

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA



**CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO EN FUENTES FIJAS Y FUENTES
MÓVILES, DURANTE EL PROCESO PRODUCTIVO DE UNA EMPRESA
CONCRETERA EN EL SALVADOR.**

TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR

KATHERIN JUDITH ABARCA MEJIA

RHINA YAMILETH AYALA PAIZ

PARA OPTAR AL GRADO DE
LICENCIADA EN QUIMICA Y FARMACIA

SEPTIEMBRE 2014

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

SECRETARIA GENERAL

DRA. ANA LETICIA ZA VALETA DE AMAYA

FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA

DECANA

LIC. ANABEL LOURDES AYALA DE SORIANO

SECRETARIO

LIC. FRANCISCO REMBERTO MIXCO LOPEZ

COMITE DE TRABAJOS DE GRADUACION

DIRECTORA GENERAL

Lic. María Concepción Odette Rauda Acevedo

ASESORA DE AREA DE GESTION AMBIENTAL: CALIDAD AMBIENTAL

MSc. Cecilia Haydee Gallardo de Velásquez.

**ASESORA DE AREA DE APROVECHAMIENTO DE RECURSOS
NATURALES**

MSc. Sonia Maricela Lemus Martínez.

DOCENTES DIRECTORES

Licda. Sandra Guadalupe Peraza de Ramírez

Lic. Guillermo Antonio Castillo Ruiz

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por habernos acompañado y guiado a lo largo de nuestra carrera, por ser nuestra fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarnos una vida llena de aprendizaje, experiencias y sobre todo felicidad.

A la Empresa, por la apertura y confianza proporcionada para el desarrollo de la investigación y por facilitarnos los recursos y herramientas para su ejecución.

A nuestras Familias, por el apoyo incondicional desde el inicio de este sueño que hoy concluimos con satisfacción; por celebrar nuestros momentos de victoria y alentarnos en las dificultades, la palabra gracias se queda corta.

A nuestros Docentes Directores, por ser nuestros consejeros y guías para culminar este proyecto con éxito.

A nuestras Asesoras de Área y Directora general, por la dedicación brindada en cada una de sus asesorías para completar este trabajo.

A nuestros amigos, por estar siempre en el momento justo.

Katherin y Rhina

DEDICATORIA

Primeramente a Dios, EL GRAN YO SOY, el dueño de mi vida por guiarme desde el primer día, por todas las dificultades que con su ayuda logre superar, las bendiciones que me dio, y por poner a las personas indicadas en los momentos indicados, por darme paciencia y sabiduría para poder terminar este reto, esta meta, esta bendición, cada día que viví durante estos años que me hicieron ser la persona que soy, por ello le dedico a mi padre celestial esta gran bendición.

A mis papi JULIO DIMAS ABARCA CARRANZA y a mi mami MARIA GUADALUPE MEJIA DE ABARCA, por ayudarme cuando ya no podía, cuando me quebrante fueron los que me alentaron a seguir, en las derrotas dieron una esperanza a mi corazón para no rendirme, por darme el arma para luchar para toda la vida, esta es la MEJOR HERENCIA que pudieron dejarme y nunca olvidare los consejos, que me hicieron llegar hasta acá.

Dedico esta bendición a todas las personas que conocí en este camino aquellas que me apoyaron y ya no están a mi lado por circunstancias especiales que nunca me dejaron y me alentaron a continuar, que a pesar de mi decepción hicieron de mi vida una alegría y siempre se mostraron orgullosos de mi, esas personas que amo y nunca olvidare por los momentos de alegría y las situaciones no tan agradables que hicieron de mi una persona mejor.

A mis amigos en especial a mi compañera y gran amiga Rhina Paiz por sus consejos y locuras por ayudarme cuando no entendía y terminar conmigo este sueño y por todos los momentos llenos de alegría que viví con ella.

Katherin Judith Abarca Mejia

DEDICATORIA

Primeramente a Dios, por brindarme el don de la Ciencia y la Sabiduría, por llenar de bendiciones este camino y guiarme hasta mí meta.

En especial este trabajo te lo dedico mamá: Rhina de Ayala (Q.E.P.D.), todo lo que soy es gracias a tu esfuerzo y amor que me brindaste durante tu vida; el camino no ha sido fácil sin ti pero tu recuerdo me lleno de fuerzas para llegar hasta donde estoy hoy, todo es por y para ti.

Para mi papá Mario Ayala este triunfo también es tuyo. Para mi hermano: Mario Ernesto Ayala esto también es para ti por tu apoyo incondicional, no imagino celebrar este triunfo sin ustedes.

Kathy, conocerte fue una de las mejores bendiciones que he tenido; dicen q los amigos son la familia que uno escoge, más que mi amiga eres mi hermana y esto es para ti también, gracias por estar incondicionalmente siempre. Y a tu familia por apoyarnos en nuestros días de madrugadas y noches de desvelos.

Para mis incondicionales de siempre: Amanda, Fátima, Alisson, gracias por darme siempre una palabra de aliento cuando la necesitaba

Para esos buenísimos docentes que se merecen mi respeto y admiración, gracias por compartir sus conocimientos, tiempo y amistad: Lic. Guillermo Castillo, Lic. Ramón Murcia, Licda. Cecilia Monterrosa.

Con todo mi cariño para ustedes.

Rhina Yamileth Ayala Paiz

INDICE

Pág.

RESUMEN

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

xix

CAPITULO II

2.0 OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

2.2 Objetivo Específico

CAPITULO III

3.0 MARCO TEÓRICO

3.1 Aire	23
3.2 Contaminación del aire	28
3.3 Smog	30
3.4 Fuentes generadora de contaminación	34
3.5 Diesel como combustible	36
3.6 Principales contaminantes del aire	38
3.7 Dióxido de azufre	39
3.8 Dióxido de nitrógeno	42
3.9 Dióxido de carbono	47
3.10 Monóxido de carbono	51
3.11 Marco Legal	53
3.12 Métodos para la cuantificación de emisión de gases.	58

CAPITULO IV

4.0 DISEÑO METODOLOGICO

4.1 Tipo de estudio	67
4.2 Investigación bibliográfica	67
4.3 Investigación de campo	68
4.4 Universo y muestra	70
4.5 Parte experimental	70
4.5.1 Procedimiento de toma de muestra con tubos reactivos para CO ₂ , CO, SO ₂ y NO _x	70
4.5.2 Verificación de reproducibilidad del método	71

CAPITULO V

5.0 RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

5.1 Resultados obtenidos de medición de gases en cada fuente móvil	77
5.1.1 Resultados promedios de la cuantificación de emisión de Dióxido de carbono (CO ₂) de las fuentes móviles comparados con las normas	82
5.1.2 Resultados promedios de la cuantificación de emisión de Monóxido de Carbono (CO) de las fuentes móviles comparados con las normas	83
5.1.3 Resultados promedios de la cuantificación de emisión de Dióxido de azufre (SO ₂) de las fuentes móviles comparados con las normas	84
5.1.4 Resultados promedios de la cuantificación de emisión de Gases de Nitrógeno (NO _x) de las fuentes móviles comparados con las normas	85

