) + (1,2-diclorotetrafluoroetano (R114)) + (triclorofluorometano (R11))	15	3	Hubo reacción de calor solo en pretubo	± 30	R113 = 1.000 y 1.250 ppm, R114 = 1000, R11 = C 5620	No peligro
Hidrocarburos 0,1 % /b (propano 0.5 a 1.3 y butano 0.1 a 0.8 vol. %)	16	15	No hubo reacción	± 10 a 15	Propano MAK 1.000 ppm o 1.800 mg/m ³ Butano 1.000 ppm	No peligro
Tolueno 100/a	17	1	La reacción solo calentó el tubo	± 10 a 15	20 ppm	No peligro
Xileno 10/a	18	3	10 ppm	± 20 a 30	100 ppm 150 ppm	No peligro
Formaldehído 2/a	19	1	En pocos segundos superó la escala de 40 ppm	± 20 a 30	C 0.3 ppm	Peligro
Diésel fuel	20				100 mg/m ³ (IFV)	Peligro
Tolueno 5/b	21	2	100 ppm	± 10 a 15	20 ppm	Peligro
Ácido fórmico 1/a	22	1	Superó la escala antes de la primera embolada 15 ppm	± 10 a 15	5 ppm 10 ppm	Peligro
Monóxido de carbono 5/c	23	2	700 ppm	± 10 a 15	25 ppm	Peligro
Benceno 5/b	24			± 10 a 15	0.5 ppm 2.5 ppm	

Figura 24. Toma de cuarta muestra. (Foto propia)



Tabla 15. Resultados de quinto lugar de toma de muestras

Sustancia	Muestra n.º	Número de embotadas de 100 ml	ppm, mg/m ³ o vol. %	Desviación estándar %	TLV, STEL (15 min), VLA-ED, VLA-EC (corta duración)	Condición
Dióxido de carbono 100/a	1	3	3.000 ppm	± 10 a 15	5000 ppm 300.000 ppm	Peligro
Fenol 1/b	2	17	1 ppm	± 10 a 15	5 ppm	No peligro
Dióxido de azufre 0.5/a	3	11	10 ppm	± 10 a 15	0.25 ppm	Peligro
Anilina 0.25/a	4	20	6 ppm	± 10 a 20	2 ppm	Peligro
Cianuro 2/a	5	1	4 ppm	± 20 a 30	4.7 ppm MAK: 1.9 ppm, 2.1 mg/m ³	Peligro
Clorobenceno 5/a	6	10	No hubo reacción	± 10 a 15	10 ppm	No peligro
Anilina 5/a	7			± 30	2 ppm	

Diagnóstico de contaminación atmosférica por emisiones diésel
en la zona metropolitana de San Salvador y Santa Tecla.
Cuantificación de contaminantes y calidad de combustibles

Etilbenceno 30/a	8	1	Superó la escala de 400 ppm fácilmente	± 10 a 15	20 ppm	Peligro
Ácido sulfúrico 1/a	9	100	No cambio de color	± 30	0.2 mg/m ³ VLA-ED 0.05 mg/m ³	No peligro
Estireno 10/b	10	20	30 ppm	± 15 a 20	20 ppm o 86 mg/m ³	Peligro
Acetaldehído 100/a	11	20	800 ppm	± 15 a 20	(C 25 ppm) VLA-EC 46 mg/m ³	Peligro
Benceno 0.25/a	12	1	5 ppm	± 15	0.5 ppm 2.5 ppm	Peligro
Dióxido de nitrógeno 0.1/c	13	7	30 ppm	± 10 a 15	0.2 ppm 5 ppm	Peligro
Dióxido de carbono 0,5 %/a	14	2	3 vol. % o 30.000 ppm	± 5 a 10	5.000 ppm 30.000 ppm	Peligro

Tabla 16. Resultados de sexto lugar de toma de muestras

Sustancia	Muestra n.º	Número de embotadas de 100 ml	ppm, mg/m ³ o vol. %	Desviación estándar %	TLV, STEL (15 min), VLA-ED, VLA-EC (corta duración)	Condición
Dióxido de carbono 100/a	1			± 10 a 15	5.000 ppm 300.000 ppm	Riesgo
Fenol 1/b	2	2	15 ppm	± 10 a 15	5 ppm	Riesgo
Dióxido de azufre 0.5/a	3	1	3 ppm	± 10 a 15	0.25 ppm	Riesgo
Anilina 0.25/a	4	5	6 ppm	± 10 a 20	2 ppm	Riesgo
Cianuro 2/a	5	5	4 ppm	± 20 a 30	4.7 ppm MAK: 1.9 ppm, 2.1 mg/m ³	Riesgo

Clorobenceno 5/a	6	9	10 ppm	± 10 a 15	10 ppm	Riesgo
Anilina 5/a	7	15	8.5 ppm	± 30 %	2 ppm	Riesgo alto
Etilbenceno 30/a	8	1	2 segundos: superó 400 ppm	± 10 a 15	20 ppm	Riesgo
Ácido sulfúrico 1/a	9	100	Leve coloración rosada	± 30	0.2 mg/m ³ VLA-ED 0.05 mg/m ³	Riesgo
Estireno 10/b	10	7	50 ppm	± 15 a 20	20 ppm o 86 mg/m ³	Riesgo
Acetaldehído 100/a	11	1	100 ppm	± 15 a 20	(C 25 ppm) VLA-EC 46 mg/m³	Riesgo
Benceno 0.25/a	12	5	5 ppm: se contrastó contra tubo cerrado	± 15	0.5 ppm 2.5 ppm	Riesgo
Dióxido de nitrógeno 0.1/c	13	1	7 segundos: superó escala de 30 ppm	± 10 a 15	0.2 ppm 5 ppm	Riesgo
Dióxido de carbono 0,5 %/a	14	1	7 vol. % o 70.000 ppm	± 5 a 10	5.000 ppm 30.000 ppm	Riesgo
Hidrocarburos halogenados 100/a (1,1,2-triclorotrifluoroetano (R113)) + (1,2-diclorotetrafluoroetano (R114)) + (triclorofluorometano (R11))	15	3	(12 milímetros) o 515.94 ppm	± 30	R113 = 1.000 y 1.250 ppm , R114 = 1.000, R11 = C 5620	No riesgo
Hidrocarburos 0,1 %/b (propano 0.5 a 1.3 y butano 0.1 a 0.8 vol. %)	16	1	No emitió reacción	± 10 a 15	Propano MAK 1.000 ppm o 1.800 mg/m ³ Butano 1.000 ppm	No riesgo

Diagnóstico de contaminación atmosférica por emisiones diésel
en la zona metropolitana de San Salvador y Santa Tecla.
Cuantificación de contaminantes y calidad de combustibles

Tolueno 100/a	17	10	Superó la escala de 1.800 ppm en última carrera	± 10 a 15	20 ppm	Riesgo
Xileno 10/a	18	5	200 ppm	± 20 a 30	100 ppm 150 ppm	No riesgo
Formaldehído 2/a	19	5	20 ppm	± 20 a 30	C 0.3 ppm	Riesgo
Diésel fuel	20	8	Superó la escala 200 mg/m ³		100 mg/ m ³ (IFV)	Riesgo
Tolueno 5/b	21	2	150 ppm (1. ^a escala)	± 10 a 15	20 ppm	Riesgo
Ácido fórmico 1/a	22	10	15 ppm	± 10 a 15	5 ppm 10 ppm	Riesgo
Monóxido de carbono 5/c	23	2	Superó la escala de 700 ppm	± 10 a 15	25 ppm	Riesgo
Benceno 5/b	24	3	50 ppm	± 10 a 15	0.5 ppm 2.5 ppm	Riesgo

Peligro = Riesgo, o sobrepasan muchas veces el TLV *Alto riesgo*.

No peligro = Bajo riesgo, o cuando hay una exposición a baja concentración.

Tabla 17. Resultados de séptimo lugar de toma de muestras

Sustancia	Muestra n.º	Número de embotadas de 100 ml	ppm, mg/m ³ o vol. %	Desviación estándar %	TLV, STEL (15 min), VLA-ED, VLA-EC (corta duración)	Condición
Dióxido de carbono 100/a	1			± 10 a 15	5.000 ppm 300.000 ppm	
Fenol 1/b	2	4	10 ppm	± 10 a 15	5 ppm	No hay riesgo
Dióxido de azufre 0.5/a	3	3	4 ppm	± 10 a 15	0.25 ppm	Alto riesgo

Anilina 0.25/a	4	20	No hubo reacción	± 10 a 20	2 ppm	Alto riesgo
Cianuro 2/a	5	2	9 ppm	± 20 a 30	4.7 ppm MAK: 1.9 ppm, 2.1 mg/m ³	Alto riesgo
Clorobenceno 5/a	6	2	5 ppm	± 10 a 15	10 ppm	Bajo riesgo
Anilina 5/a	7			± 30	2 ppm	
Etilbenceno 30/a	8	1	Superó la escala de 400 ppm en 2 segundos	± 10 a 15	20 ppm	Alto riesgo
Ácido sulfúrico 1/a	9	33	2.96 mg/m ³	± 30	0.2 mg/m ³ VLA-ED 0.05 mg/m ³	No hay riesgo
Estireno 10/b	10	1	Superó la escala de 250 ppm	± 15 a 20	20 ppm o 86 mg/m ³	Alto riesgo
Acetaldehído 100/a	11			± 15 a 20	(C 25 ppm) VLA-EC 46 mg/m³	
Benceno 0.25/a	12	1	Superó la escala de 10 ppm	± 15	0.5 ppm 2.5 ppm	Alto riesgo
Dióxido de nitrógeno 0.1/c	13			± 10 a 15	0.2 ppm 5 ppm	
Dióxido de carbono 0,5 %/a	14	1	2 vol. %	± 5 a 10	5.000 ppm 30.000 ppm	Alto riesgo
Hidrocarburos halogenados 100/a (1,1,2-triclorotrifluoroetano (R113)) + (1,2-diclorotetrafluoroetano (R114)) + (triclorofluorometano (R11))	15	1	Hubo reacción de calor solo en pretubo	± 30	R113 = 1.000 y 1.250 ppm , R114 = 1.000, R11 = C 5620	No hay riesgo
Hidrocarburos 0,1 %/b (propano 0.5 a 1.3 y butano 0.1 a 0.8 vol. %)	16	1	No hubo reacción	± 10 a 15	Propano MAK 1.000 ppm o 1.800 mg/m ³ Butano 1.000 ppm	No hay riesgo

Diagnóstico de contaminación atmosférica por emisiones diésel
en la zona metropolitana de San Salvador y Santa Tecla.
Cuantificación de contaminantes y calidad de combustibles

Tolueno 100/a	17	10	No hubo reacción	± 10 a 15	20 ppm	No hay riesgo
Xileno 10/a	18	2	En segunda carrera, superó la escala de 400 ppm	± 20 a 30	100 ppm 150 ppm	Alto riesgo
Formaldehído 2/a	19	5	1 ppm	± 20 a 30	C 0.3 ppm	Alto riesgo
Diésel fuel	20	1	Superó la escala de 200 ppm en 5 segundos		100 mg/m ³ (IFV)	Alto riesgo
Tolueno 5/b	21	1	En pocos segundos superó la escala de 300 ppm	± 10 a 15	20 ppm	Alto riesgo
Ácido fórmico 1/a	22	1	En la primera carrera superó la escala de 15 ppm	± 10 a 15	5 ppm 10 ppm	Alto riesgo
Monóxido de carbono 5/c	23	1	Superó la escala en pocos segundos	± 10 a 15	25 ppm	Alto riesgo
Benceno 5/b	24	1	Superó la escala de 50 ppm	± 10 a 15	0.5 ppm 2.5 ppm	Alto riesgo

Figura 25. Toma de séptima muestra. (Foto propia)



Tabla 18. Resultados de octavo lugar de toma de muestras

Sustancia	Muestra n.º	Número de emboladas de 100 ml	ppm, mg/m ³ o vol. %	Desviación estándar %	TLV, STEL (15 min), VLA-ED, VLA-EC (corta duración)	Condición
Dióxido de carbono 100/a	1		2.500 ppm	± 10 a 15	5.000 ppm 300.000 ppm	
Fenol 1/b	2	7	Superó la escala de 20 ppm	± 10 a 15	5 ppm	Alto riesgo
Dióxido de azufre 0.5/a	3	1	Superó la escala de 25 ppm	± 10 a 15	0.25 ppm	Alto riesgo
Anilina 0.25/a	4	7	10 ppm	± 10 a 20	2 ppm	Alto riesgo

Diagnóstico de contaminación atmosférica por emisiones diésel
en la zona metropolitana de San Salvador y Santa Tecla.
Cuantificación de contaminantes y calidad de combustibles

Cianuro 2/a	5	2	9 ppm	± 20 a 30	4.7 ppm MAK: 1.9 ppm, 2.1 mg/m ³	Alto riesgo
Clorobenceno 5/a	6	3	5 ppm	± 10 a 15	10 ppm	Bajo riesgo
Anilina 5/a	7	2	Superó la escala de 20 ppm	± 30	2 ppm	Alto riesgo
Etilbenceno 30/a	8	1	Superó la escala de 400 ppm	± 10 a 15	20 ppm	Alto riesgo
Ácido sulfúrico 1/a	9		12 ppm	± 30	0.2 mg/m ³ VLA-ED 0.05 mg/m ³	
Estireno 10/b	10	10	50 ppm	± 15 a 20	20 ppm o 86 mg/m ³	Alto riesgo
Acetaldehído 100/a	11	1	200 ppm	± 15 a 20	(C 25 ppm) VLA-EC 46 mg/m ³	Alto riesgo
Benceno 0.25/a	12	1	10 ppm	± 15	0.5 ppm 2.5 ppm	Alto riesgo
Dióxido de nitrógeno 0.1/c	13			± 10 a 15	0.2 ppm 5 ppm	
Dióxido de carbono 0,5 %/a	14	1	2 vol. %	± 5 a 10	5.000 ppm 30.000 ppm	Alto riesgo
Hidrocarburos halogenados 100/a (1,1,2-triclorotrifluoroetano (R113)) + (1,2-diclorotetrafluoroetano (R114)) + (triclorofluorometano (R11))	15	3	Solo hubo reacción de calor solo en pretubo	± 30	R113 = 1.000 y 1.250 ppm, R114 = 1.000, R11 = C 5620	No hay riesgo
Hidrocarburos 0,1 % /b (propano 0.5 a 1.3 y butano 0.1 a 0.8 vol. %)	16	15	No hubo reacción	± 10 a 15	Propano MAK 1.000 ppm o 1.800 mg/m ³ Butano 1.000 ppm	No hay riesgo
Tolueno 100/a	17		No hubo reacción	± 10 a 15	20 ppm	No hay riesgo

Xileno 10/a	18	1	10 ppm	± 20 a 30	100 ppm 150 ppm	No hay riesgo
Formaldehído 2/a	19	1	Superó la escala de 40 ppm	± 20 a 30	C 0.3 ppm	Alto riesgo
Diésel fuel	20	1	Superó la escala de 200 ppm en 5 segundos		100 mg/m ³ (IFV)	Alto riesgo
Tolueno 5/b	21	4	5 ppm	± 10 a 15	20 ppm	Bajo riesgo
Ácido fórmico 1/a	22	1	40 ppm	± 10 a 15	5 ppm 10 ppm	Alto riesgo
Monóxido de carbono 5/c	23	1	Superó la escala de 700 ppm	± 10 a 15	25 ppm	Alto riesgo
Benceno 5/b	24	1	10 ppm	± 10 a 15	0.5 ppm 2.5 ppm	Alto riesgo

Tabla 19. Resultados de noveno lugar de toma de muestras

Sustancia	Muestra n.º	Número de embotadas de 100 ml	ppm, mg/m ³ o vol. %	Desviación estándar %	TLV, STEL (15 min), VLA-ED, VLA-EC (corta duración)	Condición
Dióxido de carbono 100/a	1	2	Superó la escala de 3.000 ppm	± 10 a 15	5.000 ppm 300.000 ppm	No hay riesgo
Fenol 1/b	2	6	Superó los 20 ppm	± 10 a 15	5 ppm	Hay riesgo alto
Dióxido de azufre 0.5/a	3	4	10 ppm	± 10 a 15	0.25 ppm	Riesgo alto
Anilina 0.25/a	4	16	No hubo cambio	± 10 a 20	2 ppm	No hay riesgo

Diagnóstico de contaminación atmosférica por emisiones diésel
en la zona metropolitana de San Salvador y Santa Tecla.
Cuantificación de contaminantes y calidad de combustibles

Cianuro 2/a	5	3	4 ppm	± 20 a 30	4.7 ppm MAK: 1.9 ppm, 2.1 mg/m ³	Alto riesgo
Clorobenceno 5/a	6	10	10 ppm	± 10 a 15	10 ppm	Riesgo alto
Anilina 5/a	7			± 30	2 ppm	
Etilbenceno 30/a	8	6	50 ppm	± 10 a 15	20 ppm	Alto riesgo
Ácido sulfúrico 1/a	9			± 30	0.2 mg/m ³ VLA-ED 0.05 mg/m ³	
Estireno 10/b	10	9	100 ppm	± 15 a 20	20 ppm o 86 mg/m ³	Riesgo alto
Acetaldehído 100/a	11	6	Superó la escala de 1.000 ppm	± 15 a 20	(C 25 ppm) VLA-EC 46 mg/m³	Alto riesgo
Benceno 0.25/a	12	1	5 ppm	± 15	0.5 ppm 2.5 ppm	Alto riesgo
Dióxido de nitrógeno 0.1/c	13	1	En 4 segundos supero la escala de 30 ppm	± 10 a 15	0.2 ppm 5 ppm	Alto riesgo
Dióxido de carbono 0,5 %/a	14	1	3 vol. %	± 5 a 10	5.000 ppm 30.000 ppm	Alto riesgo
Hidrocarburos halogenados 100/a (1,1,2-triclorotrifluo- roetano (R113)) + (1,2-diclorotetrafluo- roetano (R114)) + (triclorofluorometano (R11))	15	1	Hubo reacción de calor, el pretubo se iluminó	± 30	R113 = 1.000 y 1.250 ppm , R114 = 1.000, R11 = C 5620	No hay riesgo
Hidrocarburos 0.1 % /b (propano 0.5 a 1.3 y butano 0.1 a 0.8 vol. %)	16	1	No hubo reacción	± 10 a 15	Propano MAK 1.000 ppm o 1.800 mg/m ³ Butano 1.000 ppm	No hay riesgo
Tolueno 100/a	17	10	100 ppm	± 10 a 15	20 ppm	Alto riesgo