5.2 Resultados obtenidos de medición de gases en cada fuente fija.	86
5.2.1 Resultados promedios de la cuantificación de emisión de gases de las fuentes fijas, comparado con las normas	87
5.3 Calculo de huella de carbono	89
5.3.1 Concentraciones de CO ₂ y CO emitidas por fuentes móviles en 10 horas diarias	90
5.3.2 Concentraciones de CO ₂ y CO según 10 horas labora al día en fuentes fijas	91
CAPITULO VI	
6.0 CONCLUSIONES	95
CAPITULO VII	
7.0 RECOMENDACIONES	98
BIBLIOGRAFIA	
GLOSARIO	
ANEXOS	

INDICE DE ANEXOS

ANEXO N°

1. Tubos Dräger de corta duración que se utilizaran en la realización de los análisis de los diferentes gases.
2. Situación geográfica de los diferentes planteles de la empresa productora de concreto en donde se llevara a cabo la realización de los análisis de los diferentes gases.
3. Fuentes fijas y Fuentes móviles a los que se les cuantificará los diferentes tipos de gases.
4. Hoja de Permiso de Trabajo.
5. Verificación de tiempos para la toma de muestra de emisiones de gases.
6. Recolector de Datos.
7. Esquema del procedimiento de la toma de muestra.
8. Técnica de medición con tubos Dräger.
9. Normas estándares.
10. Fotos de evidencia en el momento que se efectuaron los análisis
11. Informe a la Empresa Concretera.

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO Nº	Nº Pág.
1. Composición de la atmósfera libre de vapor de agua por volumen.	28
2. Compuestos orgánicos del smog	32
3. Especificaciones físico químicos básicos de SO ₂	41
4. Especificaciones físico químicos básicos de NO ₂	46
5. Efectos del CO	53
6. Objetivos Nacionales de Calidad del Aire Ambiente de Canadá O. Reg. 153/04	55
7. Norma Oficial Mexicana para las concentraciones atmosféricas de contaminantes específicos. NOM-022-SSA1-1993	56
8. Normas sobre calidad del aire ambiente en EU-EPA (NAAQS)	57
9. Límites máximos permisibles para la elaboración de Cemento	58
10. Límites máximos permisibles para generadores termoeléctricos con turbinas a vapor y/o con gases de escape en funcionamiento	59

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA Nº	Nº Pág.
1. Datos de reproducibilidad de método y tiempos de Muestreo	73
2. Resultados obtenidos de medición de gases en cada fuente móvil	78
3. Promedio de cuantificación de emisiones de Dióxido de Azufre	80
4. Ejemplo de cálculo de la Desviación Estándar de SO ₂ para fuentes móviles	81
5. Resultados promedios de la cuantificación de emisión de Dióxido de carbono (CO ₂) de las fuentes móviles comparados con las norma de OSHA	83
6. Resultados promedios de la cuantificación de emisión de Monóxido de Carbono (CO) de las fuentes móviles comparados con las normas de México. Canadá y Estados Unidos (EPA)	84
7. Resultados promedios de la cuantificación de emisión de Dióxido de azufre(SO ₂) de las fuentes móviles comparados con las normas de México. Canadá y Estados Unidos (EPA)	85
8. Resultados promedios de la cuantificación de emisión de Gases de Nitrógeno (NO _x) de las fuentes móviles comparados con las normas de México. Canadá y Estados Unidos (EPA)	86
9. Resultados obtenidos de medición de gases en cada fuente fija	87

10. Resultados promedios de la cuantificación de emisión de gases de las fuentes fijas, comparado con las normas de Estados Unidos (OSHA) y la Propuesta de NSO 13.11.02:11	88
11. Concentraciones de CO ₂ y CO emitidas por fuentes móviles en 10 horas diarias	91
12. Concentraciones de CO ₂ y CO según 10 horas labora al día en fuentes fijas	92

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N°	N° Pág
1. La tierra y su atmosfera	27
2. Contaminación producida por Smog	33
3. Visibilidad del Smog	34
4. Composición de gases de escapes	37
5. Tubo indicador sin pre-capas	64
6. Tubo indicador con una pre-capa	64

ABREVIATURAS

Bo: Bombas impulsadoras de concreto

Bl: Blower.

Ca: Camión.

Cr: Cargadores.

CVP: Ciclo de Vida del Proceso.

cm³: Centímetros cúbicos

EPA: Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental)

EQ: Equipo.

Ge: Generadores.

GEI: Gases de Efecto Invernadero.

Kg: Kilogramo.

kWh: Kilo whats por hora.

NAAQS: National Ambient Air Quality Standars. (Estandares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire)

NOM: Normativa Obligatoria Mexicana.

NSO: Normativa Salvadoreña Obligatoria.

OSHA: Occupational Safety and Health Administration (Administración de Seguridad y Salud Ocupacional).

UV: Ultra Violeta

RESUMEN

Uno de los principales problemas que sufre El Salvador es la contaminación del aire ubicándolo entre uno de los países con mayores niveles, en la región; además el país carece de una legislación ambiental que regule la emisión de gases contaminantes que contribuyen con el efecto invernadero. A simple vista nos damos cuenta de la falta de conciencia entre la población y de las entidades privadas y gubernamentales para corregir esta situación. Por lo que con la presente investigación se establece una línea base de aporte a la contaminación emitida por la empresa productora de concreto. Para ello se midieron las concentraciones de: Dióxido de carbono (CO_2), Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Azufre (SO_2), Gases Nitrosos (NO_x); con los datos obtenidos se calculó la Huella de Carbono en fuentes fijas y fuentes móviles durante el proceso productivo de la empresa. Debido a que la Norma Salvadoreña Obligatoria (NSO) para fuentes móviles de nuestro país carece de límites específicos para los gases en evaluación se decidió comparar estos resultados con las Normativas de: Canadá: O. Reg 153/04, México: NOM-022-SSA1-1993, Estados Unidos (OSHA y EPA) y para fuentes fijas se utilizaron: La Propuesta de Norma Salvadoreña 13.11.02:11 y La Normativa de Estados Unidos (OSHA)

Posteriormente se realizó un diagnóstico de los tiempos de emisión de gases en fuentes fijas y fuentes móviles, con el fin de verificar las condiciones de trabajo. Finalmente el análisis se efectuó a 9 Fuentes fijas y 50 fuentes móviles, en los diferentes planteles de la empresa ubicados en Chanmico, Santa Tecla, San Andrés y San Miguel.

La medición de las emisiones de los gases se efectuó por medio de la lectura directa con tubos Dräger de corta duración. El diseño de los tubos para mediciones de corta duración depende del correspondiente tipo de medición,

especialmente de la sustancia a medir así como el margen de concentración a determinar.

Los resultados obtenidos en las mediciones de los gases CO₂, CO, SO₂ y NO_x, en las fuentes móviles al compararlos sobrepasaron los niveles establecidos por las normas mencionadas anteriormente y que se tomaron como referencia para este análisis. En las fuentes fijas los resultados de las emisiones de CO, SO₂ y NO_x se encontraron dentro de los parámetros de la propuesta de NSO 13.11.02:11; mientras que el CO₂ sobrepasa los niveles establecidos por la normativa de Estados Unidos (OSHA)

Con los valores obtenidos de CO y CO₂ en las mediciones se calculó una línea base de la Huella de Carbono que permitirá a futuro hacer intervenciones de reducción de estos gases; ya que a medida se disminuye el valor de Huella de Carbono también se contribuye a la disminución del nivel de contaminación atmosférica evitando que aporte al efecto invernadero.

Al concluir esta investigación se recomienda la actualización de la normativa que actualmente tiene el país para regular las emisiones por fuentes móviles y al mismo tiempo la aprobación de la actual propuesta de NSO 13.11.02:11 sobre Emisiones Atmosféricas Fuentes Fijas Puntuales y que el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales vele por el fiel cumplimiento de estas leyes; a su vez que la empresa concretera realice las acciones necesarias para disminuir la Huella de Carbono que genera al producir concreto, partiendo de la línea base que esta investigación proporcionó.

CAPITULO I
INTRODUCCIÓN

1.0 INTRODUCCION

En la presente investigación se pretendió cuantificar CO_2 , CO , SO_2 y NO_x , gases que generan gran daño al medio ambiente por medio de tubos reactivos Dräger de corta duración estimado para cada gas a estudiar. Estos gases son emitidos las fuentes fijas y móviles, de una empresa generadora de concreto; para lo cual fue necesario efectuar las mediciones de las emisiones de los contaminantes (CO_2 , CO , SO_2 y NO_x) en los escapes de dichos camiones durante la operación de mezclado del concreto; los resultados obtenidos fueron concentraciones de los contaminantes a estudiar que se generan por la combustión del diesel en los camiones mezcladores; estos valores fueron comparados con las normativas de Canadá, México, Estados Unidos (EPA y OSHA) y la propuesta de Normativa Salvadoreña Obligatoria NSO: 13.11.02:11, donde expresa los límites permitidos en el aire de las emisiones vehiculares; esto debido a que nuestro país carece de una norma que regule la concentración de los contaminantes a estudiar emitidos por los vehículos que utilizan diesel como combustible para fuentes móviles .

Otro de los datos importantes que se destacaron fue la “Huella de carbono” término usado para describir la cantidad de emisiones de gas de efecto invernadero (GEI) causadas por una actividad particular, y por lo tanto una forma para evaluar su contribución al cambio climático. Entender estas emisiones y de dónde vienen, es necesario para reducirlos. El suministro de emisiones de GEI de la medición de huella de carbón incluye al total de los procesos de producción de concreto por la empresa.

Existen muchas fuentes de emisión de contaminantes pero en las zonas urbanas son las fuentes móviles y las fuentes fijas las que contribuyen al deterioro de la calidad del aire.

El tipo de estudio que se realizó fue de campo y transversal, ya que se estudió el fenómeno en su ambiente y se realizó en un periodo de tiempo puntual. El estudio pretendía verificar si las emisiones de las fuentes fijas y móviles representaban un riesgo para el medio ambiente

La metodología experimental a seguir consistió en el uso de tubos reactivos, que son columnas de vidrio pre-empacadas con un reactivo que es sensible a un contaminante en específico, estas se adaptaron a una bomba de aire y luego de realizadas las emboladas necesarias se pudo determinar la presencia del gas contaminante por el cambio de color en el reactivo que contiene el tubo y a través de una escala inserta que mide en el mismo la concentración del gas en el ambiente en un periodo corto de tiempo.

Para el cálculo de la huella de carbono se tomaron en cuenta solamente los resultados obtenidos en la cuantificación de CO y CO₂ obtenido en el proceso productivo de elaboración de concreto, calculándose esta aritméticamente.

Todo esto lo realizamos durante el periodo comprendido entre los meses de enero- agosto del año 2013.

CAPITULO II

OBJETIVOS

1.0 OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL:

Calcular la Huella de Carbono en Fuentes Fijas y Fuentes Móviles, durante el proceso productivo de una empresa concretera en El Salvador.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- 1.2.1 Realizar un diagnostico de los tiempos de emisión de gases en fuentes fijas y fuentes móviles en los diferentes planteles de la empresa concretera, para verificar condiciones de trabajo.
- 1.2.2 Cuantificar las concentraciones de CO₂, CO, SO₂ y NO_x en fuentes fijas y fuentes móviles
- 1.2.3 Comparar los resultados obtenidos de fuentes móviles con las Normativas de Canadá: O. Reg. 153/04, México: NOM-022-SSA1-1993, Estados Unidos (OSHA y EPA) y para fuentes fijas con la Propuesta de Normativa Salvadoreña NSO 13.11.02:11 y de Estados Unidos (OSHA)
- 1.2.4 Calcular la Huella de Carbono en base a los resultados obtenidos en la cuantificación de CO₂ y CO.
- 1.2.5 Presentar el documento terminado a la empresa concretera.

CAPITULO III
MARCO TEORICO

3.0 MARCO TEORICO

3.1 Aire

Generalidades ⁽¹⁴⁾

Se denomina aire a la mezcla de gases que constituye la atmósfera terrestre, que permanecen alrededor del planeta Tierra por acción de la fuerza de gravedad, siendo este esencial para la vida en el planeta.

En proporciones ligeramente variables, el aire se encuentra compuesto por: nitrógeno (78%), oxígeno (21%), vapor de agua (0-7%), ozono, dióxido de carbono, hidrógeno y gases nobles como criptón y argón; es decir, 1% de otras sustancias. Los porcentajes indicados expresan fracción en volumen, prácticamente igual a la fracción molar. Además podemos decir que es el más flamante indicador de la vida humana y animal, ya que su ausencia, imposibilita respirar, significando la muerte de personas y animales. ^[1]

Propiedades del aire

Según la altitud, la temperatura y la composición del aire la atmósfera terrestre se divide en cuatro capas: troposfera, estratosfera, mesosfera y termosfera. A mayor altitud disminuye la presión y el peso del aire. Las porciones más importantes para análisis de la contaminación atmosférica son las dos capas cercanas a la Tierra: la troposfera y la estratosfera. El aire de la troposfera interviene en la respiración. Por volumen está compuesto, aproximadamente, por 78,08% de nitrógeno (N_2), 20,94% de oxígeno (O_2), 0,035% de dióxido de carbono (CO_2) y 0,93% de gases inertes, como argón y neón.

En esta capa, de 7 km de altura en los polos y 16 km en los trópicos, se encuentran las nubes y casi todo el vapor de agua. En ella se generan todos los fenómenos atmosféricos que originan el clima. Más arriba, aproximadamente a

25 kilómetros de altura, en la estratosfera, se encuentra la capa de ozono, que protege a la Tierra de los rayos ultravioleta(UV). En relación con esto vale la pena recordar que, en términos generales, un contaminante es una sustancia que está «fuera de lugar», y que un buen ejemplo de ello puede ser el caso del ozono (O_3). Cuando este gas se encuentra en el aire que se respira, es decir bajo los 25 kilómetros de altura habituales, es contaminante y constituye un poderoso antiséptico que ejerce un efecto dañino para la salud, por lo cual en esas circunstancias se le conoce como ozono troposférico u ozono malo. Sin embargo, el mismo gas, cuando está en la estratosfera, forma la capa que protege de los rayos ultravioleta del Sol a todos los seres vivos (vida) de la Tierra, por lo cual se le identifica como ozono bueno.