Xileno 10/a	18	5	50 ppm	± 20 a 30	100 ppm 150 ppm	Riesgo bajo
Formaldehido 2/a	19	5	2 ppm	± 20 a 30	C 0.3 ppm	Alto riesgo
Diesel fuel	20	1	Superó la escala antes de la prime- ra carrera		100 mg/m ³ (IFV)	Alto riesgo
Tolueno 5/b	21	1	Superó la escala antes de la prime- ra carrera	± 10 a 15	20 ppm	Alto riesgo
Ácido fórmico 1/a	22	19	15 ppm	± 10 a 15	5 ppm 10 ppm	Alto riesgo
Monóxido de carbono 5/c	23	1	En 6 segun- dos superó la escala	± 10 a 15	25 ppm	Alto riesgo
Benceno 5/b	24	1	Superó la escala de 50 ppm	± 10 a 15	0.5 ppm 2.5 ppm	Alto riesgo

Figura 26. Toma de novena muestra. (Foto propia)



Diagnóstico de contaminación atmosférica por emisiones diésel
en la zona metropolitana de San Salvador y Santa Tecla.
Cuantificación de contaminantes y calidad de combustibles

Tabla 20. Resultados de décimo lugar de toma de muestras

Sustancia	Muestra n.º	Número de embotadas de 100 ml	ppm, mg/m ³ o vol. %	Desviación estándar %	TLV, STEL (15 min), VLA-ED, VLA-EC (corta duración)	Condición
Dióxido de carbono 100/a	1	1	Antes de la primera carrera superó las 3.000 ppm	± 10 a 15	5.000 ppm 300.000 ppm	No hay riesgo
Fenol 1/b	2	8	20 ppm	± 10 a 15	5 ppm	Riesgo alto
Dióxido de azufre 0.5/a	3	6	Superó la escala de 25 ppm	± 10 a 15	0.25 ppm	Riesgo alto
Anilina 0.25/a	4			± 10 a 20	2 ppm	
Cianuro 2/a	5	6	9 ppm	± 20 a 30	4.7 ppm MAK: 1.9 ppm, 2.1 mg/m ³	Riesgo alto
Clorobenceno 5/a	6	10	6 ppm	± 10 a 15	10 ppm	Riesgo bajo
Anilina 5/a	7			± 30	2 ppm	
Etilbenceno 30/a	8	1	En 3 segundos superó la escala de 400 ppm	± 10 a 15	20 ppm	Riesgo alto
Ácido sulfúrico 1/a	9			± 30	0.2 mg/m ³ VLA-ED 0.05 mg/m ³	
Estireno 10/b	10	20	120 ppm	± 15 a 20	20 ppm o 86 mg/m ³	Riesgo alto
Acetaldehído 100/a	11	20	400 ppm	± 15 a 20	(C 25 ppm) VLA-EC 46 mg/m ³	Riesgo alto
Benceno 0.25/a	12	3	0.5 ppm	± 15	0.5 ppm 2.5 ppm	Hay riesgo
Dióxido de nitrógeno 0.1/c	13	1	Superó las 30 ppm antes de la primera carrera	± 10 a 15	0.2 ppm 5 ppm	Riesgo alto

Dióxido de carbono 0,5 %/a	14	1	2 vol. %	± 5 a 10	5.000 ppm 30.000 ppm	Riesgo alto
Hidrocarburos halogenados 100/a (1,1,2-triclorotrifluo- roetano (R113)) + (1,2-diclorotetrafluo- roetano (R114)) + (triclorofluorometano (R11))	15	3	La reacción en solo calentó el tubo	± 30	R113 = 1.000 y 1.250 ppm , R114 = 1.000, R11 = C 5620	No hay riesgo
Hidrocarburos 0,1 % /b (propano 0.5 a 1.3 y butano 0.1 a 0.8 vol. %)	16	1	No hubo reacción	± 10 a 15	Propano MAK 1.000 ppm o 1.800 mg/m ³ Butano 1.000 ppm	No hay riesgo
Tolueno 100/a	17	10	1.000 ppm	± 10 a 15	20 ppm	Riesgo alto
Xileno 10/a	18	1	En 5 segundos superó la escala de 400 ppm	± 20 a 30	100 ppm 150 ppm	Riesgo alto
Formaldehido 2/a	19	4	Superó la escala de 40 ppm	± 20 a 30	C 0.3 ppm	Riesgo alto
Diésel fuel	20	1	En 12 segun- dos superó la escala de 200 mg/m ³		100 mg/m ³ (IFV)	Riesgo alto
Tolueno 5/b	21	2	200 ppm	± 10 a 15	20 ppm	Riesgo alto
Ácido fórmico 1/a	22	5	Superó la escala de 15 ppm	± 10 a 15	5 ppm 10 ppm	Riesgo alto
Monóxido de carbono 5/c	23	2	600 ppm	± 10 a 15	25 ppm	Riesgo alto
Benceno 5/b	24	9	Superó la escala de 50 ppm	± 10 a 15	0.5 ppm 2.5 ppm	Riesgo alto

Diagnóstico de contaminación atmosférica por emisiones diésel
en la zona metropolitana de San Salvador y Santa Tecla.
Cuantificación de contaminantes y calidad de combustibles

Tabla 21. Resultados de décimo primer lugar de toma de muestras

Sustancia	Muestra n.º	Número de emboladas de 100 ml	ppm, mg/m ³ o vol. %	Desviación estándar %	TLV, STEL (15 min), VLA-ED, VLA-EC (corta duración)	Condición
Dióxido de carbono 100/a	1	1	2.000 ppm	± 10 a 15	5.000 ppm 300.000 ppm	Riesgo bajo
Fenol 1/b	2	2	5 ppm	± 10 a 15	5 ppm	Riesgo
Dióxido de azufre 0.5/a	3	4	20 ppm	± 10 a 15	0.25 ppm	Riesgo alto
Anilina 0.25/a	4	6	2 ppm	± 10 a 20	2 ppm	Riesgo
Cianuro 2/a	5	2	6 ppm	± 20 a 30	4.7 ppm MAK: 1.9 ppm, 2.1 mg/m ³	Riesgo alto
Clorobenceno 5/a	6	10	5 ppm	± 10 a 15	10 ppm	Riesgo bajo
Anilina 5/a	7	12	20 ppm	± 30	2 ppm	Riesgo alto
Etilbenceno 30/a	8	1	En 2 segundos superó la escala de 400 ppm	± 10 a 15	20 ppm	Riesgo alto
Ácido sulfúrico 1/a	9	100	No cambio de color	± 30	0.2 mg/m ³ VLA-ED 0.05 mg/m ³	No hay riesgo
Estireno 10/b	10	2	10 ppm	± 15 a 20	20 ppm o 86 mg/m ³	Riesgo bajo
Acetaldehído 100/a	11	6	600 ppm	± 15 a 20	(C 25 ppm) VLA-EC 46 mg/m³	Riesgo alto
Benceno 0.25/a	12	5	10 ppm	± 15	0.5 ppm 2.5 ppm	Riesgo alto
Dióxido de nitrógeno 0.1/c	13	1	20 ppm	± 10 a 15	0.2 ppm 5 ppm	Riesgo alto

Dióxido de carbono 0,5 %/a	14	1	En 13 segundos marcó 2 vol. %	± 5 a 10	5.000 ppm 30.000 ppm	Riesgo alto
Hidrocarburos halogenados 100/a (1,1,2-triclorotrifluoroetano (R113)) + (1,2-diclorotetrafluoroetano (R114)) + (triclorofluorometano (R11))	15	1	Hubo reacción de calor, se iluminó	± 30	R113 = 1.000 y 1.250 ppm , R114 = 1.000, R11 = C 5620	No hay riesgo
Hidrocarburos 0,1 % /b (propano 0.5 a 1.3 y butano 0.1 a 0.8 vol. %)	16		No hubo reacción	± 10 a 15	Propano MAK 1.000 ppm o 1.800 mg/m ³ Butano 1.000 ppm	No hay riesgo
Tolueno 100/a	17	9	1.800 ppm	± 10 a 15	20 ppm	Riesgo alto
Xileno 10/a	18	5	400 ppm	± 20 a 30	100 ppm 150 ppm	Riesgo alto
Formaldehído 2/a	19	1	En pocos segundos superó la escala de 40 ppm	± 20 a 30	C 0.3 ppm	Riesgo alto
Diésel fuel	20	1	En 2 segundos superó la escala de 200 ppm		100 mg/m ³ (IFV)	Riesgo alto
Tolueno 5/b	21	1	En 4 segundos superó la escala de 300 ppm	± 10 a 15	20 ppm	Riesgo alto
Ácido fórmico 1/a	22	15	15 ppm	± 10 a 15	5 ppm 10 ppm	Riesgo alto
Monóxido de carbono 5/c	23	1	En 3 segundos superó la escala de 700 ppm	± 10 a 15	25 ppm	Riesgo alto
Benceno 5/b	24	1	En 2 segundos superó la escala de 50 ppm	± 10 a 15	0.5 ppm 2.5 ppm	Riesgo alto

Figura 27. Toma de décima primera muestra. (Foto propia)



Tabla 22. Resultados de décimo segundo lugar de toma de muestras

Sustancia	Muestra n.º	Número de embotadas de 100 ml	ppm, mg/m ³ o vol. %	Desviación estándar	TLV, STEL (15 min), VLA-ED, VLA-EC (corta duración)	Condición
Dióxido de carbono 100/a	1	3	2.500 ppm	± 10 a 15	5.000 ppm 300.000 ppm	Riesgo bajo
Fenol 1/b	2	4	10 ppm	± 10 a 15	5 ppm	Riesgo alto
Dióxido de azufre 0.5/a	3	7	Superó la escala de 25 ppm	± 10 a 15	0.25 ppm	Riesgo alto
Anilina 0.25/a	4	11	2 ppm	± 10 a 20	2 ppm	Riesgo
Cianuro 2/a	5	2	2 ppm	± 20 a 30	4.7 ppm MAK: 1.9 ppm, 2.1 mg/m ³	Riesgo

Clorobenceno 5/a	6	10	6 ppm	± 10 a 15	10 ppm	Riesgo bajo
Anilina 5/a	7			± 30 %	2 ppm	
Etilbenceno 30/a	8	1	Superó la escala de 400 ppm en 2 segundos	± 10 a 15	20 ppm	Riesgo alto
Ácido sulfúrico 1/a	9	100	No hubo reacción	± 30	0.2 mg/m ³ VLA-ED 0.05 mg/m ³	No hay riesgo
Estireno 10/b	10	11	30 ppm	± 15 a 20	20 ppm o 86 mg/m ³	Riesgo alto
Acetaldehído 100/a	11	5	100 ppm	± 15 a 20	(C 25 ppm) VLA-EC 46 mg/m ³	Riesgo alto
Benceno 0.25/a	12	1	No hubo reacción	± 15	0.5 ppm 2.5 ppm	No hay riesgo
Dióxido de nitrógeno 0.1/c	13	2	0.5 ppm	± 10 a 15	0.2 ppm 5 ppm	Riesgo alto
Dióxido de carbono 0,5 %/a	14	1	2 vol. %	± 5 a 10	5.000 ppm 30.000 ppm	Riesgo alto
Hidrocarburos halogenados 100/a (1,1,2-triclorotrifluoroetano (R113)) + (1,2-diclorotetrafluoroetano (R114)) + (triclorofluorometano (R11))	15	1	Hubo reacción de calor primera carrera solo en pretubo	± 30	R113 = 1.000 y 1.250 ppm, R114 = 1.000, R11 = C 5620	No hay riesgo
Hidrocarburos 0,1 % /b (propano 0.5 a 1.3 y butano 0.1 a 0.8 vol. %)	16		No hubo reacción	± 10 a 15	Propano MAK 1.000 ppm o 1.800 mg/m ³ Butano 1.000 ppm	
Tolueno 100/a	17		No hubo reacción	± 10 a 15	20 ppm	
Xileno 10/a	18	1	10 ppm	± 20 a 30	100 ppm 150 ppm	Riesgo bajo

Diagnóstico de contaminación atmosférica por emisiones diésel
en la zona metropolitana de San Salvador y Santa Tecla.
Cuantificación de contaminantes y calidad de combustibles

Formaldehído 2/a	19	5	1 ppm	± 20 a 30	C 0.3 ppm	Riesgo alto
Diésel fuel	20	1	Superó la escala de 200 ppm en 5 segundos		100 mg/m ³ (IFV)	Alto riesgo
Tolueno 5/b	21	1	En pocos segundos superó la escala de 300 ppm	± 10 a 15	20 ppm	Riesgo alto
Ácido fórmico 1/a	22	20	12 ppm	± 10 a 15	5 ppm 10 ppm	Riesgo alto
Monóxido de carbono 5/c	23	1	Superó la escala en 7 segundos	± 10 a 15	25 ppm	Riesgo alto
Benceno 5/b	24	1	Superó la escala antes de la primera embolada	± 10 a 15	0.5 ppm 2.5 ppm	Riesgo alto

Tabla 23. Resultados de décimo tercer lugar de toma de muestras

Sustancia	Muestra n.º	Número de emboladas de 100 ml	ppm, mg/m ³ o vol. %	Desviación estándar	TLV, STEL (15 min), VLA-ED, VLA-EC (corta duración)	Condición
Dióxido de carbono 100/a	1	1	2 vol.% = 20.000 ppm	± 10 a 15	5.000 ppm 300.000 ppm	Riesgo alto
Fenol 1/b	2	6	2.5 ppm	± 10 a 15	5 ppm	Riesgo bajo
Dióxido de azufre 0.5/a	3	2	3 ppm	± 10 a 15	0.25 ppm	Riesgo alto
Anilina 0.25/a	4	9	4 ppm	± 10 a 20 %	2 ppm	Alto riesgo

Cianuro 2/a	5	6	9 mg/m ³	± 20 a 30	4.7 ppm MAK: 1.9 ppm, 2.1 mg/m ³	Riesgo alto
Clorobenceno 5/a	6	10	No hubo reacción	± 10 a 15	10 ppm	No hay riesgo
Anilina 5/a	7			± 30	2 ppm	
Etilbenceno 30/a	8	1	En 2 segun- dos superó la escala de 400 ppm	± 10 a 15	20 ppm	Riesgo alto
Ácido sulfúrico 1/a	9	100	No hubo reacción	± 30	0.2 mg/m ³ VLA-ED 0.05 mg/m ³	No hay riesgo
Estireno 10/b	10	1	Antes de que termina- ra la primera carrera superó la escala de 250 ppm	± 15 a 20	20 ppm o 86 mg/m ³	Riesgo alto
Acetaldehído 100/a	11	12	1.000 ppm	± 15 a 20	(C 25 ppm) VLA-EC 46 mg/m³	Riesgo alto
Benceno 0.25/a	12	1	Superó la escala de 10 ppm en pocos segundos	± 15	0.5 ppm 2.5 ppm	Riesgo alto
Dióxido de nitrógeno 0.1/c	13	5	1 ppm	± 10 a 15	0.2 ppm 5 ppm	Riesgo alto
Dióxido de carbono 0,5 %/a	14	1	2 vol. %	± 5 a 10	5.000 ppm 30.000 ppm	Riesgo alto
Hidrocarburos halogenados 100/a (1,1,2-triclorotrifluo- roetano (R113)) + (1,2-diclorotetrafluo- roetano (R114)) + (triclorofluorometano (R11))	15	1	5 ml	± 30	R113 = 1.000 y 1.250 ppm, R114 = 1.000, R11 = C 5620	Riesgo

Diagnóstico de contaminación atmosférica por emisiones diésel
en la zona metropolitana de San Salvador y Santa Tecla.
Cuantificación de contaminantes y calidad de combustibles

Hidrocarburos 0,1 % /b (propano 0.5 a 1.3 y butano 0.1 a 0.8 vol. %)	16		No hubo reacción	± 10 a 15	Propano MAK 1.000 ppm o 1.800 mg/m ³ Butano 1.000 ppm	
Tolueno 100/a	17	1	En 4 segun- dos superó la escala de 1.800 ppm	± 10 a 15	20 ppm	Riesgo alto
Xileno 10/a	18	1	Superó la escala de 400 ppm en la primera carrera	± 20 a 30	100 ppm 150 ppm	Riego alto
Formaldehído 2/a	19	5	Antes de terminar la primera car- rera, superó la escala de 40 ppm	± 20 a 30	C 0.3 ppm	Riesgo alto
Diésel fuel	20	1	En 2 segun- dos superó la escala de 200 mg/m ³		100 mg/m ³ (IFV)	Alto riesgo
Tolueno 5/b	21	1	En 3 segun- dos superó la escala de 300 ppm	± 10 a 15	20 ppm	Riesgo alto
Ácido fórmico 1/a	22	2	En pocos segundos superó la escala de 15 ppm	± 10 a 15	5 ppm 10 ppm	Riesgo alto
Monóxido de carbono 5/c	23	1	Superó la escala de 700 ppm en 2 segundos	± 10 a 15	25 ppm	Riesgo alto
Benceno 5/b	24	1	Superó la escala en 5 segundos antes de la primera embolada	± 10 a 15	0.5 ppm 2.5 ppm	Riego alto