Composición del aire

El aire está compuesto principalmente por nitrógeno, oxígeno y argón. El resto de los componentes, entre los cuales se encuentran los gases de efecto invernadero, son vapor de agua, dióxido de carbono, metano, óxido nítrico, ozono, entre otros. En pequeñas cantidades pueden existir sustancias de otro tipo: polvo, polen, esporas y ceniza volcánica. También son detectables, gases vertidos a la atmósfera en calidad de contaminantes, como cloro y sus compuestos, flúor, mercurio y compuestos de azufre.

La Atmósfera que rodea a la Tierra comprende las siguientes capas o regiones:

- Troposfera: es la capa inferior (más próxima a la superficie terrestre) de la atmósfera de la Tierra. A medida que se sube, disminuye la temperatura en la troposfera.

En la troposfera suceden los fenómenos que componen lo que llamamos tiempo. Alcanza una altura media de 12 km, así como de 7km en los polos, en la troposfera además se encuentra en el aire polvo, humo y vapores de agua.

- Estratosfera: La estratosfera es la segunda capa de la atmósfera de la Tierra. A medida que se sube, la temperatura en la estratosfera aumenta. El ozono provoca que la temperatura suba ya que absorbe la luz peligrosa del sol y la convierte en calor. Se extiende de los 12 a los 50km de altura; en su capa superior (entre los 20 y los 50km) contiene gran cantidad de Ozono (O_3), el cual es de enorme importancia para la vida en la tierra por que absorbe la mayor parte de los Rayos ultravioleta del Sol.

- Mesosfera : La mesosfera es la tercera capa de la atmósfera de la Tierra. La temperatura disminuye a medida que se sube, como sucede en la troposfera. Puede llegar a ser hasta de $-90^{\circ} C$. La mesosfera empieza después de la estratosfera. A veces, se puede distinguir la mesosfera en la orilla de un planeta (como la banda azul en extremo derecho de la fotografía). Se sitúa entre los 50 y los 100km de altitud; su temperatura media es de $10^{\circ} C$; en ella los Meteoritos adquieren altas temperaturas y en su gran mayoría se volatilizan y consumen.

- Termosfera es la cuarta capa de la atmósfera de la Tierra. Se encuentra arriba de la mesosfera; a esta altura, el aire es muy tenue y la temperatura cambia con la actividad solar. Si el sol está activo, las temperaturas en la termosfera pueden llegar a $1,500^{\circ} C$ y ¡hasta más altas! .La termosfera de la Tierra también incluye la región llamada Ionosfera. Esta capa empieza después de los 100km. Y va desapareciendo gradualmente hasta los 500km de altura. En esta región, constituida por oxígeno (O_2), la temperatura aumenta hasta los $1000^{\circ} C$; los rayos X y ultravioleta del Sol ionizan el aire enrarecido, produciendo Átomos y Moléculas cargados eléctricamente (que reciben el nombre de Iones) y electrones libres.

- Exosfera: Es la última capa de la atmósfera de la Tierra. Esta es el área donde los átomos se escapan hacia el espacio. La fotografía muestra la Tierra, su atmósfera (es muy probable que las nubes sean de la troposfera y de la estratosfera), el borde del planeta (la curva azul oscuro y la orilla que corresponden a la mesosfera y la termosfera), todo eso terminado por la exosfera (del azul más oscuro a negro) que se continúa en el espacio. Esta capa comienza a 500km. de altura y extiende más allá de los 1000km; está formada por una capa de helio y otra de hidrógeno. Después de esa capa se halla una enorme banda de radiaciones (conocida como Magnetosfera) que se extiende hasta unos 55000km de altura, aunque no constituye propiamente un estrato atmosférico.



Figura N° 1 Imagen de la tierra y su atmosfera.

Cuadro N° 1: Composición de la atmósfera libre de vapor de agua, por Volumen ⁽¹⁷⁾

Gas	Volumen (%)
Nitrógeno (N ₂)	78,084
Oxígeno (O ₂)	20,946
Argón (Ar)	0,9340
Dióxido de carbono (CO ₂)	0,035
Neón (Ne)	0,001818
Helio (He)	0,000524
Metano (CH ₄)	0,000179
Kriptón (Kr)	0,000114
Hidrógeno (H ₂)	0,000055
Óxido nitroso (N ₂ O)	0,00003
Monóxido de carbono (CO)	0,00001
Xenón (Xe)	0,000009
Ozono (O ₃)	0 a 7×10 ⁻⁶
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	0,000002

Propiedades físicas del aire ⁽⁶⁾

- Es de menor peso que el agua.
- Es de menor densidad que el agua.
- Tiene Volumen indefinido.
- No existe en el vacío, es incoloro, inodoro e insípido.

Propiedades químicas del aire ⁽⁶⁾

- Reacciona con la temperatura condensándose en hielo a bajas temperaturas y produce corrientes de aire. Está compuesto por varios elementos entre ellos el oxígeno (O₂) y el dióxido de carbono elementos básicos para la vida

- Importancia: El aire es indispensable para la vida de los seres vivos: plantas, animales y los seres humanos. Además permite que vuelen los aviones, ayuda a la navegación y puede producir energía (Energía Eólica).

3.2 Contaminación del aire ⁽⁸⁾

Es la que se produce por la emisión de sustancias tóxicas. La contaminación del aire puede causar trastornos tales como ardor en los ojos y en la nariz, irritación y picazón de la garganta, así como problemas respiratorios. Bajo determinadas circunstancias, algunas sustancias químicas que se hallan en el aire contaminado pueden producir cáncer, malformaciones congénitas, daños cerebrales y trastornos del sistema nervioso, así como lesiones pulmonares y de las vías respiratorias, ciertos contaminantes del aire son sumamente peligrosos y pueden causar serios trastornos e incluso la muerte, en determinado nivel de concentración y después de cierto tiempo de exposición

La polución del aire también provoca daños en el medio ambiente, habiendo afectado la flora arbórea, la fauna y los lagos.

También ha reducido el espesor de la capa de ozono. Además, produce el deterioro de edificios, monumentos, estatuas y otras estructuras.

La contaminación del aire también es causante de neblina, la cual reduce la visibilidad en los parques nacionales y otros lugares, en ocasiones, constituye un obstáculo para la aviación.

La contaminación ambiental es uno de los problemas ambientales producidos por las actividades del hombre. Las causas que originan esta contaminación son diversas, pero el mayor índice es provocado por las actividades industriales, comerciales, domésticas y agropecuarias. Los principales contaminantes del aire se clasifican en:

- Primarios: Son los que permanecen en la atmósfera tal y como fueron emitidos por la fuente. Para fines de evaluación de la calidad del aire se consideran: óxidos de azufre, monóxido de carbono, óxido de nitrógeno, hidrocarburos y partículas.
- Secundarios: Son los que han estado sujetos a cambios químicos, o bien, son el producto de la reacción de dos o más contaminantes primarios en la atmósfera. Entre ellos destacan oxidantes Fotoquímicos y algunos radicales de corta existencia como el ozono (O₃).

Ejemplos de contaminación son: la combustión industrial y doméstica del carbón, combustóleo y diesel; procesos industriales; incendios; Erosión eólica y Erupciones volcánicas. En general los principales contaminantes como: Monóxido de carbono, Ozono, Dióxido de Nitrógeno, Dióxido de Azufre, Hidrocarburos, plomo, y otros provocan demasiados problemas

Efectos principales que provoca la contaminación ⁽⁸⁾

Salud: Irritación en las vías respiratorias, su acumulación en los Pulmones origina enfermedades como Silicosis y la Asbestosis. Agravan el Asma y las Enfermedades cardiovasculares.

Materiales: Deterioro en materiales de Construcción y otras superficies.

Vegetación: Interfieren en la Fotosíntesis.

Otros: Disminuyen la visibilidad y provocan la formación de Nubes.

3.3 Smog⁽¹⁾

En algunas grandes ciudades, debido al alto nivel de contaminación que estas sufren nos encontramos con un fenómeno denominado "smog". Esta denominación proviene del inglés al unir las palabras smoke: humo y fog: niebla. Este término se usa para denominar la contaminación atmosférica que sufren algunas ciudades debido al resultado de combinar ciertas condiciones atmosféricas y unos contaminantes atmosféricos concretos. Esta niebla densa y oscurecida "smog", es una mezcla de niebla, humo y vapores que provienen de productos químicos.

Es un tipo de polución atmosférica con concentraciones de óxido de sulfuro y de nitrógeno, hidrocarburos y millones de partículas de plomo, manganeso, cobre, níquel, cinc y carbón. Todos estos gases provienen de las industrias, de los automóviles e incluso de los hogares como resultado de procesos de combustión. En la actualidad se identifican dos tipos de smog: el fotoquímico y el sulfuroso o reductor.

El origen del smog Fotoquímico está en la combustión de los motores, una mezcla compleja que se forma a partir de la interacción de la luz solar con dos de los principales componentes de los gases de escape, el NO_x y los hidrocarburos dando ozono como principal oxidante. El smog sulfuroso es el que contiene concentraciones elevadas de óxidos de azufre y de material particulado.

Cuadro N° 2 Compuestos orgánicos del smog. ⁽¹⁾

Tipo de contaminante	Fuente de contaminante
Monóxido de carbono (CO)	Gases de escape de vehículos de motor. Algunos procesos industriales
Dióxido de azufre (SO ₂)	Instalaciones generales de calor y electricidad que utilizan petróleo o carbón con contenido sulfurado; plantas de ácido sulfúrico
Partículas en suspensión.	Gases de escapes de vehículo de motor; procesos industriales; incineración de residuos ; generación de calor y electricidad; reacción de gases contaminantes en la atmósfera
Plomo (P _b)	Gases de escapes de vehículos de motores; fundición de plomo; fábricas de baterías.
Óxidos de nitrógeno (NO, NO ₂)	Gases de escapes de vehículos; generación de calor y electricidad; explosivos y fábrica de fertilizantes.
Oxidantes Fotoquímicos (fundamentalmente ozono (O ₃))	Se forman en la atmósfera como reacción a los ácidos de nitrógenos, hidrocarburos y luz solar.
Hidrocarburos (incluyen etano, etileno, propano, butanos, pentanos, acetileno)	Gases de escapes de vehículos de motor; evaporación de disolventes; procesos industriales; eliminación de residuos sólidos combustión de combustibles
Dióxido de carbono (CO ₂)	Todas las fuentes de combustión

El smog no es un contaminante atmosférico, sino una consecuencia de la contaminación atmosférica.

El smog es especialmente importante en las ciudades que están en lugares con climas secos, cálidos y soleados, y en aquellos lugares en los que existen muchos vehículos.

En la actualidad en los países desarrollados los combustibles que originan este tipo de polución, se queman en instalaciones con sistemas de depuración o dispersión , con lo que es raro encontrarse con este efecto de la contaminación.



Figura N° 2 Contaminación producida por Smog.

Los efectos del smog afectan directamente a la salud de las personas, plantas y animales, además de los efectos nocivos que causan sobre la naturaleza. Los contaminantes atmosféricos son diversos y cada uno de ellos afecta de distinta manera al organismo. Irritación ocular y de la garganta, tos, fatiga, anemia y en general una sobrecarga de las vías respiratorias, son algunos de los efectos de esta contaminación. Si además la víctima sufre asma, alergia u otros problemas pulmonares, el smog puede llegar a matar como ya ha quedado demostrado con la muerte de miles de personas en distintas ciudades.

En el año 1943, los habitantes de los Ángeles (E.E.U.U.), sufrieron las consecuencias del smog Fotoquímicos. Los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos emitidos por los tubos de escape de los vehículos reaccionaron por la acción del sol en los días calurosos formando nitrato de peroxiacetilo, PAN, y ozono. Como medida preventiva se colocaron filtros catalizadores en los tubos de escape de los automóviles y lograron que bajaran las concentraciones de ozono de 0,027 partes por millón (ppm) hasta 0,003 ppm.

Otro suceso que impactó a la sociedad fue durante el año 1952, en la ciudad de Londres, Inglaterra. El smog con óxidos de azufre y partículas de hollín estuvo muy concentrado y debido a las condiciones estáticas de la atmósfera que en 5 días provocó la muerte de alrededor de 3.500 persona.

En los años siguientes a estos lamentables sucesos, se adoptaron medidas para el control de la contaminación en varios países europeos y en EE.UU., y desde entonces se han hecho numerosos estudios para evaluar los efectos de la contaminación ambiental en la salud.



Figura. N° 3 Visibilidad del esmog.

3.4 Fuentes generadoras de contaminación: CO₂ y otros ⁽¹²⁾

La mayor fuente de las emisiones de dióxido de carbono procede de la combustión del carbón, petróleo y gas de las centrales eléctricas, los automóviles y las instalaciones industriales. La principal causa del calentamiento global es el CO₂. Aunque los volcanes, la descomposición de las plantas y los incendios forestales producen dióxido de carbono de manera natural, casi todos permanecen en equilibrio gracias a los sistemas naturales de la Tierra. Por ejemplo, las plantas y los océanos absorben y almacenan el dióxido de carbono. Sin embargo, las miles de millones de toneladas de dióxido de carbono que se emiten anualmente, sobre todo aquéllas procedentes de la quema de combustibles fósiles, sobrepasan estos procesos naturales, lo que resulta en una acumulación continua de dióxido de carbono en la atmósfera, que provoca cambios globales.