Tabla 24. Resultados de décimo cuarto lugar de toma de muestras

Sustancia	Muestra n.º	Número de emboladas de 100 ml	ppm, mg/m ³ o vol. %	Desviación estándar	TLV, STEL (15 min), VLA-ED, VLA-EC (corta duración)	Condición
Dióxido de carbono 100/a	1	1	2.500 ppm	± 10 a 15	5.000 ppm 300.000 ppm	Riesgo bajo
Fenol 1/b	2	4	5 ppm	± 10 a 15	5 ppm	Riesgo
Dióxido de azufre 0.5/a	3	1	Superó la escala de 25 ppm	± 10 a 15	0.25 ppm	Riesgo alto
Anilina 0.25/a	4	7	16.1 ppm	± 10 a 20	2 ppm	Alto riesgo
Cianuro 2/a	5	6	6 mg/m ³	± 20 a 30	4.7 ppm MAK: 1.9 ppm, 2.1 mg/m ³	Riesgo alto
Clorobenceno 5/a	6	10	5 ppm	± 10 a 15	10 ppm	Riesgo bajo
Anilina 5/a	7	7	5 ppm	± 30	2 ppm	
Etilbenceno 30/a	8	1	Superó la escala de 400 ppm	± 10 a 15	20 ppm	Riesgo alto
Ácido sulfúrico 1/a	9	100	No hubo reacción	± 30	0.2 mg/m ³ VLA-ED 0.05 mg/m ³	No hay riesgo
Estireno 10/b	10	1	En pocos segundos superó la escala de 250 ppm	± 15 a 20	20 ppm o 86 mg/m ³	Riesgo alto
Acetaldehído 100/a	11	10	1.000 ppm	± 15 a 20	(C 25 ppm) VLA-EC 46 mg/m ³	Riesgo alto
Benceno 0.25/a	12	3	Superó las 3 ppm	± 15	0.5 ppm 2.5 ppm	Riesgo alto
Dióxido de nitrógeno 0.1/c	13	1	Superó la escala de 30 ppm fácilmente	± 10 a 15	0.2 ppm 5 ppm	Riesgo alto
Dióxido de carbono 0,5 %/a	14	1	2 vol. %	± 5 a 10	5.000 ppm 30.000 ppm	Riesgo alto

Diagnóstico de contaminación atmosférica por emisiones diésel
en la zona metropolitana de San Salvador y Santa Tecla.
Cuantificación de contaminantes y calidad de combustibles

Hidrocarburos halogenados 100/a (1,1,2-triclorotrifluoroetano (R113)) + (1,2-diclorotetrafluoroetano (R114)) + (triclorofluorometano (R11))	15	3	No hubo reacción	± 30	R113 = 1.000 y 1.250 ppm, R114 = 1.000, R11 = C 5620	No hay riesgo
Hidrocarburos 0,1 % /b (propano 0.5 a 1.3 y butano 0.1 a 0.8 vol. %)	16	3	No hubo reacción	± 10 a 15	Propano MAK 1.000 ppm o 1.800 mg/m ³ Butano 1.000 ppm	
Tolueno 100/a	17			± 10 a 15	20 ppm	
Xileno 10/a	18	2	Superó las 400 ppm en la segunda carrera	± 20 a 30	100 ppm 150 ppm	Riesgo alto
Formaldehído 2/a	19	5	Superó la escala de 40 ppm	± 20 a 30	C 0.3 ppm	Riesgo alto
Diésel fuel	20	1	Superó fácilmente escala de 200 mg/m ³		100 mg/m ³ (IFV)	Alto riesgo
Tolueno 5/b	21	10	Midió 80 ppm	± 10 a 15	20 ppm	Riesgo alto
Ácido fórmico 1/a	22	1	Superó la escala de 15 ppm antes de la primera carrera	± 10 a 15	5 ppm 10 ppm	Riesgo alto
Monóxido de carbono 5/c	23	1	En 8 segundos superó la escala de 700 ppm	± 10 a 15	25 ppm	Riesgo alto
Benceno 5/b	24	1	Superó la en segundos, antes de la primera carrera, la escala de 50 ppm	± 10 a 15	0.5 ppm 2.5 ppm	Riesgo alto

Tabla 25. Resultados de décimo quinto lugar de toma de muestras

Sustancia	Muestra n.º	Número de embotadas de 100 ml	ppm, mg/m ³ o vol. %	Desviación estándar %	TLV, STEL (15 min), VLA-ED, VLA-EC (corta duración)	Condición
Dióxido de carbono 100/a	1	1	2.500 ppm	± 10 a 15	5.000 ppm 300.000 ppm	Riesgo bajo
Fenol 1/b	2	4	5 ppm	± 10 a 15	5 ppm	Riesgo
Dióxido de azufre 0.5/a	3	1	Superó la escala de 25 ppm	± 10 a 15	0.25 ppm	Riesgo alto
Anilina 0.25/a	4	7	6 ppm	± 10 a 20	2 ppm	Alto riesgo
Cianuro 2/a	5	6	6 mg/m ³	± 20 a 30	4.7 ppm MAK: 1.9 ppm, 2.1 mg/m ³	Riesgo alto
Clorobenceno 5/a	6	8	10 ppm	± 10 a 15	10 ppm	Riesgo
Anilina 5/a	7			± 30	2 ppm	
Etilbenceno 30/a	8	1	Superó la escala de 400 ppm en 2 segundos	± 10 a 15	20 ppm	Riesgo alto
Ácido sulfúrico 1/a	9	100	No hubo reacción	± 30	0.2 mg/m ³ VLA-ED 0.05 mg/m ³	No hay riesgo
Estireno 10/b	10	10	30 ppm	± 15 a 20	20 ppm o 86 mg/m ³	Riesgo alto
Acetaldehído 100/a	11	2	100 ppm	± 15 a 20	(C 25 ppm) VLA-EC 46 mg/m³	Riesgo alto
Benceno 0.25/a	12	1	2.5 ppm	± 15	0.5 ppm 2.5 ppm	Riesgo alto
Dióxido de nitrógeno 0.1/c	13	1	Antes de terminar la primera carrera, superó la escala de 30 ppm fácilmente	± 10 a 15	0.2 ppm 5ppm	Riesgo alto

Diagnóstico de contaminación atmosférica por emisiones diésel
en la zona metropolitana de San Salvador y Santa Tecla.
Cuantificación de contaminantes y calidad de combustibles

Dióxido de carbono 0.5%/a	14	1	1 vol. % o 10.000 ppm	± 5 a 10	5.000 ppm 30.000 ppm	Riesgo alto
Hidrocarburos halogenados 100/a (1,1,2-triclorotrifluo- roetano (R113)) + (1,2-diclorotetrafluo- roetano (R114)) + (triclorofluorometano (R11))	15	3	Hubo reacción de calor sin cam- bio de color en tubo	± 30	R113 = 1,000 y 1.250 ppm, R114 = 1,000, R11 = C 5620	No hay riesgo
Hidrocarburos 0.1 % /b (propano 0.5 a 1.3 y butano 0.1 a 0.8 vol. %)	16	1	No hubo reacción	± 10 a 15	Propano MAK 1.000 ppm o 1.800 mg/m ³ Butano 1.000 ppm	No hay riesgo
Tolueno 100/a	17	10	600 ppm	± 10 a 15	20 ppm	Riesgo alto
Xileno 10/a	18	3	Superó las 400 ppm	± 20 a 30	100 ppm 150 ppm	Riesgo alto
Formaldehído 2/a	19	1	Superó la escala de 40 ppm	± 20 a 30	C 0.3 ppm	Riesgo alto
Diésel fuel	20	1	En 2 segundos superó la escala de 200 mg/ m ³		100 mg/m ³ (IFV)	Alto riesgo
Tolueno 5/b	21			± 10 a 15	20 ppm	
Ácido fórmico 1/a	22	1	En 2 segundos superó escala de 15 ppm	± 10 a 15	5 ppm 10 ppm	Riesgo alto
Monóxido de carbono 5/c	23	2	Superó la escala de 700 ppm	± 10 a 15	25 ppm	Riesgo alto
Benceno 5/b	24			± 10 a 15	0.5 ppm 2.5 ppm	

Tabla 26. Resultados de décimo sexto lugar de toma de muestras

Sustancia	Muestra n.º	Número de embotadas de 100 ml	ppm, mg/m ³ o vol. %	Desviación estándar %	TLV, STEL (15 min), VLA-ED, VLA-EC (corta duración)	Condición
Dióxido de carbono 100/a	1	3	Superó las 3.000 ppm. No se pudo medir	± 10 a 15	5.000 ppm 300.000 ppm	Riesgo
Fenol 1/b	2	3	4 ppm	± 10 a 15	5 ppm	Riesgo bajo
Dióxido de azufre 0.5/a	3	2	Superó la escala de 25 ppm	± 10 a 15	0.25 ppm	Riesgo alto
Anilina 0.25/a	4	5	4 ppm	± 10 a 20	2 ppm	Alto riesgo
Cianuro 2/a	5	5	6 mg/m ³	± 20 a 30	4.7 ppm MAK: 1.9 ppm, 2.1 mg/m ³	Riesgo alto
Clorobenceno 5/a	6	10	10 ppm	± 10 a 15	10 ppm	Riesgo
Anilina 5/a	7	10	13.25 ppm	± 30	2 ppm	Riesgo alto
Etilbenceno 30/a	8	1	Superó la escala de 400 ppm	± 10 a 15	20 ppm	Riesgo alto
Ácido sulfúrico 1/a	9	100	No hubo reacción	± 30	0.2 mg/m ³ VLA-ED 0.05 mg/m ³	No hay riesgo
Estireno 10/b	10	8	Superó la escala de 250 ppm	± 15 a 20	20 ppm o 86 mg/m ³	Riesgo alto
Acetaldehído 100/a	11	3	200 ppm	± 15 a 20	(C 25 ppm) VLA-EC 46 mg/m³	Riesgo alto
Benceno 0.25/a	12	3	Supero las 2.5 ppm	± 15	0.5 ppm 2.5 ppm	Riesgo alto
Dióxido de nitrógeno 0.1/c	13	2	Supero la escala de 30 ppm	± 10 a 15	0.2 ppm 5ppm	Riesgo alto
Dióxido de carbono 0.5%/a	14	2	2 vol. %	± 5 a 10	5.000 ppm 30.000 ppm	Riesgo alto

Diagnóstico de contaminación atmosférica por emisiones diésel
en la zona metropolitana de San Salvador y Santa Tecla.
Cuantificación de contaminantes y calidad de combustibles

Hidrocarburos halogenados 100/a (1,1,2-triclorotrifluoroetano (R113)) + (1,2-diclorotetrafluoroetano (R114)) + (triclorofluorometano (R11))	15	3	No hubo reacción	± 30 %	R113 = 1.000 y 1.250 ppm, R114 = 1.000, R11 = C 5620	No hay riesgo
Hidrocarburos 0.1 % /b (propano 0.5 a 1.3 y butano 0.1 a 0.8 vol. %)	16	1	No hubo reacción	± 10 a 15	Propano MAK 1.000 ppm o 1.800 mg/m ³ Butano 1.000 ppm	No hay riesgo
Tolueno 100/a	17	6	400 ppm	± 10 a 15	20 ppm	Riesgo alto
Xileno 10/a	18	3	Superó las 400 ppm	± 20 a 30	100 ppm 150 ppm	Riesgo alto
Formaldehído 2/a	19	1	Superó la escala de 40 ppm	± 20 a 30	C 0.3 ppm	Riesgo alto
Diésel fuel	20	1	Superó escala de 200 mg/m ³ , antes de terminar la primera carrera		100 mg/m ³ (IFV)	Alto riesgo
Tolueno 5/b	21	1	Superó la escala de 300 ppm	± 10 a 15	20 ppm	Riesgo alto
Ácido fórmico 1/a	22	1	Superó la escala de 15 ppm	± 10 a 15	5 ppm 10 ppm	Riesgo alto
Monóxido de carbono 5/c	23	1	Superó la escala de 700 ppm	± 10 a 15	25 ppm	Riesgo alto
Benceno 5/b	24	1	Hubo pequeña coloración, indefinida su longitud	± 10 a 15	0.5 ppm 2.5 ppm	Riesgo

Tabla 27. Resultados de décimo séptimo lugar de toma de muestras

Sustancia	Muestra n.º	Número de embotadas de 100 ml	ppm, mg/m ³ o vol. %	Desviación estándar %	TLV, STEL (15 min), VLA-ED, VLA-EC (corta duración)	Condición
Dióxido de carbono 100/a	1	3	Superó las 3.000 ppm. No se pudo medir	± 10 a 15	5.000 ppm 300.000 ppm	Riesgo
Fenol 1/b	2	3	4 ppm	± 10 a 15	5 ppm	Riesgo bajo
Dióxido de azufre 0.5/a	3	2	Superó la escala de 25 ppm	± 10 a 15	0.25 ppm	Riesgo alto
Anilina 0.25/a	4	5	4 ppm	± 10 a 20	2 ppm	Alto riesgo
Cianuro 2/a	5	5	6 mg/m ³	± 20 a 30	4.7 ppm MAK: 1.9 ppm, 2.1 mg/m ³	Riesgo alto
Clorobenceno 5/a	6	9	10 ppm	± 10 a 15	10 ppm	Riesgo
Anilina 5/a	7	12	11.35 ppm	± 30	2 ppm	Riesgo alto
Etilbenceno 30/a	8	1	Superó la escala de 400 ppm	± 10 a 15	20 ppm	Riesgo alto
Ácido sulfúrico 1/a	9	100	No hubo reacción	± 30	0.2 mg/m ³ VLA-ED 0.05 mg/m ³	No hay riesgo
Estireno 10/b	10	5	Superó la escala de 250 ppm	± 15 a 20	20 ppm o 86 mg/m ³	Riesgo alto
Acetaldehído 100/a	11	4	300 ppm	± 15 a 20	(C 25 ppm) VLA-EC 46 mg/m³	Riesgo alto
Benceno 0.25/a	12	1	5 ppm	± 15	0.5 ppm 2.5 ppm	Riesgo alto
Dióxido de nitrógeno 0.1/c	13	1	Superó la escala de 30 ppm	± 10 a 15	0.2 ppm 5 ppm	Riesgo alto

Diagnóstico de contaminación atmosférica por emisiones diésel
en la zona metropolitana de San Salvador y Santa Tecla.
Cuantificación de contaminantes y calidad de combustibles

Dióxido de carbono 0,5 %/a	14	2	2 vol. %	± 5 a 10	5.000 ppm 30.000 ppm	Riesgo alto
Hidrocarburos halogenados 100/a (1,1,2-triclorotrifluo- roetano (R113)) + (1,2-diclorotetrafluo- roetano (R114)) + (triclorofluorometano (R11))	15	3	No hubo reacción	± 30 %	R113 = 1.000 y 1.250 ppm , R114 = 1.000, R11 = C 5.620	No hay riesgo
Hidrocarburos 0.1 % /b (propano 0.5 a 1.3 y butano 0.1 a 0.8 vol. %)	16	1	No hubo reacción	± 10 a 15	Propano MAK 1.000 ppm o 1.800 mg/m ³ Butano 1.000 ppm	No hay riesgo
Tolueno 100/a	17	8	600 ppm	± 10 a 15	20 ppm	Riesgo alto
Xileno 10/a	18	2	Superó las 400 ppm	± 20 a 30	100 ppm 150 ppm	Riesgo alto
Formaldehído 2/a	19	1	Superó la escala de 40 ppm	± 20 a 30	C 0.3 ppm	Riesgo alto
Diésel fuel	20	1	Superó la escala de 200 mg/m ³ , antes de terminar la primera carrera		100 mg/m ³ (IFV)	Alto riesgo
Tolueno 5/b	21			± 10 a 15	20 ppm	
Ácido fórmico 1/a	22	1	Superó la escala de 15 ppm	± 10 a 15	5 ppm 10 ppm	Riesgo alto
Monóxido de carbono 5/c	23	1	Superó la escala de 700 ppm	± 10 a 15	25 ppm	Riesgo alto
Benceno 5/b	24	3	10 ppm	± 10 a 15	0.5 ppm 2.5 ppm	Riesgo

Tabla 28. Resultados de décimo octavo lugar de toma de muestras

Sustancia	Muestra n.º	Número de emboladas de 100 ml	ppm, mg/m ³ o vol. %	Desviación estándar %	TLV, STEL (15 min), VLA-ED, VLA-EC (corta duración)	Condición
Dióxido de carbono 100/a	1	3	Superó las 3.000 ppm. No se pudo medir	± 10 a 15	5.000 ppm 300.000 ppm	Riesgo
Fenol 1/b	2	3	4 ppm	± 10 a 15	5 ppm	Riesgo bajo
Dióxido de azufre 0.5/a	3	2	Superó la escala de 25 ppm	± 10 a 15	0.25 ppm	Riesgo alto
Anilina 0.25/a	4	5	4 ppm	± 10 a 20	2 ppm	Alto riesgo
Cianuro 2/a	5	5	6 mg/m ³	± 20 a 30	4.7 ppm MAK: 1.9 ppm, 2.1 mg/m ³	Riesgo alto
Clorobenceno 5/a	6	9	10 ppm	± 10 a 15	10 ppm	Riesgo
Anilina 5/a	7	12	11.35 ppm	± 30	2 ppm	Riesgo alto
Etilbenceno 30/a	8	1	Superó la escala de 400 ppm	± 10 a 15	20 ppm	Riesgo alto
Ácido sulfúrico 1/a	9	100	No hubo reacción	± 30	0.2 mg/m ³ VLA-ED 0.05 mg/m ³	No hay riesgo
Estireno 10/b	10	5	Superó la escala de 250 ppm	± 15 a 20	20 ppm o 86 mg/m ³	Riesgo alto
Acetaldehído 100/a	11	4	300 ppm	± 15 a 20	(C 25 ppm) VLA-EC 46 mg/m³	Riesgo alto
Benceno 0.25/a	12	1	5 ppm	± 15	0.5 ppm 2.5 ppm	Riesgo alto
Dióxido de nitrógeno 0.1/c	13	1	Superó la escala de 30 ppm	± 10 a 15	0.2 ppm 5 ppm	Riesgo alto
Dióxido de carbono 0,5 %/a	14	2	2 vol. %	± 5 a 10	5.000 ppm 30.000 ppm	Riesgo alto

Diagnóstico de contaminación atmosférica por emisiones diésel
en la zona metropolitana de San Salvador y Santa Tecla.
Cuantificación de contaminantes y calidad de combustibles