Actualmente, liberamos más de 42.000 millones de toneladas de CO₂ equivalente (77% de CO₂, 14% CH₄, 8% N₂O y 1% otros). Hoy en día, una persona emite una media de más de 11 kg CO₂. El americano medio multiplica por cinco esta cantidad, lo que supone una emisión de 55 kg de dióxido de carbono al día. Si no realizamos cambios significativos en el modo de usar y producir energía, la temperatura media de la atmósfera podría aumentar de 1,9°C a 3,9°C a mediados de este siglo. Estas cifras pueden parecer insignificantes, pero éste ha sido el mayor aumento de temperatura en los últimos 1.000 años.

El aumento podría causar una serie de cambios muy importantes en todo el mundo, como sequías severas, huracanes más fuertes, inundaciones de zonas que están a poca altura del nivel del mar, extinción de muchas especies y un gran deterioro en la producción global de alimentos.

Gases de Escape y Sistemas Anticontaminación ⁽¹⁾

La energía mecánica, indispensable para poner en acción diferentes máquinas se puede obtener utilizando energía térmica, hidráulica, solar y eólica. La que más se utiliza es la energía térmica obtenida de los combustibles de naturaleza orgánica. Los equipos energéticos que más aceptación han tenido son los motores de combustión interna, a ellos corresponde más de un 80 % de la totalidad de la energía producida en el mundo. En la Unión Europea aunque los medios de locomoción son responsables únicamente de un 5 % de las emisiones de dióxido de azufre (SO_2), son responsables del 25 % de las emisiones de dióxido de carbono (CO_2), del 87 % de las de monóxido de carbono (CO) y del 66 % de las de óxidos de nitrógeno (NO_x). Por todas estas razones se está intentado por todos los medios posibles la reducción de los gases de escape y sus emisiones contaminantes.

Componentes de los gases de escape: Diesel y Gasolina.

El aire está compuesto básicamente por dos gases: nitrógeno (N_2) y oxígeno (O_2). En un volumen determinado de aire se encuentra una proporción de nitrógeno (N_2) del 79 % mientras que el contenido de oxígeno es aproximadamente de un 21 %.

El nitrógeno durante la combustión, en principio, no se combina con nada y tal como entra en el cilindro es expulsado al exterior sin modificación alguna, excepto en pequeñas cantidades, para formar óxidos de nitrógeno (NO_x). El oxígeno es el elemento indispensable para producir la combustión de la mezcla. Cuando se habla de la composición de los gases de escape de un vehículo se utilizan siempre los mismos términos: monóxido de carbono, óxido nítrico, partículas de hollín o hidrocarburos. Decir que estas sustancias representan una fracción muy pequeña del total de los gases de escape. Debido a ello, antes de describir las diferentes sustancias que integran los gases de escape,

le mostramos a continuación la composición aproximada de los gases que despiden los motores diesel y de gasolina.

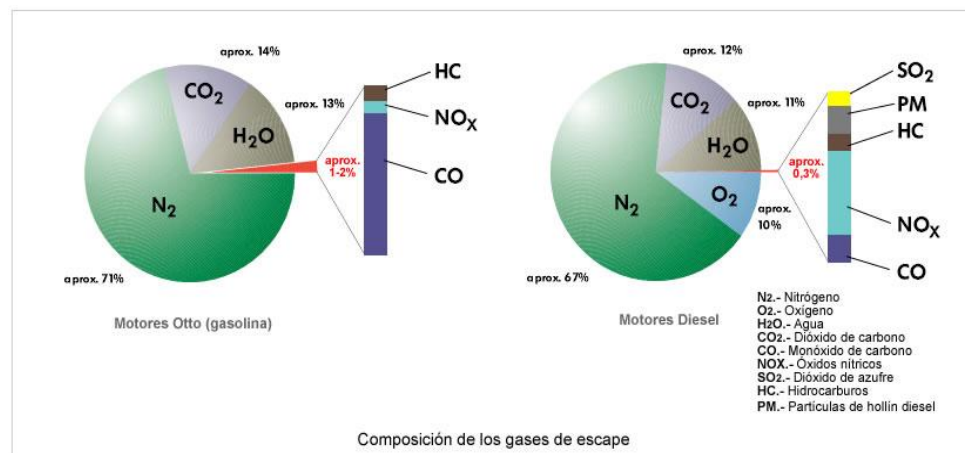


Figura. N° 4 Composición de gases de escapes

3.5 Diésel como combustible ⁽¹⁷⁾

El gasóleo, también denominado gasoil o diésel, es un líquido de color blanco o verdoso y de densidad sobre 832 kg/m³ (0,832 g/cm³), compuesto fundamentalmente por parafinas y utilizado principalmente como combustible en motores diesel y en calefacción.

Cuando es obtenido de la destilación del petróleo se denomina petrodiesel y cuando es obtenido a partir de aceites vegetales se denomina biodiesel. El diésel cuesta algo menos que la gasolina por una cuestión de impuestos, su rendimiento es más eficaz (un vehículo diésel consume menos combustible por distancia recorrida que un vehículo de gasolina).

En los motores Diésel, su combustión no utiliza la chispa de una bujía para encender la mezcla (donde el gasóleo es el combustible y el oxígeno el comburente), sino el aumento de presión y por lo tanto, de temperatura en la compresión que se produce en el segundo tiempo de los motores de

combustión interna. En el motor de cuatro tiempos, dependiendo de las carreras del pistón, se dan sucesivamente admisión, compresión, expansión (tras la combustión de la mezcla) y escape. En el motor de dos tiempos la admisión ocurre en la misma carrera que la expansión y la compresión en la misma carrera que el escape.

Motor diésel.

El motor diésel se rige mediante el ciclo termodinámico del mismo nombre, que está constituido por una compresión adiabática, una expansión isóbara, una expansión adiabática y una descompresión isocora.

Propiedades

En 2010 la densidad del gasóleo proveniente de petróleo era aproximadamente de 0,832 kg/l (varía según la región), un 12% más que la gasolina que tiene una densidad de 0,745 kg/l. Aproximadamente el 86,1% del diésel es carbono, y cuando forma combustión ofrece un valor calorífico de 43,10 MJ/kg contra 43,20 MJ/kg de la gasolina. Sin embargo, debido a la mayor densidad, el diésel ofrece una densidad volumétrica energética de 35,86 MJ/l contra los 32,18 MJ/l de la gasolina, lo que supone un 11% mayor, que podría ser considerada cuando comparamos la eficiencia del gasoil frente al volumen. Las emisiones de CO₂ del diésel son de 73,25 g/MJ, solo ligeramente más bajas que la gasolina, con 73,38 g/MJ

Composición

El diésel derivado del petróleo está compuesto aproximadamente de un 75% de hidrocarburos saturados (principalmente parafinas incluyendo isoparafinas y cicloparafinas) y un 25% de hidrocarburos aromáticos (incluyendo naftalenos y alcalobencenos). La fórmula química general del diesel común es C₁₂H₂₃, con rangos que van desde C₁₀H₂₀ al C₁₅H₂₈.