Hidrocarburos halogenados 100/a (1,1,2-triclorotrifluoroetano (R113)) + (1,2-diclorotetrafluoroetano (R114)) + (triclorofluorometano (R11))	15	3	No hubo reacción	± 30	R113 = 1.000 y 1.250 ppm , R114 = 1.000, R11 = C 5620	No hay riesgo
Hidrocarburos 0.1 % /b (propano 0.5 a 1.3 y butano 0.1 a 0.8 vol. %)	16	1	No hubo reacción	± 10 a 15	Propano MAK 1.000 ppm o 1.800 mg/m ³ Butano 1.000 ppm	No hay riesgo
Tolueno 100/a	17	8	600 ppm	± 10 a 15	20 ppm	Riesgo alto
Xileno 10/a	18	2	Superó las 400 ppm	± 20 a 30	100 ppm 150 ppm	Riesgo alto
Formaldehído 2/a	19	1	Superó la escala de 40 ppm	± 20 a 30	C 0.3 ppm	Riesgo alto
Diésel fuel	20	1	Superó la escala de 200 mg/m ³ antes de terminar la primera carrera		100 mg/m ³ (IFV)	Alto riesgo
Tolueno 5/b	21			± 10 a 15	20 ppm	
Ácido fórmico 1/a	22	1	Superó la escala de 15 ppm	± 10 a 15	5 ppm 10 ppm	Riesgo alto
Monóxido de carbono 5/c	23	1	Superó la escala de 700 ppm	± 10 a 15	25 ppm	Riesgo alto
Benceno 5/b	24	3	10 ppm	± 10 a 15	0.5 ppm 2.5 ppm	Riesgo

Tabla 29. Resultados de décimo noveno lugar de toma de muestras

Sustancia	Muestra n.º	Número de emboladas de 100 ml	ppm, mg/m ³ o vol. %	Desviación estándar %	TLV, STEL (15 min), VLA-ED, VLA-EC (corta duración)	Condición
Dióxido de carbono 100/a	1	1	Superó las 3.000 ppm	± 10 a 15	5.000 ppm 300.000 ppm	Riesgo bajo
Fenol 1/b	2	6	10 ppm	± 10 a 15	5 ppm	Riesgo alto
Dióxido de azufre 0.5/a	3	1	Superó la escala de 25 ppm	± 10 a 15	0.25 ppm	Riesgo alto
Anilina 0.25/a	4	3	4 ppm	± 10 a 20	2 ppm	Alto riesgo
Cianuro 2/a	5	6	9 mg/m ³	± 20 a 30	4.7 ppm MAK: 1.9 ppm, 2.1 mg/m ³	Riesgo alto
Clorobenceno 5/a	6	9	5 ppm	± 10 a 15	10 ppm	Riesgo bajo
Anilina 5/a	7	11	13.3 ppm	± 30	2 ppm	Riesgo alto
Etilbenceno 30/a	8	2	Antes de terminar la segunda carrera, superó la escala de 400 ppm	± 10 a 15	20 ppm	Riesgo alto
Ácido sulfúrico 1/a	9	100	No hubo reacción	± 30	0.2 mg/m ³ VLA-ED 0.05 mg/m ³	No hay riesgo
Estireno 10/b	10	1	Superó la escala de 250 ppm	± 15 a 20	20 ppm o 86 mg/m ³	Riesgo alto
Acetaldehído 100/a	11	7	Superó las 1000 ppm	± 15 a 20	(C 25 ppm) VLA-EC 46 mg/m ³	Riesgo alto
Benceno 0.25/a	12	3	Superó las 3 ppm	± 15	0.5 ppm 2.5 ppm	Riesgo alto
Dióxido de nitrógeno 0.1/c	13	1	Superó la escala de 30 ppm en pocos segundos	± 10 a 15	0.2 ppm 5ppm	Riesgo alto

Diagnóstico de contaminación atmosférica por emisiones diésel
en la zona metropolitana de San Salvador y Santa Tecla.
Cuantificación de contaminantes y calidad de combustibles

Dióxido de carbono 0,5 %/a	14	1	2 Vol. %	± 5 a 10	5.000 ppm 30.000 ppm	Riesgo alto
Hidrocarburos halogenados 100/a (1,1,2-triclorotrifluo- roetano (R113)) + (1,2-diclorotetrafluo- roetano (R114)) + (triclorofluorometano (R11))	15	3	Hubo reacción de calor	± 30	R113 = 1.000 y 1.250 ppm , R114 = 1.000, R11 = C 5620	No hay riesgo
Hidrocarburos 0.1 %/b (propano 0.5 a 1.3 y butano 0.1 a 0.8 vol. %)	16	3	No hubo reacción	± 10 a 15	Propano MAK 1.000 ppm o 1.800 mg/m ³ Butano 1.000 ppm	No hay riesgo
Tolueno 100/a	17	4	Superó las 400 ppm	± 10 a 15	20 ppm	
Xileno 10/a	18	2	Superó las 400 ppm en la primera carrera	± 20 a 30	100 ppm 150 ppm	Riego alto
Formaldehído 2/a	19	5	Superó la escala de 40 ppm	± 20 a 30	C 0.3 ppm	Riesgo alto
Diésel fuel	20	1	Superó fácilmente la escala de 200 mg/ m ³		100 mg/m ³ (IFV)	Alto riesgo
Tolueno 5/b	21	1	Superó las 300 ppm	± 10 a 15	20 ppm	Riesgo alto
Ácido fórmico 1/a	22	1	Superó la escala de 15 ppm	± 10 a 15	5 ppm 10 ppm	Riesgo alto
Monóxido de carbono 5/c	23	1	Superó la escala de 700 ppm	± 10 a 15	25 ppm	Riesgo alto
Benceno 5/b	24	1	Superó la escala de 50 ppm	± 10 a 15	0.5 ppm 2.5 ppm	Riesgo alto

Tabla 30. Resultados de vigésimo lugar de toma de muestras

Sustancia	Muestra n.º	Número de emboladas de 100 ml	ppm, mg/m ³ o vol. %	Desviación estándar %	TLV, STEL (15 min), VLA-ED, VLA-EC (corta duración)	Condición
Dióxido de carbono 100/a	1	2	Superó la escala de 300 ppm antes de terminar la segunda carrera	± 10 a 15	5.000 ppm 300.000 ppm	Riesgo alto
Fenol 1/b	2	4	Superó la escala de 20 ppm antes de terminar la cuarta carrera	± 10 a 15	5 ppm	Riesgo alto
Dióxido de azufre 0.5/a	3	2	Superó la escala de 25 ppm en la segunda carrera	± 10 a 15	0.25 ppm	Riesgo alto
Anilina 0.25/a	4	3	19.9 ppm	± 10 a 20	2 ppm	Alto riesgo
Cianuro 2/a	5	6	9 mg/m ³	± 20 a 30	4.7 ppm MAK: 1.9 ppm, 2.1 mg/m ³	Riesgo alto
Clorobenceno 5/a	6	9	10 ppm	± 10 a 15	10 ppm	Riesgo
Anilina 5/a	7	7	5 ppm	± 30	2 ppm	
Etilbenceno 30/a	8	1	Antes de terminar la primera carrera, superó la escala de 400 ppm	± 10 a 15	20 ppm	Riesgo alto
Ácido sulfúrico 1/a	9	100	No hubo reacción	± 30	0.2 mg/m ³ VLA-ED 0.05 mg/m ³	No hay riesgo
Estireno 10/b	10	1	Superó la escala de 250 ppm	± 15 a 20	20 ppm o 86 mg/m ³	Riesgo alto
Acetaldehído 100/a	11	5	Superó la escala de 1.000 ppm	± 15 a 20	(C 25 ppm) VLA-EC 46 mg/m³	Riesgo alto

Diagnóstico de contaminación atmosférica por emisiones diésel
en la zona metropolitana de San Salvador y Santa Tecla.
Cuantificación de contaminantes y calidad de combustibles

Benceno 0.25/a	12	1	Superó las 6 ppm	± 15	0.5 ppm 2.5 ppm	Riesgo alto
Dióxido de nitrógeno 0.1/c	13	1	Superó la escala de 30 ppm	± 10 a 15	0.2 ppm 5ppm	Riesgo alto
Dióxido de carbono 0,5 %/a	14	2	2.5 vol. % o 25.000 ppm	± 5 a 10	5.000 ppm 30.000 ppm	Riesgo alto
Hidrocarburos halogenados 100/a (1,1,2-triclorotrifluoroetano (R113)) + (1,2-diclorotetrafluoroetano (R114)) + (triclorofluorometano (R11))	15	3	No hubo reacción	± 30	R113 = 1.000 y 1.250 ppm, R114 = 1.000, R11 = C 5620	No hay riesgo
Hidrocarburos 0.1 % /b (propano 0.5 a 1.3 y butano 0.1 a 0.8 vol. %)	16	3	No hubo reacción	± 10 a 15	Propano MAK 1.000 ppm o 1.800 mg/m ³ Butano 1.000 ppm	No hay riesgo
Tolueno 100/a	17	5	Superó las 600 ppm	± 10 a 15	20 ppm	Riesgo alto
Xileno 10/a	18	2	Superó las 400 ppm	± 20 a 30	100 ppm 150 ppm	Riesgo alto
Formaldehído 2/a	19	2	Superó la escala de 40 ppm	± 20 a 30	C 0.3 ppm	Riesgo alto
Diésel fuel	20	1	Superó la escala de 200 mg/m ³		100 mg/m ³ (IFV)	Alto riesgo
Tolueno 5/b	21	2	Superó las 300 ppm	± 10 a 15	20 ppm	Riesgo alto
Ácido fórmico 1/a	22	1	Superó la escala de 15 ppm	± 10 a 15	5 ppm 10 ppm	Riesgo alto
Monóxido de carbono 5/c	23	1	Superó la escala de 700 ppm	± 10 a 15	25 ppm	Riesgo alto
Benceno 5/b	24			± 10 a 15	0.5 ppm 2.5 ppm	

Tabla 31. Resultados de análisis del hollín emitido por los motores diésel

Los siguientes resultados son con base en la utilización del espectrómetro de absorción atómica de llama (FAAS), este permite la detección y determinación de metales en cualquier tipo de muestra industrial siempre y cuando esta pueda ser solubilizada. Los resultados dejan ver el contenido de cada uno de los elementos en miligramos (mg) por cada kilogramo (kg) de masa de hollín emitido por los motores diésel.

Elemento	Muestra 1 (mg/kg de hollín)	Muestra 2 (mg/kg de hollín)
As	< 0.005	3.48
Sb	< 0.01	< 0.01
Se	< 0.01	556.13
Ni	23.75	23.93
Cd	2.58	2.07
Cr	< 0.01	< 0.01
Cu	17.21	34.92
Zn	280.55	190.12
Co	< 0.01	8,113.04
Hg	< 0.0005	< 0.0005

Diagnóstico de contaminación atmosférica por emisiones diésel
en la zona metropolitana de San Salvador y Santa Tecla.
Cuantificación de contaminantes y calidad de combustibles

PRIMEROS RESULTADOS DE ANÁLISIS DE COMBUSTIBLES A CINCO GASOLINERAS

ENSAYOS	MÉTODO	RESULTADOS					
		DIÉSEL OIL	160	176	357	359	76
APARIENCIA	VISUAL	CLARO Y BRILL.	Claro y brill.	Claro y brill.	Claro y brill.	Claro y brill.	Claro y brill.
COLOR	ASTM D-1500		-	-	-	-	-
GRAVEDAD API @ 60 ° F	ASTM D-1298		32.4	32.7	35.1	34.8	36.0
DESTILACIÓN	ASTM D- 86						
PUNTO INICIAL DE EBULL. °C (°F)			185.3	186.4	154.6	173.1	149.1
10 % RECUPERADO, °C (°F)			224.7	225.8	215.7	217.4	216.1
50 % RECUPERADO, °C (°F)			279.8	279.4	267.1	269.7	265.0
90 % RECUPERADO, °C (°F)		360(680)	336.8	336.5	323.5	327.4	325.2
PUNTO FINAL DE EBULL. °C (°F)			361.7	361.5	349.6	355.8	351.2
RESIDUO, % VOLUMEN			1.4	1.0	1.9	1.6	1.7
ÍNDICE DE CETANO CALCULADO	ASTM D-976	45.0 MIN.	45.6	46.0	47.5	47.5	48.5
PUNTO DE INFLAMACIÓN, °C (°F)	ASTM D-93	52(125) MIN.	70.0	74.0	62.0	64.0	65.0
CORROS. TIRA DE COBRE, 3h, 100 °C	ASTM D-130	2 MÁX.	1A	1A	1A	1A	1A
CONTENIDO DE AZUFRE. % MASA	ASTM D-4229	0.5 MÁX.	0.429	0.396	0.0147	0.0237	0.0208
AGUA Y SEDIMENTOS. % VOL.	ASTM D-2709	0.05 MÁX.	0.00	0.00	0.05	0.00	0
VISCOSIDAD CINEMÁTICA A 40 °C (104 °F)	ASTM D445	1.9-4.1 cSt (mm ² /s)	3.13	3.27	2.70	2.85	2.65
RESULTADOS DENTRO DE ESPECIFICACIÓN			SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ

SEGUNDOS RESULTADOS DE ANÁLISIS DE COMBUSTIBLES A CINCO GASOLINERAS

ENSAYOS	MÉTODO	ESPECIFICACIONES	RESULTADOS				
			DÍESEL OIL	271	282	423	221
APARIENCIA	VISUAL	CLARO Y BRILL.	Claro y brill.	Claro y brill.	Claro y brill.	Claro y brill.	Claro y brill.
COLOR	ASTM D-1500	REPORTAR	-	-	-	-	-
GRAVEDAD API @ 60 ° F	ASTM D-1298	REPORTAR	35.3	34.6	32.2	32.2	36.0
DESTILACIÓN	ASTM D- 86						
PUNTO INICIAL DE EBULL. °C (°F)			157.6	178.5	185.8	190.3	175.9
10 % RECUPERADO, °C (°F)			215.2	218.4	225.1	229.4	212.1
50 % RECUPERADO, °C (°F)			271.5	272.1	279.5	282.5	263.6
90 % RECUPERADO, °C (°F)		360(680)	331.5	329.7	337.6	338.1	324.9
PUNTO FINAL DE EBULL. °C (°F)			355.0	356.5	361.6	361.1	350.8
RESIDUO, % VOLUMEN			2.0	1.4	1.5	1.8	1.5
ÍNDICE DE CETANO CALCULADO	ASTM D-976	45.0 MIN.	48.7	47.7	45.3	45.8	48.2
PUNTO DE INFLAMACIÓN, °C (°F)	ASTM D-93	52(125) MIN.	66.0	65.0	72.0	75.0	62.0
CORROS. TIRA DE COBRE, 3h, 100 °C	ASTM D-130	2 MÁX.	1A	1A	1A	1A	1A
CONTENIDO DE AZUFRE. % MASA	ASTM D-4229	0.5 MÁX.	0.0533	0.133	0.467	0.451	0.0332
AGUA Y SEDIMENTOS. % VOL.	ASTM D-2709	0.05 MÁX.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
VISCOSIDAD CINEMÁTICA A 40 °C (104 °F)	ASTM D445	1.9-4.1 cSt (mm ² /s)	2.81	3.04	3.15	3.43	2.50
RESULTADOS DENTRO DE ESPECIFICACIÓN			SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ

TERCEROS RESULTADOS DE ANÁLISIS DE COMBUSTIBLES A CINCO GASOLINERAS

ENSAYOS	MÉTODO	ESPECIFICACIONES		RESULTADOS	
		DIÉSEL OIL	JET A-1/K	430	71
APARIENCIA	VISUAL	CLARO Y BRILL.	Claro y brill.	Claro y brill.	Claro y brill.
COLOR	ASTM D-1500	REPORTAR	-	-	-
GRAVEDAD API @ 60 ° F	ASTM D-1298	REPORTAR	REPORTAR	34.6	32.2
DESTILACIÓN	ASTM D- 86				
PUNTO INICIAL DE EBULL. °C (°F)		REPORTAR	REPORTAR	175	174.3
10 % RECUPERADO, °C (°F)		REPORTAR	205 MAX.	222.1	222.0
50 % RECUPERADO, °C (°F)		REPORTAR	REPORTAR	272.0	274.2
90 % RECUPERADO, °C (°F)		360(680)	REPORTAR	331.4	332.8
PUNTO FINAL DE EBULL. °C (°F)		REPORTAR	300(572)MAX	356.1	357.0
RESIDUO, % VOLUMEN		REPORTAR		1.3	1.5
ÍNDICE DE CETANO CALCULADO	ASTM D-976	45.0 MIN.	-	47.7	47.3
PUNTO DE INFLAMACIÓN, °C (°F)	ASTM D-93	52(125) MIN.	38 MIN.	60.0	61.0
CORROS. TIRA DE COBRE, 3h, 100 °C	ASTM D-130	2 MÁX.	1 MÁX.	1A	1A
CONTENIDO DE AZUFRE. % MASA	ASTM D-4229	0.5 MÁX.	0.3 MÁX	0.0205	0.0248
AGUA Y SEDIMENTOS. % VOL.	ASTM D-2709	0.05 MÁX.	-	0.00	0.00
VISCOSIDAD CINEMÁTICA A 40 °C (104 °F)	ASTM D445	1.9-4.1 cSt (mm ² /s)	1.0-1.9 cSt (mm ² /s)	3.10	2.94
RESULTADOS DENTRO DE ESPECIFICACIÓN				SÍ	SÍ

Figura 28. Toma de muestra de combustible diésel. (Foto propia)



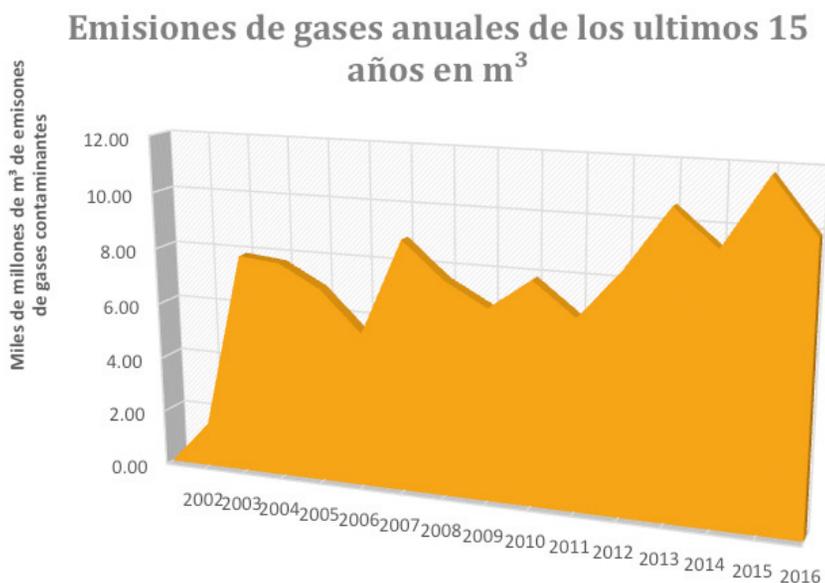
Figura 29. Muestra de combustible diésel en envase de vidrio color ámbar. (Foto propia)



CÁLCULO ESTIMADO DE EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES TOTALES DE MOTORES DIÉSEL A PARTIR DE LAS IMPORTACIONES DE COMBUSTIBLE DIÉSEL. TRANSFORMACIÓN DE LITROS DE COMBUSTIBLE EN GASES EMITIDOS A LA ATMÓSFERA EN M³

La contaminación ambiental específicamente del aire representa un importante riesgo para la salud de las poblaciones. La reducción de los niveles de contaminación del aire puede reducir la carga de morbilidad derivada de los accidentes cerebrovasculares, cánceres de pulmón y neumopatías crónicas y agudas, entre ellas el asma. Los motores diésel son una de las mayores fuentes de contaminación en el mundo, por la emisión de material particulado atmosférico que no es de origen natural, como los incendios de los bosques (EPA, 2003) (OMS, 2016-C).

Figura 30. Cálculo estimado de emisiones de gases contaminantes totales de motores diésel a partir de las importaciones de combustible diésel. Elaboración propia con base en datos de importaciones y transformación de litros de combustible en gases en m³ (Ministerio de Hacienda-Dirección General de Aduanas, 2016)



CONCLUSIONES

- La mayoría de las sustancias de las emisiones diésel no deben de tener contacto con seres vivos, ya que muchas de ellas son cancerígenas, carcinógenas o tóxicas, según ASTRD, OMS y PNUMA.
- Las emisiones diésel en El Salvador están reconocidas como la primera causa de infecciones respiratorias agudas en el sistema de salud pública.
- En El Salvador no existe control sobre las emisiones de los motores diésel; esta es una tarea del Viceministerio de Transporte, adscrito al MOP.
- Las personas están expuestas a altos niveles de formaldehído en las emisiones de los motores diésel, ya que en la mayoría de lugares se encontraron concentraciones de hasta 133.33 veces el límite de exposición a corto plazo de 15 minutos a esta sustancia, la cual puede irritar la garganta, piel, nariz, los ojos y producir cáncer, según estudios de ASTDR.
- Las personas en las paradas de buses en general están expuestas al benceno; porque se encontraron altos niveles de benceno que superan el límite umbral de exposición de 0.5 ppm de 8 horas en una jornada laboral, estos niveles superaban en cien veces el máximo de exposición para el ser humano.
- Las concentraciones de benceno encontradas en las mediciones son perjudiciales, ya que este entra al cuerpo por pulmones y piel; porque las muestras recolectadas superaron el límite de exposición a corto plazo, de 15 minutos de 2.5 ppm (STEL), en veinte veces la cantidad tolerada por el cuerpo humano. La exposición a las altas

concentraciones de benceno puede causar sangrados excesivos y puede afectar al sistema inmunitario, aumentando la probabilidad de contraer infecciones; también la exposición prolongada a altos niveles de benceno en el aire puede causar leucemia, según ATSDR.

- Los límites de cianuro de hidrógeno encontrados en los lugares muestreados son perjudiciales porque superan los 4.7 ppm o 5 mg/m³, que es el límite de exposición a corto plazo de 15 minutos en los lugares de trabajo. Las personas pueden sufrir daños en su organismo, ya que esta sustancia puede entrar por los pulmones cuando se respira el aire que está contaminado con las emisiones de motores diésel, según ATSDR.
- Las personas que están cerca de lugares donde transitan grandes cantidades de vehículos están expuestas a altos niveles de cianuro de hidrógeno.
- La exposición breve a altos niveles de cianuro puede dañar el cerebro y el corazón de las personas expuestas, según estudios de ATSDR.
- El dióxido de azufre encontrado en las mediciones es muy alto y sobrepasa fácilmente en algunos lugares muestreados hasta 100 veces el TLV para este elemento y en otros hasta veinte veces el límite de exposición a corto de plazo de 15 minutos STEL de 0.25 ppm. Estas concentraciones de dióxido de azufre pueden agravar las enfermedades respiratorias de las personas que están en las paradas de buses y en edificios circundantes, según ATSDR, OMS y EPA.
- En las mediciones realizadas, los niveles de formaldehído encontrados sobrepasan los estándares internacionales permisibles, superando las escalas de medición en pocos segundos, dando como resultados exposición al riesgo para la salud, en especial porque gran parte de

la población transeúnte está expuesta directamente a este tipo de contaminación de manera directa cuando aborda el autobús, cuando camina por la calle en los lugares públicos o de trabajo cercanos a altos niveles de tráfico vehicular.

- Las mediciones de este componente en las emisiones captadas en los distintos puntos donde se tomaron las muestras y se encontró en la medición hasta 10 ppm de benceno, generando una condición de peligro para la salud. Por la alteración en la hemoglobina, este contaminante afecta los procesos metabólicos de los distintos órganos del cuerpo que demandan oxígeno, lo cual, unido al resto de contaminantes encontrados, causa un 'efecto dominó' en las condiciones de deterioro de la salud de la población expuesta.
- El benceno es uno de los contaminantes medidos en el muestreo, recolectado y encontrado en cada uno de los puntos de medición, superando en algunos casos las escalas de 40 ppm de medición máxima de en 5 segundos, generando como resultado una exposición directa al riesgo de este contaminante, en especial por la gran cantidad de tanques de las gasolineras de las que se evapora benceno y la exposición a las emisiones a las que está expuesta la población.

RECOMENDACIONES

- Evitar el contacto con la piel de los diferentes tipos de combustible, sus derivados y gases por evaporación.
- Evitar prácticas como las de sacar combustible del tanque de un automotor con manqueras y usar succión con la boca para sacar el combustible.
- Usar protección respiratoria cuando se use equipos de mantenimiento, como podadoras, motosierras y otras de combustión interna de diésel y de gasolina.
- Prohibir la construcción de plantas termoeléctricas que ocupen diésel cerca de lugares residenciales, oficinas y fábricas.
- Evitar la construcción de viviendas cerca de refinерías y tanques de almacenamiento de combustibles, por las sustancias que se evaporan durante su almacenamiento o refinación.
- Se recomienda evitar la construcción y operación de estaciones de servicio de combustibles cerca de fábricas (no petroquímicas), zonas residenciales y edificios de oficinas para evitar la contaminación con sustancias químicas emitidas por evaporación de los tanques de almacenamiento.
- Se recomienda usar mascarilla (*full facepiece* con filtro para gases orgánicos) en los lugares de trabajo donde se utilizan combustibles diésel y gasolina (gasolineras y tanques de almacenamiento) para evitar la contaminación química por emisiones de estas sustancias.
- Evitar llevar a los infantes a la zona céntrica de San Salvador, ya que la contaminación encontrada puede dañar en mayor proporción su

sistema respiratorio, causándoles fibrosis pulmonar (cicatrización de los pulmones).

- Cerrar sistema de ventilación y ventanas del vehículo, cuando se va detrás de un vehículo de motor diésel en carretera, para evitar la contaminación por los gases emitidos y las partículas tóxicas.
- Cerrar ventanas de casas y oficinas cercanas a vías con circulación de vehículos diésel.
- Prohibir las ventas ambulantes en las vías de mayor circulación de automotores.
- Evitar la permanencia por largo tiempo en paradas de buses, por el riesgo que se corre al estar expuesto a las emisiones de motores diésel.
- Prohibir la circulación de vehículos diésel en mal estado, ya que estos son los más contaminantes porque emiten mayor cantidad de material particulado a la atmósfera y gases peligrosos (por ejemplo: benceno, xileno, tolueno, formaldehído).
- Prohibir el paso de vehículos diésel cerca lugares residenciales, edificios de oficinas y fábricas.
- Usar mascarillas contra partículas emitidas por los motores de combustión interna en los lugares de mayor tráfico para evitar que estas lleguen a los alveolos.
- En un corto plazo, empezar a disminuir el uso de combustible diésel hasta prohibirlo en un mediano plazo como ya lo hicieron otros países.
- Cambiar el sistema de combustión de los motores del transporte colectivo, camiones, cabezales y vehículos particulares a híbrido (gas GLP y baterías de litio).

- No desarrollar actividades de deportes en las zonas urbanas, ya que los datos indican que se está expuesto a pequeñas cantidades de gases que son derivados de la combustión de motores diésel (sustancias orgánicas) y metales pesados en material particulado atmosférico.
- Mejorar los sistemas de aire acondicionado centralizado de los edificios; en ellos la contaminación externa es introducida en pequeñas cantidades que luego se van acumulando y que son respiradas por los ocupantes del edificio.
- Hacer investigación sobre la contaminación en aguas y sedimentos de ríos, lagos y embalse para cuantificar la acumulación de sustancias peligrosas que proviene de la quema de combustibles.
- Desarrollar estudio sobre el proceso o evolución de las enfermedades relacionadas con las emisiones de combustibles diésel en la población.
- Desarrollar estudios sobre el impacto ocasionado por las emisiones diésel en la flora y fauna de la periferia de San Salvador.
- Desarrollar estudios sobre las sustancias secundarias que se forman a partir de las emisiones diésel en las zonas de San Salvador y Santa Tecla.
- Desarrollar estudios sobre la dispersión de partículas emitidas por motores diésel.
- Desarrollar estudios sobre metales pesados emitidos por la combustión diésel en carreteras de alto tráfico, como, por ejemplo, el vanadio, plomo, cobalto y cadmio.
- Investigar el grado de contaminación del agua lluvia en la zona metropolitana y cómo afecta a la salud humana (ácidos y otros).

- Investigar el grado de contaminación del agua lluvia y cómo afecta a las especies vegetales de la zona urbana capitalina y el área circundante a esta (ácidos y otros).
- Determinar el alcance geográfico de la contaminación provocado por las emisiones diésel en el área metropolitana.
- Determinar los costos por contaminación de motores diésel al deterioro de la salud de la población de la zona urbana.
- Determinar los costos por los daños causados por la contaminación atmosférica a las infraestructuras civiles (casas, edificios, puentes y otros).
- Evaluar el alcance de la contaminación en suelos de la zona metropolitana.
- Medir el grado de contaminación de las aguas subterráneas por las emisiones diésel.
- Desarrollar un estudio de inmisiones de la contaminación atmosférica urbana.
- Desarrollar programas educativos para las escuelas; para concientizar el grave problema que representan las emisiones de los motores de combustión.

REFERENCIAS

- ADS (2013). " Historia de un Motor en particular... El diésel" . Revista ADS, 16 de julio 2013. Recuperado de <http://diesel.org/cms/wp-content/uploads/>
- ACGIH (2001). *Dióxido de carbono*. ACGIH® Threshold Limit Values (TLVs) and Biological Exposure Indices (BEIs). Printed the ACGIH, TLVs and (BEIs) Book. Copyright 2001.
- ACGIH (2012). ACGIH® *Threshold Limit Values (TLVs) and Biological Exposure Indices (BEIs)*. Printed the ACGIH, TLVs and (BEIs) Book. Copyright 2012.
- Angiolani, A. (1960). *Introducción a la química industrial. Fundamentos químicos y tecnológicos*. Santiago de Chile: Editorial Andres Bello.
- Angulo, A.L., & Romero, R.M. (2006). "Análisis de alternativas para el manejo de lámparas fluorescentes de tubo desechadas". Bogota, D.C.: Universidad de La Salle, Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria.
- Asociación Chilena de Seguridad, ACHS (2014). *Manual de sustancias peligrosas- Clasificación e informacion de riesgos*. Asociación Chilena de Seguridad.
- ASTDR (1999). "Formaldehído". En: ASTDR, *Formaldehído*. Atlanta, GA: ASTDR, Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. Recuperado de https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts131.pdf
- ASTDR (1999-A). "Formaldehído". En: ASTDR, *Formaldehído*. Atlanta, GA: ASTDR, Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. Recuperado de http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts111.pdf
- ASTDR (2002). "Anilina". Atlanta, GA. Recuperado de http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts171.pdf

- ASTDR (2002a). "Dióxido de nitrógeno". Atlanta: ASTDR. Disponible en https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts175.pdf
- ASTDR (2003). "Selenio". Atlanta, GA: ASTDR. Disponible en https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs92.pdf
- ASTDR (2004). "Cobre". Atlanta, GA: ASTDR. Disponible en https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs132.pdf
- ASTDR (2005a). "Níquel". Atlanta, GA: ASTDR. Disponible en https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts15.pdf
- ASTDR (2005b). "Zinc". Atlanta, GA: ASTDR. Disponible en https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts60.pdf
- ASTDR (2006). "Cianuro de hidrógeno". Atlanta, GA: ASTDR. Disponible en https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs8.pdf
- ASTDR (2007). "Arsénico". Atlanta, GA: ASTDR. Disponible en https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts2.pdf
- ATSDR (2007a). "Dióxido de carbono". Atlanta, GA: ATSDR. Disponible en http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts175.html
- ATSDR (2007b). "Xileno". Atlanta, GA: ATSDR. Disponible en http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts71.pdf
- ASTDR (2007c). "Hoja informativa sobre el benceno". Atlanta, GA: ASTDR. Disponible en http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts3.pdf
- ASTDR (2008). "Cromo". Atlanta, GA: ASTDR. Disponible en <http://www.ladep.es/ficheros/documentos/Cromo.%20TOXFAQs.pdf>
- ASTDR (2008a). "Hoja informativa sobre el fenol". Atlanta, GA: ASTDR. Disponible en http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts115.pdf
- ATSDR (2009). "Monóxido de carbono". Atlanta: ATSDR. Disponible en https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts201.pdf
- ASTDR (2010). "Etilbeneceno". Atlanta, GA: ASTDR, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Division of Toxicology and Hu-

- man Health Sciences. Disponible en https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts110.pdf
- ASTDR (2012b). "Cromo". Atlanta, GA: ASTDR. Disponible en https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts7.pdf
- ASTDR (2015). Tolueno. Atlanta, GA: Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. Disponible en http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs56.pdf
- ASTDR (2016). "Antimonio. Resumen de salud pública". Atlanta, GA: ASTDR. Disponible en https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts23.html
- ASTDR (2016a). "Cadmio". Atlanta, GA: ASTDR. Disponible en https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs5.html
- Barbosa, A.C., De Sousa, J., Do Rea, J.G., Jardim, F.W., & Fadini, P.S. (2003). *Mercury Biomagnification in a Tropical Black Water, Rio Negro, Brazil*. Brasilia: Environmental Contamination. Toxicologia. 45, 235-246.
- Berglund, M., Akesson, A., Bjellerup, P., & Vahter, M. (2000). *Metal-bone interactions*. Stockholm, Sweden: Toxicology Letters, Volumes 112-113, 15 March 2000, Pages 219-225.
- Bernaola, A. (2013). "La emisión de aerosoles de partículas y gases de motores diésel". *Revista del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo*. n.º 73, Julio del 2013. NIPO - 272-13-010-7.
- Bernard, J., Nebel, B., & Wright, R. (1999). *Ciencias ambientales. Ecología y desarrollo sostenible*. México: Editorial Pearson educación. Impreso en México, 6.ª edición.
- Beyer, H., & Walter, W. (1987). *Manual de química orgánica*. Barcelona: Editorial Reverté, S.A., versión española de la 19.ª versión alemana.
- Bifani, P. (1999). *Medio ambiente y desarrollo sostenible*. Madrid: Editorial Iepala, 4.ª edición.

- Billmeyer Jr, F.W. (2004). *Ciencia de los polímeros*. Barcelona: Editorial Reverté, S.A. Impreso en España.
- Bonnard, N., Brondeau, M., Falcy, M., Jargot, D., Miraval, S., Protois, J., & Schneider, O. (2001). *Carbon dioxide*. Paris, France: Source: Institut National de Recherche et de Sécurité, 30 rue Olivier-Noyer, 75680 Paris Cedex 14, France.
- Borgna, A., Di Cosimo, J., & Fígoli, N. (2001). *Petróleo y gas natural, reservas, procesamientos y usos*. Santa Fe: Centro de publicaciones. Universidad Nacional del Litoral.
- Camean, A. (1995). *Toxicología avanzada*. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos.
- Capó, M. (2007). *Principios de Ecotoxicología. Diagnóstico, tratamiento y Gestión del Medio Ambiente*. Editorial Tebar.
- CE. (2009). *Directiva 2009/30/CE del Parlamento Europeo del Consejo*. Estrasburgo: Diario Oficial de la Unión Europea.
- Ceceña, A., & Barreda, A. (1995). *Producción estratégica y hegemonía mundial*. México: Siglo XXI editores, impreso en México.
- Cerutti (2001). "La refinación del petróleo". En: A. Cerutti, *La refinación del petróleo*. Instituto Argentino del Petróleo y el Gas, IAPG.
- Chemical education material study (1987). *Química: una ciencia experimental*. Barcelona, España: Editorial Reverté, S.A., impreso en España.
- Chow, S.P. (1987). *Petroquímica y sociedad*. Editorial Fondo de Cultura Económica. Impreso en México .
- Christen, H. (1986a). *Fundamentos de la química general e inorgánica*, volumen 1. Barcelona: Editorial Reverté, impreso en España.
- Clark, R.B. (2001). "Marine Pollution". En: R.B. Clark, *Marine Pollution*. Oxford University press. Printed in Great Britain. Fifth edition.
- Comisión Europea, CE (2011). *Directiva 2011/97/UE del Consejo*. En: C. E. CE, *Directiva 2011/97/UE del Consejo*. Diario Oficial de la Unión Europea. 10.12.2011. L 328/49.