3.6 Principales contaminantes del aire ⁽⁸⁾

- **Monóxido de Carbono (CO):** Es un gas inodoro e incoloro. Cuando se lo inhala, sus moléculas ingresan al torrente sanguíneo, donde inhiben la distribución del oxígeno. En bajas concentraciones produce mareos, jaqueca y fatiga, mientras que en concentraciones mayores puede ser fatal. El monóxido de carbono se produce como consecuencia de la combustión incompleta de combustibles a base de carbono, tales como la gasolina, el petróleo y la leña, y de la de productos naturales y sintéticos, como por ejemplo el humo de cigarrillos. Se lo halla en altas concentraciones en lugares cerrados, como por ejemplo garajes y túneles con mal ventilados, e incluso en caminos de tránsito congestionado.
- **Dióxido de Carbono (CO₂):** Es el principal gas causante del efecto invernadero. Se origina a partir de la combustión de carbón, petróleo y gas natural. En estado líquido o sólido produce quemaduras, congelación de tejidos y ceguera. La inhalación es tóxica si se encuentra en altas concentraciones, pudiendo causar incremento del ritmo respiratorio, desvanecimiento e incluso la muerte.
- **Oxido de nitrógeno (NO):** Proviene de la combustión de la gasolina, el carbón y otros combustibles. Es uno de los principales causas del smog y la lluvia ácida. El primero se produce por la reacción de los óxidos de nitrógeno con compuestos orgánicos volátiles. En altas concentraciones, el smog puede producir dificultades respiratorias en las personas asmáticas, accesos de tos en los niños y trastornos en general del sistema respiratorio. La lluvia ácida afecta la vegetación y altera la composición química del agua de los lagos y ríos, haciéndola potencialmente inhabitable para las bacterias, excepto para aquellas que tienen tolerancia a los ácidos.

- **Dióxido de azufre (SO₂):** Es un gas inodoro cuando se halla en bajas concentraciones, pero en alta concentración despide un olor muy fuerte. Se produce por la combustión de carbón, especialmente en usinas térmicas. También proviene de ciertos procesos industriales, tales como la fabricación de papel y la fundición de metales. Al igual que los óxidos de nitrógeno, el dióxido de azufre es uno de los principales causantes del smog y la lluvia ácida. Está estrechamente relacionado con el ácido sulfúrico, que es un ácido fuerte. Puede causar daños en la vegetación y en los metales y ocasionar trastornos pulmonares permanentes y problemas respiratorios

- **Compuestos orgánicos volátiles (VOC):** Son sustancias químicas orgánicas. Todos los compuestos orgánicos contienen carbono y constituyen los componentes básicos de la materia viviente y de todo derivado de la misma. Muchos de los compuestos orgánicos que utilizamos no se hallan en la naturaleza, sino que se obtienen sintéticamente. Los compuestos químicos volátiles emiten vapores con gran facilidad. Los VOC incluyen la gasolina, compuestos industriales como el benceno, solventes como el tolueno, xileno y percloroetileno (el solvente que más se utiliza para la limpieza en seco).

Los VOC emanan de la combustión de gasolina, leña, carbón y gas natural, y de solventes, pinturas, colas y otros productos que se utilizan en el hogar o en la industria. Las emanaciones de los vehículos constituyen una importante fuente de VOC. Muchos compuestos orgánicos volátiles son peligrosos contaminantes del aire. Por ejemplo, el benceno tiene efectos cancerígenos.

3.7 Dióxido de azufre ⁽⁴⁾

El dióxido de azufre es un óxido cuya fórmula molecular es SO₂. Es un gas incoloro con un característico olor asfixiante. Se trata de una sustancia reductora que, con el tiempo, el contacto con el aire y la humedad, se convierte en trióxido de azufre. La velocidad de esta reacción en condiciones normales es

baja. En agua se disuelve formando una disolución ácida. Es inestable en disoluciones ácidas pero forma sales, los sulfitos y hidrogeno sulfitos₍₄₎

Cuadro N° 3 Especificaciones físico químicas del SO₂ ⁽¹⁵⁾

Fórmula empírica:	SO ₂	
Masa molecular relativa:	64,06 g	
Densidad:	1,46 g/cm ³ a -10°C (líquido); 2,93 g/l a 20°C (gas)	
Densidad relativa del gas:	2,26	
Punto de ebullición:	-10°C	
Punto de fusión:	-75,5°C	
Presión de vapor:	4,62 kPa a 30°C;	
Umbral de olor:	0,3-1 ppm (en el aire)	
Solvólisis:	En agua:	112,7 g/l a 20°C (1013 mbar);
		228,3 g/l a 0°C (1013 mbar);
	Se disuelve fácilmente en alcohol, benceno, acetona, tetracloruro de carbono; totalmente miscible con éter, disulfuro de carbono, cloroformo y glicol.	
Factores de conversión:	1 ppm = 0,376 mg/m ³	
	1 mg/m ³ = 2,663 ppm	

Aplicaciones ⁽¹⁵⁾

El dióxido de azufre tiene propiedades desinfectantes, por ello fue utilizado durante siglos en la desinfección por ejemplo de las cubas de vino quemando azufre en su interior.

También se utiliza en la industria alimenticia como conservante y antioxidante generalmente de zumos, frutos secos, mermeladas, vino etc. Es un intermedio en la fabricación del ácido sulfúrico. Por reacción con cloro produce cloruro de sulfúrico (SO₂Cl₂), un importante intermedio en la industria química. Si se hace reaccionar con el cloro y compuestos orgánicos se pueden obtener en una reacción de clorosulfonación directa, los clorosulfonatos como

precursores de detergentes y otras sustancias. En estado líquido es un buen disolvente.

Aspectos medio ambientales ⁽⁴⁾

El dióxido de azufre es el principal causante de la lluvia ácida ya que en la atmósfera es transformado en ácido sulfúrico. Este dióxido de azufre es liberado en muchos procesos de combustión ya que los combustibles como el carbón, el petróleo, el diesel o el gas natural contiene ciertas cantidades de compuestos azufrados. Por estas razones se intenta eliminar estos compuestos antes de su combustión por ejemplo mediante la hidro de sulfuración en los derivados del petróleo o con lavados del gas natural haciéndolo más "dulce".

Si a pesar de estos esfuerzos aún se generan cantidades importantes del gas se pueden aplicar lavados básicos p. ej. Con leche de cal para retenerlo del aire de salida o transformándolo conjuntamente con sulfhídrico en azufre elemental (proceso de Claus). También los procesos metalúrgicos liberan ciertas cantidades de este gas debido a que se emplean frecuentemente los metales en forma de sulfuros. En la naturaleza el dióxido de azufre se encuentra sobre todo en las proximidades de los volcanes y las erupciones pueden liberar cantidades importantes.

Otros elementos que pueden ocasionar contaminación del aire en las ciudades lo constituyen el monóxido de carbono, el dióxido de nitrógeno, el ozono, el plomo y el sulfuro de hidrógeno. El dióxido de azufre se utiliza para fines muy diversos, por ej., como agente reductor en metalurgia, como frigorífero en la industria del frío, como desinfectante y blanqueador, para la conservación de sustancias alimenticias, como decolorante y fumigante.