- Common, M., & Stagl, S. (2008). *Introducción a la economía ecológica*. Barcelona: Editorial Reverté, S.A., impreso en España.
- Conacyt (2006). *Productos de petróleo. Aceite combustible diésel. Especificaciones*. Conacyt, RTCA 75.02.17:06. Disponible en http://www.cne.gob.sv/index.php?option=com_phocadownload&view=category-&download=44:rtc-diesel&id=12:reglamentos-tecnicos-centroamericanos&Itemid=63
- Cook, B. (1998). "High-Efficiency Lighting in Industry and Commercial Buildings". En: B. Cook, *High-Efficiency Lighting in Industry and Commercial Buildings*. Originally published in: *Power Engineering Journal*, IEE, October 1998.
- Daub, G., & Seese, W. (1996). *Química*. México: Pearson educación, impreso en México, 7.^a edición.
- Doemer, M. (2005). *Los materiales de pintura y su empleo en el arte*. Barcelona: Editorial Reverté, 6.^a edición, impreso en España.
- Doménech, X. (1999). *Química de la contaminación*. Madrid: Miraguano ediciones. 254 p.
- Domínguez, H. (2004). *Nuestra atmósfera: Cómo comprender los cambios climáticos*. México: Editorial Lectorum, impreso y encuadernado en México.
- Dräger (2011). *Dräger-Tubes & CMS Handbook*. Lübeck, Germany.
- Dräger (2005). *Tubo para acetaldehído*. Luebeck, Gemany: Drager safety AG & Co. KGaA, 7th edition march 2005.
- Dräger (2007). *Tubo rango corto anilina 0.5/a*. Luebeck, Germany: Drager safety AG & Co. KGaA, 7th edition september 2007.
- Dräger (2010). *Tubo de control Drager ácido formico*. Luebeck: Drager safety AG & Co. KGaA, 12th edition october 2010.
- Dräger (2011). "Dräger-Tubes & CMS Handbook". En: Dräger, *Dräger-Tubes & CMS Handbook*. Lübeck: Dräger.

- Dräger (2012). *Tubo de control Dräger anilina 5/a*. Luebeck: Dräger safety AG & Co. KGaA, 12th edition, June 2012.
- Dräger (2014). “Dräger X-act 5000, bomba automática para tubos Dräger”. En: Dräger, *Dräger X-act 5000, bomba automática para tubos Dräger*. Lübeck, Alemania.
- Ege, S. (2000). *Química orgánica: estructura y reactividad*. Tomo 2. Barcelona, España: Editorial Reverté, S.A., impreso en España.
- EPA (2003). *Diesel Exhaust in the United States*. Washington DC: United States Environmental Protection Agency, EPA-420-F-03-022, June 2003. Disponible en <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-04/documents/dieselexhaustus.pdf>
- Figueruelo, J., & Dávila, M. (2004). *Química y física del ambiente y de los procesos medioambientales*. Barcelona: Editorial Reverté. Impreso en España.
- Fink, D., Beaty, H., & Carroll, J. (1981). *Manual práctico de electricidad para ingenieros*. Barcelona: Editorial Reverté, Impreso en España.
- Friberg, L., Elinder, C., Kjellstorm, T., & Nordberg, G. (1985). “Cadmium and health: A toxicological and epidemiological appraisal Volume II: Effects and response”. *Environmental Sciences*, volume 18, issue 03.
- García-Olivares, A., Ballabrera-Poy, J., García-Landona, E., & Turiel, M. (2011). *A global renewable mix with proven technologies and common materials*. Elsevier, *Journal Energy Policy*. Volume 41, February 2012, Pages 561-574.
- Gaviria, R.J., Mora, G.J., & Agudelo, J.R. (2002). “Historia de los motores de combustión interna”. En: R. J. Gaviria, M. G. H, & J. R. Agudelo, *Historia de los motores de combustión interna*. Revista Facultad de Ingeniería, n.º 26, pp. 66-78, junio, 2002.
- Gennaro, A. (2003). *Remington: Farmacia*, volumen 1. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana, S.A., 20.ª edición.
- Gutsche, C.D., & Pasto, D.J. (1979). *Fundamentos de química orgánica*. Madrid, España: Editorial Reverté, S.A. Impreso en España.

- Hill, J., & Kolb, D. (1999). *Química para el nuevo milenio*. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., impreso en México, 8.ª edición.
- Hopp, V. (2005). "Fundamentos de tecnología química". En: V. Hopp, *Fundamentos de tecnología química*. Barcelona: Editorial Reverté. Impreso por Publidisa, S.A. de C.V.
- Hoppe, T. (2005-A). *Los materiales de pintura y su empleo en el arte*. Barcelona: Editorial Reverté. 18.ª edición, impreso en España.
- Hufnagel, W. (2004). *Manual del aluminio*, Vol. II. Barcelona: Editorial Reverté. Impreso en España, Vol. 2.
- IARC (1989). *Tolueno*. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer. Disponible en <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol71/mono71-36.pdf>
- IARC (2012). "Gases de escape de los motores diésel son carcinógenos". Lion, Francia: IARC. Disponible en https://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2012/pdfs/pr213_S.pdf
- ICCT (2003). "Gasolina y diésel de bajo azufre: la clave para disminuir las emisiones vehiculares". ICCT. Disponible en http://www.theicct.org/sites/default/files/Bajo_Azufre_ICCT_2003.pdf
- INCHEM IPCS (1977). *Dióxido de nitrógeno*. IPCS INCHEM. Disponible en: <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc004.htm>
- IPCS INCHEM (1999). *Environmental Health Criteria 213*. IPCS INCHEM. Disponible en: <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc004.htm>
- INSHT (1994). "Zinc". Madrid, España: INSHT. Disponible en <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/1201a1300/nspn1205.pdf>
- INSHT (2002). "Xileno". Madrid, España: INSHT. Fichas internacionales de seguridad química. Disponible en <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/0a100/nspn0084.pdf>

- INSHT (2003). "Clorobenceno". Madrid, España: INSHT. Disponible en <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/601a700/nspn0642.pdf>
- INSHT (2003a). "Propano". Madrid: INSHT. Disponible en <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/301a400/nspn0319.pdf>
- INSHT (2003b). "Butano". Madrid, España: INSHT. Disponible en <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/201a300/nspn0232.pdf>
- INSHT (2003a). "Cianuro de hidrógeno". Madrid, España: INSHT. Disponible en <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/401a500/nspn0492.pdf>
- INSHT (2004). "Cobalto". Madrid, España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene el Trabajo. Disponible en <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/701a800/nspn0782.pdf>
- INSHT (2004a). "Diésel N° 2". Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene el Trabajo. Disponible en <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/401a500/1561.pdf>
- INSHT (2005). "Cromo". Madrid, España: INSHT. Disponible en <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/0a100/nspn0029.pdf>
- INSHT (2005b). "Dióxido de nitrógeno". Madrid, España: INSHT. Disponible en <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/901a1000/nspn0930.pdf>
- INSHT (2005b). "Ficha intencional de seguridad química del fenol". Madrid, España: INSHT. Disponible en <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/0a100/nspn0070.pdf>

- INSHT (2005c). “Mercurio”. Madrid: INSHT. Disponible en <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/0a100/nspn0056.pdf>
- INSHT (2005d). “Níquel”. Madrid, España: INSHT. Disponible en <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/0a100/nspn0062.pdf>
- INSHT (2005f). “Diclorotetrafluoroetano”. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Disponible en http://intranet.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/LEP%20_VALORES%20LIMITE/Doc_Toxicologica/Capitulos%2072_82/Ficheros/DLEP%2076.%20diclorotetrafluoroetano.pdf
- INSHT (2006). “Estireno, ficha técnica”. Madrid, España: INSHT. Disponible en <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/0a100/nspn0073.pdf>
- INSHT (2007). “Dióxido de carbono”. Madrid, España: INSHT. Disponible en <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/0a100/nspn0021.pdf>
- INSHT (2007a). “Tolueno”. Madrid, España: INSHT. Disponible en http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Valores_Limite/Doc_Toxicologica/FicherosSerie2/DLEP%2039.pdf
- INSHT (2007b). “Étilbenceno”. Madrid, España: INSHT. Disponible en <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/201a300/nspn0268.pdf>
- INSHT (2007c). “Antimonio”. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene el Trabajo. Fichas internacionales de seguridad química. Disponible en <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/701a800/nspn0775.pdf>
- INSHT (2008). “Ácido fórmico”. Madrid, España: INSHT. Disponible en <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/401a500/nspn0485.pdf>

- INSHT (2008-A). "Diclorotetrafluoroetano". Madrid, España: INSHT. Disponible en: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/601a700/nspn0649.pdf>
- INSHT (2010). "Selenio". Madrid, España: INSHT. Disponible en: https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs92.pdf
- INSHT (2011). "Arsénico". Madrid, España: INSHT. Disponible en: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/0a100/nspn0013.pdf>
- INSHT (2013). "Diclorotetrafluoroetano". Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Disponible en <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/601a700/nspn0649.pdf>
- INSHT (2013). "La emisión de aerosoles de partículas y gases en motores diésel". Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Revista N° 73, julio del 2013. Disponible en http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/PUBLICACIONES%20PERIODICAS/Rev_INSHT/2013/73/SST_73_enlaces2.pdf
- INSHT (2015). *NTP 486: Evaluación de la exposición a benceno: control*. Madrid, España: INSHT. Disponible en http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp_486.pdf
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, INECC (2000). "Diagnóstico del Mercurio en México". En: INECC, *Diagnóstico del Mercurio en México*. México: INE.
- IPCS & CE (2005). "Fichas internacionales de seguridad química". En: I. & CE, *Fichas internacionales de seguridad química*. CE & IPCS.
- IPCS (1986). *Toluene (EHC 52, 1986)*. Genova, Italia: International Programme on Chemical Safety.
- Jiménez, B. (2005). *La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada*. México: Editorial Limusa, S.A. de C.V., impreso en México.

- Julián, I., Sáez, R., & Martínez, S. (2003). *Diccionario de química*. Madrid: Editorial complutense. Reimpresión 2003.
- Kalpakjian, S., & Schmid, S. (2002). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. México: Editorial Pearson educación de México, S.A. de C.V. 4.^a edición.
- King, C.J. (1979). *Procesos de separación*. Barcelona: Editorial Reverté, S.A., 1979. Impreso en España.
- Klages, F. (1968). *Tratado de química orgánica*. Volumen 1 (pág. 528). Zaragoza, España: Editorial Reverté, S. A.
- Klages, F. (2005). *Tratado de química orgánica*. Barcelona, España: Editorial Reverté, tomo I (1.^a parte), *Química orgánica sistemática*, impreso en España.
- Klein, C., & Hurbult, C. (2003). *Manual de mineralogía*. Volumen 2. Barcelona, : Editorial Reverté, S.A., 4.^a edición, impreso en España.
- Manahan, S. (2007). *Introducción a la química ambiental*. Barcelona: Editorial Reverté. Impreso en España.
- Mantell, C. (2003). *Ingeniería electroquímica*. Sevilla: Editorial Reverté, S.A. Impreso en España.
- McClellan, R.O. (1986). *Health effects of Diesel xhaaust: A caseStudy in Risk Assessment*. Albuquerque: Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 47(1) 1-13 (1986).
- McClellan, R.O. (1986a). "Efectos sobre la salud de diésel: un estudio de caso en la evaluación de riesgos". En: M.R.O., *Efectos sobre la salud del diésel: un estudio de caso en la evaluación de riesgos*. Am Ind Hyg Assoc 47:1-13.
- Mencías, E., & Mayero, L.M. (2000). *Manual de toxicología básica*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S.A.
- Mészáros, E. (1999). *Fundamentals of atmospheric aerosol chemistry*. Budapest, Hungría : Editorial Budapest : Akadémiai Kiadó.
- Ministerio de Hacienda-Dirección General de Aduanas (2016). *Importación de gasolinas y diésel*. Ilopango: Ministerio de Hacienda-Dirección General de Aduanas. Nota n.º UGR-EXT-501-2016.

- MOP (2016). *Padrón de vehículos inscritos desde enero hasta agosto del 2016*. San Salvador: MOP-Viceministerio de Transporte. Disponible en http://publica.gobiernoabierto.gob.sv/institutions/viceministerio-de-transporte/information_standards/estadisticas
- Montero, I., & León, O.G. (2007). *A guide for naming research studies in psychology. A guide for naming research studies in psychology*. Madrid, España: International Journal of Clinical and Health Psychology, 2007, Vol. 7, N° 3, pp 847-862.
- Moreno, M. (1999). *Climatología urbana*. Barcelona: Edicions de la Universitat de Barcelona. Textos docents 160, climatología urabana.
- National Fire Protection Association, NFPA (2012). *Standar system for the identification of the hazards of materials for emergency response NFPA 704*. NFPA, Batterymarch Park, Quincy, MA 02169-7471. An International Codes and Standar Organization. Edition 2012.
- NIOSH (2016). *Triclorofluorometano*. Atlanta. GA: The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Disponible en <https://www.cdc.gov/niosh/ipcsneng/neng0047.html>
- NLM (2016). “Diesel. Diesel fuel exhaust from vehicles can pollute the air with harmful chemicals”. National Library of Medicine. Disponible en https://toxtown.nlm.nih.gov/text_version/chemicals.php?id=11
- NLM (2016-A). *Phenol*. National Library of Medicine NLM. Disponible en https://toxtown.nlm.nih.gov/text_version/chemicals.php?id=11
- NTP (2008). *Estireno*. National Toxicology Program. Disponible en https://ntp.niehs.nih.gov/ntp/roc/twelfth/publiccomm/kneiss_attachment_508be.pdf
- O’Neill, P. (1993). “Enviromental chemistry”. En: P. O’Neill, *Enviromental chemistry*. London: Chapman & Hall. Printed in Great Britain. Second edition 1998.

- O'Neill, P. (1998). En: P. O'Neill. Published by Blackie Academic & Professional, an Imprint of Thomson Science, printed in Great Britain by T. J. International, Padstow, Cornwall. Third edition 1998.
- Oberdörster, G. (1988). *Lung clearance of inhaled insoluble and soluble particles*. New York: Journal of aerosol medicine, volumen 1, número 4, 1988. Mary Ann Liebert, Inc., Publishers.
- OIT (2013). "Metales: Propiedades químicas y toxicidad". En: OIT, *Metales: Propiedades químicas y toxicidad* (pág. 63.28). Ginebra, Suiza: OIT.
- OMS (2014). "7 millones de muertes cada año debidas a la contaminación atmosférica". Ginebra, Suiza: OMS. Comunicado de prensa. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/es/>
- OMS (2015). "Reducing global health risks through mitigation of short-lived climate pollutants". Ginebra, Suiza: OMS. Disponible en <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2015/reducing-climate-pollutants/es/>
- OMS (2016). "10 datos sobre el cambio climático y la salud". Ginebra, Suiza: OMS. Disponible en http://www.who.int/features/factfiles/climate_change/facts/es/
- OMS citado por la BBC (2016-A). "Zonas del planeta donde el aire está más contaminado". Ginebra, Suiza: OMS. Disponible en <http://www.bbc.com/mundo/noticias-37501943>
- OMS citado por la BBC. (2016-B). "¿Cuál es la sorprendente 'ciudad más contaminada' de América Latina?". Ginebra, Suiza: OMS. Disponible en http://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/05/160513_ciencia_ciudad_mas_contaminada_america_latina_gtg
- OMS. (2016-C). *Calidad del aire ambiente (exterior) y salud*. Ginebra: OMS. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>

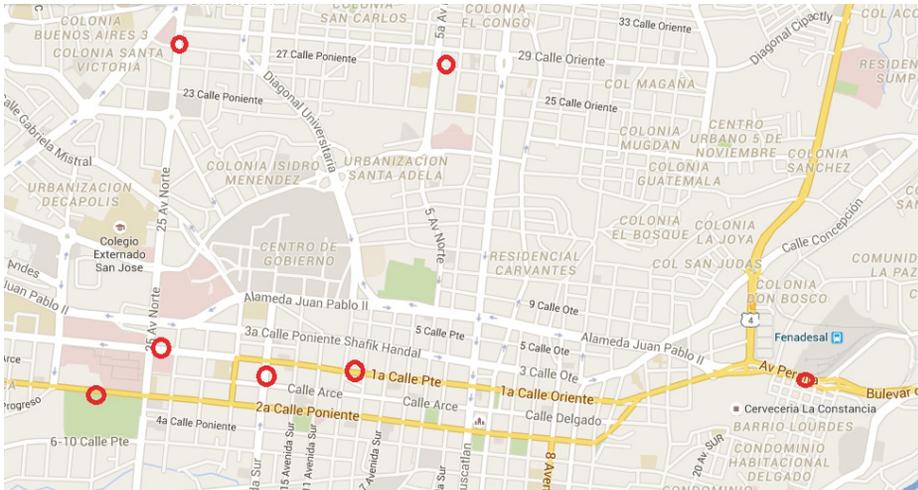
- ONU & Cepal (2006). *Recursos naturales e infraestructura. Minería y competitividad internacional en América Latina*. Santiago de Chile: ONU-Cepal.
- ONU (2004). *Atlas de productos básicos*. Ginebra: Naciones Unidas. Impreso en New York.
- OPS (2013). "Curso de orientación para el control de la contaminación del aire". En: OPS, *Curso de orientación para el control de la contaminación del aire* (pág. 1). Washington D.C.: OPS.
- Oxford-Complutense. (2003). *Química*. Editorial Complutense. Impreso en España.
- Pemex (1998). "El diésel". En: Pemex, *El diésel*. Pemex. Disponible en <http://www.ref.pemex.com/octanaje/24DIESEL.htm>
- Petrobras (2009). "Tendencias globales para el combustible diésel". Petrobras. dsiponible en http://www.unep.org/pcfv/pdf/ecofuel_tendencias.pdf
http://www.unep.org/pcfv/pdf/ecofuel_tendencias.pdf
- Rapin, J., & Jacquard, P. (1997). *Instalaciones frigoríficas, volumen 1. Elementos de física aplicados a la teoría de instalaciones frigoríficas*. Barcelona: Boixareu Editores, impreso en España.
- Reyes, F.A., & Figueroa, A.S. (2008). *Uso de desechos plásticos en mezclas asfálticas*. Bogotá D.C.: Editorial Pontificia Universidad Javeriana. Impreso y hecho en Colombia.
- Reyes, M., Aristizábal, G., & Leal, F. (2006). *Neumología pediátrica. Infección, alergia y enfermedad respiratoria en el niño*. Bogotá: Editorial Médica Panamericana. 5.ª edición, impreso en Colombia.
- Rico, M., & Santisteban, M. (1856). *Manual de física y elementos de química*. Madrid: Imprenta, fundición y librería de D. Eusebio Aguado, pág. 495.
- Rochow, E. (1981). *Química inorgánica descriptiva*. Barcelona: Editorial Reverté, S.A. Impreso en España.

- Rodríguez, A. (2004). *Geografía general*. Pearson Educación, 2.^a edición, impreso en México.
- Saez, R. (1843). *Curso elemental de química teórico y práctico*. Madrid: BOIX editor, obra escrita por R. Kaepelino, traducida por Rafael Palacios.
- Santistéban, M. (1990). *Manual de física y química*.
- Sbarato, R., Sbarato, V., & Ortega, O. (2007). *Predicción y evaluación de impactos ambientales sobre la atmósfera 2*. Grupo editor Encuentro. Centro de Investigación y Formación en Salud Ambiental, Escuela de Salud Pública, Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional de Córdoba.
- Schmid, S., & Kalpakjian, S. (2002). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. México: Editorial Prentice Hall, 4.^a edición.
- Seigneur, C., Wrobel, J., & Constantinou, E. (1994). "A chemical kinetic mechanism for atmospheric inorganic mercury". En: J.W. Christian Seigneur, *A chemical kinetic mechanism for atmospheric inorganic mercury*. American Chemical Society, in press. *Revue Environmental science & technology*. Vol. 28. n.º 9. 1589-1597.
- Senner, A. (1994). *Principios de electrotecnia*. Barcelona, España: Editorial Reverté, S.A, impreso en España.
- Seymour, R. (2002). *Introducción a la química de los polímeros*. Barcelona: Editorial Reverté, S.A., reimpresión 2002. Impreso en España.
- Sharpe, A. (1993). *Química inorgánica*. Barcelona: Editorila Reverté, S.A. University of Cambridge. Impreso en España.
- Spedding, D. (2002). *Contaminación atmosférica*. Barcelona: Editorial Reverté, S.A. Impreso en España.
- Teijón, J., García, J., Olmo, L., & García, C. (1996). *Química: Teoría y problemas*. Madrid: Editorial Tébar Flores, S.L.
- UGR. (2013). "Metales pesados toxicos. El Mercurio". UGR, *Metales pesados toxicos. El Mercurio*.

- Van Deuren, Wang, J.Z., & Ledbetter, J. (1997). "Technologies screening matrix and reference guide" 3.^a ed. En: J.Z. Van Deuren, *Technologies screening matrix and reference guide 3.^a ed.* Technology Innovation Office EPA.
- Vázquez, D; Ibarra, A; Julián, I.; de Sá Maradiaga, J; Martínez, S; Sáez, R. (2004). *Diccionario de ciencias*. Madrid: Editorial complutense. Impreso en España.
- Vélez, L. (2008). *Materiales industriales, teoría y aplicaciones*. Medellín: Instituto Metroplitano.
- Vielhaber, L. (2002). *Tecnología de los esmaltes*. Barcelona: Editorial Reverté, S.A. Impreso en España.
- Wauquier, J.P. (1984). "El refinado del petróleo". En: W.J.P, *El refinado del petróleo*. Editions Technip. París, France.
- Weissermel, K., & Arpe, H.-J. (1981). *Química orgánica industrial*. Barcelona, España: Editorial Reverté, S.A., impreso en España.
- Weissermel, K., & Arpe, H.-J. (2003). *Química orgánica industrial*. Herten, Alemania: Wiley-VCH GmbH & Co. KGaA. Printed in the Federal Republic of Germany. Fourth, completely revised edition 2003.
- Yúfera, E.P. (1995). "Química orgánica básica y aplicada. De la molécula a la industria". Tomo I. En: E.P. Yúfera, *Química orgánica básica y aplicada: de la molécula a la industria*. Tomo I. Barcelona, España: Editorial Reverté, S.A.
- Yúfera, E.P. (1996). "Química Orgánica básica y aplicada: de la molécula a la industria". Tomo I. En: E.P. Yúfera, *Química Orgánica básica y aplicada: de la molécula a la industria*. Tomo I. Barcelona, España: Editorial Reverté, S.A.

ANEXOS

Figura 31. Ocho lugares muestreados de veinte



Diagnóstico de contaminación atmosférica por emisiones diésel
en la zona metropolitana de San Salvador y Santa Tecla.
Cuantificación de contaminantes y calidad de combustibles

Figura 32. Carta de apoyo a investigación del Ministerio de Trabajo y Previsión Social



San Salvador, 08 de junio de 2015.

Licenciada
Noris Isabel López
Vicerrectora de Investigación
Universidad Tecnológica de El Salvador (UTEC)
Presente.

Respetable Licenciada López:

En atención a su escrito de fecha 04 de mayo de 2015 dirigido al Sr. Ministro de Economía: Lic. Tharsis Salomón López Guzmán, recibido en la Dirección Reguladora de Hidrocarburos y Minas (DRHM) el 07 de mayo de 2015, por medio del cual solicita ayuda en el proyecto de investigación: *"Diagnóstico de contaminación atmosférica en la zona metropolitana (San Salvador y Santa Tecla), cuantificar contaminantes y calidad de combustibles de aceite ligero (Diesel)"*, dirigido por el Ing. José Remberto Miranda Mejía, investigador de esta unidad, concretamente con el análisis de ocho muestras de aceite combustible diésel por zona, tomadas en distintas zonas de San Salvador y Santa Tecla.

La Dirección Reguladora de Hidrocarburos y Minas del Ministerio de Economía está en la plena disposición de apoyar y atender la solicitud presentada, para lo cual nombra a Jesús Ricardo Andrade Hernández, Jefe Ad-honorem de la División de Supervisión y Control como enlace para coordinar la toma de muestras y el análisis de las mismas, su dirección de correo electrónico es: jandrade@minec.gob.sv y número telefónico: 2590 5235.

No omito manifestarle que desde el miércoles, 13 de mayo de 2015 se estableció el enlace vía correo electrónico Andrade – Miranda y ya se están coordinando los equipos de trabajo UTEC – DRHM para concretar el apoyo solicitado.

Sin otro particular, aprovecho para saludarle cordialmente.

Eduardo Alexander Ramirez Acosta
Director de Regulación de Hidrocarburos y Minas.



cc: Lic. Tharsis Salomón López Guzmán
Ministro de Economía

jsh

Figura 33. Carta de apoyo a investigación de parte del Ministerio de Economía



MTPS/DM/DGPSE/008/2015.

San Salvador, 27 de julio de 2015.

Licenciada
Noris Isabel López
Vicerrectora de Investigación
Universidad Tecnológica de El Salvador
Presente.

En relación a escrito de fecha 04 de mayo del presente año, presentado a la Licda. Sandra Edibel Guevara Pérez, en su Calidad de Ministra de Trabajo y Previsión Social, solicitándole apoyo para el Proyecto de Investigación "Diagnóstico de contaminación atmosférica por emisiones Diesel en la zona metropolitana (San Salvador y Santa Tecla), cuantificar contaminantes y calidad de combustibles de aceite ligero (Diesel)", coordinada por el Ing. José Remberto Miranda, Investigador de la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad Tecnológica de El Salvador.

Tengo a bien hacerle de su conocimiento que la señora Ministra de esta Cartera de Estado, según marginado de fecha 11 de mayo de 2015, ha girado instrucciones a la suscrita, para que se apoye y se le asigne el acompañamiento con un técnico. Por lo que de la manera más atenta le comunico que se ha designado al Técnico en Higiene Ocupacional, Ing. John Kenedy Hernández de la Sección de Higiene Ocupacional para que acompañe en el desarrollo del Proyecto mencionado.

Ocasión que aprovecho para expresarle las muestras de mi consideración.

Atentamente,



Licda. Nora del Carmen López Laínez
Directora General de Previsión Social y Empleo

Figura 34. Carta de apoyo a investigación de parte
de Comisión Ejecutiva Portuaria Autónoma



*COMISIÓN EJECUTIVA PORTUARIA AUTÓNOMA
GERENCIA DE ADMINISTRACIÓN Y DESARROLLO DEL RECURSO HUMANO*

San Salvador, 22 febrero de 2016

Ing. José Remberto Miranda Mejía
Investigador
Universidad Tecnológica de El Salvador UTEC
Presente

Estimado Ing. Miranda

Me es grato saludarle y desearle el mejor de los éxitos en tan importantes actividades que desarrolla en la UTEC, en relación a su consulta relacionada al apoyo al proyecto "Diagnóstico de contaminantes atmosféricos por emisiones Diésel en la zona metropolitana de San Salvador y Santa Tecla, cuantificar contaminantes y calidad de combustibles"; aprovecho para informarle que el Ingeniero Nelson Edgardo Vanegas, Presidente de la Comisión Ejecutiva Portuaria Autónoma (CEPA), ha designado a mi persona para dar el apoyo en tan importante investigación.

Sobre este particular solicito se le informe a la Licda. Camila Calles Minero, Directora de Investigaciones de la UTEC, agradeciendo la oportunidad que se da a esta Comisión.

Atentamente.



Licdo. Noé Francisco Aguirre Zepeda.
Jefe Sección de Prevención de Riesgos y Salud Ocupacional.
CEPA Oficina Central

BREVE HOJA DE VIDA DE LOS INVESTIGADORES

José Remberto Miranda Mejía. Ingeniero industrial. Actualmente estudia la maestría en Gestión Ambiental en la Escuela Europea de Dirección y Empresa de España. Trabaja como investigador a tiempo completo y docente auxiliar en la Universidad Tecnológica de El Salvador. Posee experiencia en desarrollo de proyectos de Ingeniería, gerencia de pequeñas empresas, asesoría en materiales para el área de metalmecánica y en empresas farmacéuticas. Sus líneas de investigación son: inocuidad en alimentos, contaminación por residuos industriales, contaminación atmosférica, contaminación de aguas por residuos en la atmósfera, contaminación de suelos y aguas subterráneas.

Samuel Martínez Gómez. Ingeniero industrial con estudios de postgrado en Ingeniería de la decisión en la Universidad *Rey Juan Carlos*, Madrid, España. Actualmente trabaja como docente hora-clase e investigador en la Universidad Tecnológica de El Salvador, y docente hora-clase en la Universidad *José Matías Delgado*. Posee experiencia en logística, sistemas de abastecimientos y suministros, costeo de productos, estándares de medición, desarrollo de proyectos de Ingeniería, distribuciones de plantas y puestos de trabajo dentro de los procesos productivos, capacidades instaladas de planta, planificación, programación y control de la producción, sistemas de incentivos, control de inventarios, control de la calidad e ingeniería humana (ergonomía). Investigación realizada a la fecha: “Análisis de tratamiento actual de las lámparas fluorescentes, nivel de contaminantes y disposición final”.

Yonh Figerald Kenedy Hernández Miranda. Es ingeniero industrial y labora en el Ministerio de Trabajo y Previsión Social, en el departamento de Seguridad y Salud Ocupacional, desde el año 1984. Realiza apoyo a comités de seguridad y salud ocupacional hoy, con la nueva normativa de la Ley General de Prevención de Riesgos en los Lugares de Trabajo, en apoyo a la elaboración de la norma técnica salvadoreña en el respectivo organismo normalizador (antes Conacyt). Investigación realizada a la fecha: “Análisis de tratamiento actual de las lámparas fluorescentes, nivel de contaminantes y disposición final”.

René Leonel Figueroa. Ingeniero industrial. Actualmente trabaja como jefe del departamento de Bienestar y Seguridad Ocupacional de la Asociación Nacional de Acueductos y Alcantarillados, colaborando como investigador a tiempo parcial en investigaciones de la Universidad Tecnológica de El Salvador. Posee experiencia en consultoría en el área de seguridad industrial, elaboración de planes de emergencia y programas de gestión de riesgos laborales. Participó en la investigación: “Análisis del tratamiento actual de las lámparas fluorescentes, nivel de contaminantes y propuesta de disposición final”.

Noé Francisco Aguirre Zepeda. Es administrador de empresas, con un postgrado en Seguridad y Desarrollo, diplomado en OHSAS 18000, con estudios de seguridad aeroportuaria por la Organización de Aviación Civil Internacional; como inspector nacional de Seguridad, en seguridad marítima, por la Organización Marítima Internacional y la Comisión Centroamericana de Transporte Marítimo. Actualmente trabaja como jefe de Prevención de Riesgos y Salud Ocupacional de las oficinas corporativas de la Comisión Ejecutiva Portuaria Autónoma a tiempo completo; posee experiencia como consultor en materia de seguridad y salud en el trabajo, protección de instalaciones y protocolos de seguridad.

COLECCIÓN INVESTIGACIONES 2003-2017

Publicación	Nombre	ISBN
2003	Historia de la Economía de la Provincia del Salvador desde el siglo XVI hasta nuestros días. Primer Tomo Siglo XVI Jorge Barraza Ibarra	99923-21-12-1 (v 1) 99923-21-11-3 (Edición completa)
Diciembre 2003	Recopilaciones Investigativas. Tomos I, II y III	SIN ISBN
2004	Historia de la Economía de la Provincia del Salvador desde el siglo XVI hasta nuestros días. Segundo Tomo Siglos XVII y XVIII Jorge Barraza Ibarra	99923-21-14-8 (v 2) 99923-21-11-3 (Edición completa)
2004	Historia de la Economía de la Provincia del Salvador desde el siglo XVI hasta nuestros días. Tercer Tomo Siglo XIX Jorge Barraza Ibarra	99923-21-15-6 (v 3) 99923-21-11-3 (Edición completa)
2005	Historia de la Economía de la Provincia del Salvador desde el siglo XVI hasta nuestros días. Cuarto Tomo Siglo XIX Jorge Barraza Ibarra	99923-21-31-8 99923-21-11-3 (Edición completa)
2006	Historia de la Economía de la Provincia del Salvador desde el siglo XVI hasta nuestros días. Quinto Tomo Siglo XX Jorge Barraza Ibarra	99923-21-39-3 (v 5) 99923-21-11-3 (Edición completa)
2009	Recopilación Investigativa. Tomo I	978-99923-21-50-8 (v1)
2009	Recopilación Investigativa. Tomo II	978-99923-21-51-5 (v2)
2009	Recopilación Investigativa. Tomo III	978-99923-21-52-2 (v3)
Enero 2010	Casa Blanca Chalchuapa, El Salvador. Excavación en la trinchera 4N. Nobuyuki Ito	978-99923-21-58-4
Marzo 2010	Recopilación Investigativa 2009. Tomo 1	978-99922-21-59-1 (v.1)
Marzo 2010	Recopilación Investigativa 2009. Tomo 2	978-99922-21-60-7 (v.2)
Marzo 2010	Recopilación Investigativa 2009. Tomo 3	978-99922-21-61-7 (v.3)
Octubre 2010	Obstáculos para una investigación social orientada al desarrollo. Colección Investigaciones José Padrón Guillen	978-99923-21-62-1
Febrero 2011	Estructura familia y conducta antisocial de los estudiantes en Educación Media. Colección Investigaciones n.º 2 Luis Fernando Orantes Salazar	

Diagnóstico de contaminación atmosférica por emisiones diésel
en la zona metropolitana de San Salvador y Santa Tecla.
Cuantificación de contaminantes y calidad de combustibles

Febrero 2011	Prevalencia de alteraciones afectivas: depresión y ansiedad en la población salvadoreña. Colección Investigaciones n.º 3 José Ricardo Gutiérrez Ana Sandra Aguilar de Mendoza	
Marzo 2011	Violación de derechos ante la discriminación de género. Enfoque social. Colección Investigaciones n.º 4 Elsa Ramos	
Marzo 2011	Recopilación Investigativa 2010. Tomo I	978-99923-21-65-2 (v1)
Marzo 2011	Recopilación Investigativa 2010. Tomo II	978-99923-21-65-2 (v2)
Marzo 2011	Recopilación Investigativa 2010. Tomo III	978-99923-21-67-6 (v3)
Abril 2011	Diseño de un modelo de vivienda bioclimática y sostenible. Fase I. Colección Investigaciones n.º 5 Ana Cristina Vidal Vidales Luis Ernesto Rico Herrera Guillermo Vásquez Cromeyer	
Noviembre 2011	Importancia de los indicadores y la medición del quehacer científico. Colección Investigaciones n.º 6 Noris López de Castaneda	978-99923-21-71-3
Noviembre 2011	Memoria Sexta Semana del Migrante	978-99923-21-70-6
Mayo 2012	Recopilación Investigativa 2011. Tomo I	978-99923-21-75-1 (tomo 1)
Mayo 2012	Recopilación Investigativa 2011. Tomo II	978-99923-21-76-8 (tomo 2)
Mayo 2012	Recopilación Investigativa 2011. Tomo III	978-99923-21-77-5 (tomo 3)
Abril 2012	La violencia social delincuencia asociada a la salud mental en los salvadoreños Colección Investigaciones n.º 7 Ricardo Gutiérrez Quintanilla	978-99923-21-72-0
Octubre 2012	Programa psicopreventivo de educación para la vida efectividad en adolescentes Utec-PGR. Colección Investigaciones Ana Sandra Aguilar de Mendoza Milton Alexander Portillo	978-99923-21-80-6

Noviembre 2012	Causas de la participación del clero salvadoreño en el movimiento emancipador del 5 de noviembre de 1811 en El Salvador y la postura de las autoridades eclesiales del Vaticano ante dicha participación. Claudia Rivera Navarrete	978-99923-21-88-1
Noviembre 2012	Estudio Histórico proceso de independencia: 1811-1823. José Melgar Brizuela	978-99923-21-87-4
Noviembre 2012	El Salvador insurgente 1811-1821 Centroamérica. César A. Ramírez A.	978-99923-21-86-7
Enero 2012	Situación de la educación superior en El Salvador. Colección Investigaciones n.º 1 Carlos Reynaldo López Nuila	
Febrero 2012	Estado de adaptación integral del estudiante de educación media de El Salvador. Colección Investigaciones n.º 8 Luis Fernando Orantes	
Marzo 2012	Aproximación etnográfica al culto popular del Hermano Macario en Izalco, Sonsonate, El Salvador. Colección Investigaciones n.º 9 José Heriberto Erquicia Cruz	978-99923-21-73-7
Mayo 2012	La televisión como generadora de pautas de conducta en los jóvenes salvadoreños. Colección Investigaciones n.º 10 Edith Ruth Vaquerano de Portillo Domingo Orlando Alfaro Alfaro	
Mayo 2012	Violencia en las franjas infantiles de la televisión salvadoreña y canales infantiles de cable. Colección Investigaciones n.º 11 Camila Calles Minero Morena Azucena Mayorga Tania Pineda	
Junio 2012	Obrajes de añil coloniales de los departamentos de San Vicente y La Paz, El Salvador. Colección Investigaciones n.º 14 José Heriberto Erquicia Cruz	

Diagnóstico de contaminación atmosférica por emisiones diésel
en la zona metropolitana de San Salvador y Santa Tecla.
Cuantificación de contaminantes y calidad de combustibles

Junio 2012	San Benito de Palermo: elementos afrodescendientes en la religiosidad popular en El Salvador. Colección Investigaciones n.º 16 José Heriberto Erquicia Cruz Martha Marielba Herrera Reina	978-99923-21-80-5
Julio 2012	Formación ciudadana en jóvenes y su impacto en el proceso democrático de El Salvador. Colección Investigaciones n.º 17 Saúl Campos	
Julio 2012	Factores que influyen en los estudiantes y que contribuyeron a determinar los resultados de la PAES 2011. Colección Investigaciones n.º 12 Saúl Campos Blanca Ruth Orantes	978-99923-21-79-9
Agosto 2012	Turismo como estrategia de desarrollo local. Caso San Esteban Catarina. Colección Investigaciones n.º 18 Carolina Elizabeth Cerna Larissa Guadalupe Martín José Manuel Bonilla Alvarado	
Agosto 2012	Conformación de clúster de turismo como prueba piloto en el municipio de Nahuizalco. Colección Investigaciones n.º 19 Blanca Ruth Gálvez García Rosa Patricia Vásquez de Alfaro Juan Carlos Cerna Aguiñada Óscar Armando Melgar.	
Septiembre 2012	Mujer y remesas: administración de las remesas. Colección Investigaciones n.º 15 Elsa Ramos	978-99923-21-81-2
Octubre 2012	Responsabilidad legal en el manejo y disposición de desechos sólidos en hospitales de El Salvador. Colección Investigaciones n.º 13 Carolina Lucero Morán	978-99923-21-78-2
Febrero 2013	Estrategias pedagógicas implementadas para estudiantes de Educación Media y el Acoso Escolar (<i>bullying</i>). Colección Investigaciones n.º 25 Ana Sandra Aguilar de Mendoza	978-99923-21-92-8

Marzo 2013	Representatividad y pueblo en las revueltas de principios del siglo XIX en las colonias hispanoamericanas. Héctor Raúl Grenni Montiel	978-99961-21-91-1
Marzo 2013	Estrategias pedagógicas implementadas para estudiantes de educación media. Colección Investigaciones n.º 21 Ana Sandra Aguilar de Mendoza	978-99923-21-92-8
Abril 2013	Construcción, diseño y validez de instrumentos de medición de factores psicosociales de violencia juvenil. Colección Investigaciones José Ricardo Gutiérrez Quintanilla	978-99923-21-95-9
Mayo 2013	Participación política y ciudadana de la mujer en El Salvador. Colección Investigaciones n.º 20 Saúl Campos Morán	978-99923-21-94-2
Mayo 2013	Género y gestión del agua en la mancomunidad La Montañona, Chalatenango, El Salvador. Normando S. Javaloyes Laura Navarro Mantas Ileana Gómez	978-99923-21-99-7
Junio 2013	Libro Utec 2012 Estado del medio ambiente y perspectivas de sostenibilidad. Colección Investigaciones José Ricardo Calles Hernández	978-99961-48-00-2
Julio 2013	Guía básica para la exportación de la flor de loroco desde El Salvador hacia España, a través de las escuelas de hostelería del país vasco. Álvaro Fernández Pérez	978-99961-48-03-3
Agosto 2013	Proyecto Migraciones Nahua-pipiles del Postclásico en la cordillera del Bálsamo. Colección Investigaciones n.º 24 Marlon V. Escamilla William R. Fowler	978-99961-48-07-1
Agosto 2013	Transnacionalización de la sociedad salvadoreña, producto de las migraciones. Colección Investigaciones n.º 25 Elsa Ramos	978-99961-48-08-8

Diagnóstico de contaminación atmosférica por emisiones diésel
en la zona metropolitana de San Salvador y Santa Tecla.
Cuantificación de contaminantes y calidad de combustibles

Septiembre 2013	La regulación jurídico penal de la trata de personas especial referencia a El Salvador y España. Colección Investigaciones Hazel Jasmin Bolaños Vásquez	978-99961-48-10-1
Septiembre 2013	Estrategias de implantación de clúster de turismo en Nahuizalco. Colección Investigaciones n.º 22 Blanca Ruth Gálvez Rivas Rosa Patricia Vásquez de Alfaro Óscar Armando Melgar Nájera	978-99961-48-05-7
Septiembre 2013	Fomento del emprendedurismo a través de la capacitación y asesoría empresarial como apoyo al fortalecimiento del sector de la Mipyme del municipio de Nahuizalco en el departamento de Sonsonate. Diagnóstico de gestión Colección Investigaciones n.º 23 Vilma Elena Flores de Ávila	978-99961-48-06-4
Septiembre 2013	Imaginario y discursos de la herencia afrodescendiente en San Alejo, La Unión, El Salvador. Colección Investigaciones n.º 26 José Heriberto Erquicia Cruz Martha Marielba Herrera Reina Wolfgang Effenberger López	978-9961-48-09-5
Septiembre 2013	Memoria Séptima Semana del Migrante	978-99961-48-11-8
Septiembre 2013	Inventario de las capacidades turísticas del municipio de Chiltiupán, departamento de La Libertad. Colección Investigaciones n.º 33 Lissette Cristalina Canales de Ramírez Carlos Jonatan Chávez Marco Antonio Aguilar Flores	978-99961-48-17-0
Septiembre 2013	Condiciones culturales de los estudiantes de educación media para el aprendizaje del idioma Inglés. Colección Investigaciones n.º 35 Saúl Campos Morán Paola María Navarrete Julio Aníbal Blanco	978-99961-48-22-4
Septiembre 2013	Recopilación Investigativa 2012. Tomo I	978-99923-21-97-3

Septiembre 2013	Recopilación Investigativa 2012. Tomo II	978-99923-21-98-0
Noviembre 2013	Infancia y adolescencia como noticia en El Salvador. Camila Calles Minero	978-99961-48-12-5
Diciembre 2013	Metodología para la recuperación de espacios públicos. Ana Cristina Vidal Vidales Julio César Martínez Rivera	978-99961-48-4-9
Marzo 2014	Participación científica de las mujeres en El Salvador. Primera aproximación. Camila Calles Minero	978-99961-48-15-6
Abril 2014	Mejores prácticas en preparación de alimentos en la micro y pequeña empresa. Colección Investigaciones n.º 29 José Remberto Miranda Mejía	978-99961-48-20-0
Abril 2014	Historias, patrimonios e identidades en el municipio de Huizúcar, La Libertad, El Salvador. Colección Investigaciones n.º 31 José Heriberto Erquicia Martha Marielba Herrera Reina Ariana Ninel Pleitez Quiñonez	978-99961-48-18-7
Abril 2014	Evaluación de factores psicosociales de riesgo y de protección de violencia juvenil en El Salvador. Colección Investigaciones n.º 30 José Ricardo Gutiérrez	978-99961-48-19-4
Abril 2014	Condiciones socioeconómicas y académicas de preparación para la de los estudiantes de educación media. Colección Investigaciones n.º 32 Saúl Campos Paola María Navarrete	978-99961-48-21-7
Mayo 2014	Delitos relacionados con la pornografía de personas menores de 18 años: especial referencia a las tecnologías de la información y la comunicación con medios masivos. Colección Investigaciones n.º 34 Hazel Jasmín Bolaños Miguel Angel Boldova Carlos Fuentes Iglesias	978-99961-48-16-3
Junio 2014	Guía de buenas prácticas en preparación de alimentos en la micro y pequeña empresa	

Diagnóstico de contaminación atmosférica por emisiones diésel
en la zona metropolitana de San Salvador y Santa Tecla.
Cuantificación de contaminantes y calidad de combustibles

Julio 2014	Perfil actual de la persona migrante en El Salvador. Utec-US COMMITTE	978-99961-48-25-5
Septiembre 2014	Técnicas de estudio. Recopilación basada en la experiencia docente. Flavio Castillo	978-99961-48-29-3
Septiembre 2014	Valoración económica del recurso hídrico como un servicio ambiental de las zonas de recarga del río Acelhuate. Colección Investigaciones n.º 36 José Ricardo Calles	978-99961-48-28-6
Septiembre 2014	Migración forzada y violencia criminal una aproximación teórica practica en el contexto actual. Colección Investigaciones n.º 37 Elsa Ramos	978-99961-48-27-9
Septiembre 2014	La prevención del maltrato en la escuela. Experiencia de un programa entre alumnos de educación media. Colección Investigaciones n.º 38 Ana Sandra Aguilar de Mendoza	978-99961-48-26-2
Septiembre 2014	Percepción del derecho a la alimentación en El Salvador. Perspectiva desde la biotecnología. Colección Investigaciones n.º 39 Licda. Carolina Lucero	978-99961-48-32-3
Diciembre 2014	El domo el Guegüecho y la evolución volcánica. San Pedro Perulapán (Departamento de Cuscatlán), El Salvador. Primer Informe. Colección Investigaciones n.º 41 Walter Hernández Guillermo E. Alvarado Brian Jicha Luis Mixco	978-99961-48-34-7
Enero 2015	Publicidad y violencia de género en El Salvador. Colección Investigaciones n.º 40 Camila Calles Minero Francisca Guerrero Morena L. Azucena Hazel Bolaños	978-99961-48-35-4

Marzo 2015	Imaginario colectivo, movimientos juveniles y cultura ciudadana juvenil en El Salvador. Colección Investigaciones n.º 42 Saúl Campos Morán Paola María Navarrete Carlos Felipe Osegueda	978-99961-48-37-8
Mayo 2015	Estudio de buenas prácticas en clínica de psicología. Caso Utec. Colección Investigaciones n.º 44 Edgardo Chacón Andrade Sandra Beatriz de Hasbún Claudia Membreño Chacón	978-99961-48-40-8
Junio 2015	Modelo de reactivación y desarrollo para cascos urbanos. Colección Investigaciones n.º 48 Coralía Rosalía Muñoz Márquez	978-99961-48-41-5
Junio 2015	Niñas, niños, adolescentes y mujeres en la ruta del migrante. Colección Investigaciones n.º 54 Elsa Ramos	978-99961-48-46-0
Julio 2015	Historia, patrimonio e identidades en el Municipio de Comasagua, La Libertad, El Salvador. Colección Investigaciones n.º 49 José Heriberto Erquicia Cruz Martha Marielba Herrera Reina	978-99961-48-42-2
Agosto 2015	Evaluación del sistema integrado de escuela inclusiva de tiempo pleno implementado por el Ministerio de Educación de El Salvador. (Estudio de las comunidades educativas del municipio de Zaragoza del departamento de La Libertad). Colección Investigaciones n.º 43 Mercedes Carolina Pinto Benítez Julio Aníbal Blanco Escobar Guillermo Alberto Cortez Arévalo Wilfredo Alfonso Marroquín Jiménez Luis Horaldo Romero Martínez	978-99961-48-43-9
Agosto 2015	Aplicación de una función dosis-respuesta para determinar los costos sociales de la contaminación hídrica en la microcuenca del Río Las Cañas, San Salvador, El Salvador. Colección Investigaciones n.º 45 José Ricardo Calles Hernández	978-99961-48-45-3

Diagnóstico de contaminación atmosférica por emisiones diésel
en la zona metropolitana de San Salvador y Santa Tecla.
Cuantificación de contaminantes y calidad de combustibles

Octubre 2015	El derecho humano al agua en El Salvador y su impacto en el sistema hídrico. Colección Investigaciones n.º 50 Sandra Elizabeth Majano Carolina Lucero Morán Dagoberto Arévalo Herrera	978-99961-48-49-1
Octubre 2015	Análisis del tratamiento actual de las lámparas fluorescentes, nivel de contaminantes y disposición final. Colección Investigaciones n.º 53 José Remberto Miranda Mejía Samuel Martínez Gómez John Figerald Kenedy Hernández Miranda	978-99961-48-48-4
Noviembre 2015	El contexto familiar asociado al comportamiento agresivo en adolescentes de San Salvador. Colección Investigaciones n.º 52 José Ricardo Gutiérrez Quintanilla Delmi García Díaz María Elisabet Campos Tomasino	978-99961-48-52-1
Noviembre 2015	Práctica de prevención del abuso sexual a través del funcionamiento familiar. Colección Investigaciones n.º 55 Ana Sandra Aguilar de Mendoza María Elena Peña Jeé Manuel Andreu Ivett Idayary Camacho	978-99961-48-53-8
Diciembre 2015	Problemas educativos en escuelas de Cojutepeque contados por los profesores y profesoras. Escuela de Antropología. Julio Martínez	
Febrero 2016	Desplazamiento interno forzado y su relación con la migración internacional. Colección Investigaciones n.º 56 Elsa Ramos	978-99961-48-56-9
Marzo 2016	Monografía Cultural y socioeconómica del cantón Los Planes de Renderos. Colección Investigaciones n.º 57 Saúl Campos Paola Navarrete Carlos Osegueda Julio Blanco Melissa Campos	978-99961-48-60-6

Abril 2016	Modelo de vivienda urbana sostenible. Colección Investigaciones n.º 58 Coralia Rosalía Muñoz Márquez	978-99961-48-61-3
Mayo 2016	Recopilación de Investigaciones en Tecnología 2016: Colección Investigaciones n.º 59 Internet de las cosas: Diseño e implementación de prototipo electrónico para el monitoreo vía internet de sistemas de generación fotovoltaico. Omar Otoniel Flores Cortez German Antonio Rosa Implementación de un entorno de aprendizaje virtual integrando herramientas de <i>E-learning</i> y CMS. Marvin Elenilson Hernández Carlos Aguirre <i>Big data</i> , análisis de datos en la nube. José Guillermo Rivera Verónica Idalia Rosa Urrutia	978-99961-48-62-0
Julio 2016	Aplicación de buenas prácticas de negocio (pequeña y mediana empresa de los municipios de San Salvador, Santa Tecla y Soyapango en El Salvador.) Colección Investigaciones n.º 46 Vilma de Ávila	978-99961-48-44-6
Julio 2016	Afectaciones psicológicas en estudiantes de instituciones educativas públicas ubicadas en zonas pandilleriles. Colección Investigaciones n.º 60 Edgardo R. Chacón Manuel A. Olivar Robert David MacQuaid Marlon E. Lobos Rivera	978-99961-48-67-5
Octubre 2016	Los efectos cognitivos y emocionales presentes en los niños y las niñas que sufren violencia intrafamiliar. Colección Investigaciones n.º 61 Ana Sandra Aguilar Mendoza	978-99961-48-69-9
Noviembre 2016	Historia, patrimonio e identidad en el municipio Puerto de La Libertad, El Salvador. Colección Investigaciones n.º 62 José Heriberto Erquicia Cruz Paola María Navarrete Gálvez	978-99961-48-70-5

Diagnóstico de contaminación atmosférica por emisiones diésel
en la zona metropolitana de San Salvador y Santa Tecla.
Cuantificación de contaminantes y calidad de combustibles

Febrero 2017	El comportamiento agresivo al conducir asociado a factores psicosociales en los conductores salvadoreños. Colección Investigaciones n.º 63 José Ricardo Gutiérrez Quintanilla Óscar Williams Martínez Marlon Elías Lobos Rivera	978-99961-48-72-9
Marzo 2017	Relaciones interétnicas: afrodescendientes en Centroamérica. Colección Investigaciones n.º 64 José Heriberto Erquicia Rina Cáceres	978-9961-48-73-6



Este libro se terminó de imprimir
en el mes de abril de 2017
en los talleres de Tecnoimpresos, S.A. de C.V.
19ª. Av. Norte N.º 125,
ciudad de San Salvador, El Salvador, C.A.

Las emisiones diésel en El Salvador no están reguladas por ninguna instancia que controle su cantidad, sus componentes y a los generadores de las mismas. Los vehículos de transporte colectivo y privado agregan a la atmósfera gran cantidad de contaminantes producto de sus emisiones al utilizar determinados combustibles. Esta investigación analizó las emisiones por diésel, las cuales están catalogadas como contaminantes atmosféricos con efectos carcinógenos, mutágenos y tóxicos. Se realizaron tomas de muestra de las emisiones de vehículos en diversos puntos de las ciudades de San Salvador y Santa Tecla, se estudió el hollín emitido por los motores diésel y se examinaron combustibles en varias gasolineras del país.

La Colección Investigaciones tiene el objetivo de evidenciar el trabajo científico de la Universidad Tecnológica de El Salvador ante la comunidad científica nacional e internacional, y la sociedad.

No hay enseñanza sin investigación ni investigación sin enseñanza

Pablo Freire



Vicerrectoría de Investigación y Proyección Social

Calle Arce y 19ª avenida Sur n.º 1045, edificio *Dr. José Adolfo Araujo Romagoza*,
San Salvador, El Salvador, (503) 2275 1013 / 2275 11