El dióxido de azufre es uno de los compuestos más importantes de la industria química. 98% del SO₂ técnico se utiliza para la producción de trióxido de azufre como precursor del ácido sulfúrico.

Medios de contacto directo con el ser humano ⁽¹⁵⁾

- Agua: El dióxido de azufre ingresa a los cuerpos de agua superficiales y subterráneos por deposición seca y mojada. La solución acuosa reacciona como un ácido fuerte. En Alemania, el dióxido de azufre se encuadra en el grupo de sustancias clasificadas como "Amenaza para el agua", lo mismo que el ácido sulfúrico y el ácido sulfuroso.
- Aire: El SO_2 es higroscópico en la atmósfera y forma aerosoles de ácido sulfúrico y sulfuroso que luego forman parte de la lluvia ácida. La intensidad de formación de aerosoles y el período de permanencia de los aerosoles en la atmósfera dependen de las condiciones meteorológicas reinantes y de la cantidad de impurezas catalíticas presentes en el aire. El tiempo medio de permanencia en la atmósfera asciende a unos 3-5 días, de modo que la sustancia puede ser transportada hasta grandes distancias.
- Suelo: Las inmisiones húmedas y secas provenientes de la atmósfera constituyen las fuentes más importantes de acumulación del azufre en el suelo. Las partículas secas consisten principalmente en $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $(\text{NH}_4)_3\text{H}(\text{SO}_4)_2$, CaSO_4 y MgSO_4 con un pequeño porcentaje de compuestos de azufre orgánico. El SO_2 y los productos de su transformación son los principales responsables de la acidificación de los suelos, especialmente cuando los sistemas de amortiguación del suelo no pueden neutralizar a los ácidos que ingresan por deposición directa o por transformación de los sulfatos sólidos. Los daños que se originan no dependen específicamente de la sustancia. Casi todas las reacciones en el suelo dependen del pH: tanto la desorción de muchas sustancias que producen efectos adversos como el deslavado por percolación de los nutrientes aumentan a medida que se va incrementando el grado de acidificación de los suelos.

Degradación, productos de la descomposición, tiempo de vida media ⁽⁴⁾

El SO₂ se oxida rápidamente y es muy reactivo. El ácido sulfúrico y el ácido sulfuroso son los productos de las reacciones más importantes y más relevantes para el medio ambiente.

Sinergias / antagonismos:

Sobre este tema se han realizado numerosos experimentos, realizados generalmente bajo condiciones normalizadas pero, debido a la complejidad de los factores y vías de impactación involucradas, no es posible indicar datos cuantitativos para las condiciones naturales. No obstante, se tiene la certeza que el impacto del SO₂ aumenta en forma más que aditiva cuando actúa en combinación con otros gases nocivos (por ej., con el NO_x o el HF).

Aspectos toxicológicos ⁽¹⁵⁾

El dióxido de azufre es un gas irritante y tóxico. Afecta sobre todo las mucosidades y los pulmones provocando ataques de tos. Si bien éste es absorbido principalmente por el sistema nasal, la exposición de altas concentraciones por cortos períodos de tiempo puede irritar el tracto respiratorio, causar bronquitis y congestionar los conductos bronquiales de los asmáticos. La concentración máxima permitida en los lugares de trabajo es de 2 ppm.

El valor IDLH (Peligroso Para la Vida)

- Valor letal 100 ppm (262mg/m³)
- Umbral de olor 0,5 ppm (1 mg/m³) (es detectado por el olfato humano)

Efectos característicos ⁽¹⁵⁾

- Seres humanos/mamíferos: Opacamiento de la córnea (queratitis), dificultad para respirar, inflamación de los órganos respiratorios e irritación ocular por formación de ácido sulfuroso sobre las mucosas húmedas; alteraciones psíquicas; edema pulmonar; bronquitis, paro cardíaco y colapso circulatorio. El trióxido de azufre (SO_3) produce efectos similares.
- Plantas: Lesiones visibles de las partes aéreas de la planta por acción directa. El SO_2 ingresa a las hojas a través de los estomas y, al afectar el mecanismo de apertura de los poros, perturba los aspectos fisiológicos y bioquímicos de la fotosíntesis, la respiración y la transpiración de las plantas; también se producen lesiones indirectas, especialmente por acidificación del suelo (lesiones de la micorriza) y alteración del crecimiento.

3.8 Dióxido de nitrógeno

Es un agente sumamente oxidante, soluble en agua, de color café-rojizo, constituido por un átomo de nitrógeno y dos átomos de oxígeno (NO_2) en su estructura molecular. Constituye uno de los precursores básicos de la neblina o smog foto químico y se distingue a simple vista en las grandes urbes por la coloración café-rojizo. ⁽¹⁶⁾

Estado natural ⁽⁸⁾

Es un compuesto químico de color marrón o amarillo, gaseoso, que se forma como subproducto en la combustión en altas temperaturas, como en motores de vehículos y en plantas industriales. Se forma en la atmósfera por la combinación directa del monóxido de nitrógeno generado en la combustión de los motores y las plantas eléctricas.

Propiedades físicas ⁽¹⁶⁾

Cuadro N° 4 Especificaciones físico químicas del NO₂

Fase sólida. Punto de fusión	-11.2 °C
Fase líquida: Densidad del líquido (1.013 bar en el punto de ebullición)	1443 kg/m ³
Equivalente líquido/Gas (1.013 bar y 21 °C (70 °F))	424 vol/vol
Punto de ebullición (1.013 bar)	21.1 °C
Punto de ebullición (1.013 bar)	1 bar
Presión de vapor (a 20 °C o 68 °F)	157.8 °C
Punto Crítico Temperatura Crítica	101.32 bar Fase gaseosa
Presión Crítica	0.512 m ³ /kg
Capacidad calorífica a presión constante (Cp) (1.013 bar y 24.3 °C (76 °F))	0.036 kJ/(mol.K)
Viscosidad (1.013 bar y 20 °C (68 °F))	0.000132 Poise

Aplicaciones ⁽⁸⁾

El dióxido de nitrógeno es un fuerte agente nitrurante u oxidante en la síntesis orgánica. Se utiliza en las mezclas de gases de calibración para la industria petroquímica, en la monitorización de emisiones ambientales, control de higiene industrial, y traza de impurezas en analizadores.

Efectos nocivos en el medio ambiente ⁽⁸⁾

Es un gas tóxico, irritante y precursor de la formación de partículas de nitrato. Estas llevan a la producción de ácido y elevados niveles de PM-2.5 en el ambiente.

Muchos de los efectos ambientales que se atribuyen al NO₂ se deben en realidad a los productos de diversas reacciones asociadas En presencia de luz

solar el NO_2 se disocia en NO y O , donde el oxígeno atómico (O) reacciona con el oxígeno molecular del ambiente (O_2) para producir ozono (O_3), el cual es un contaminante altamente oxidante de efectos conocidos.

Por otra parte el NO_2 reacciona con el radical OH para producir partículas de ácido nítrico (HNO_3), las cuales se dispersan en el ambiente en forma de lluvia, llovizna, niebla, nieve y rocío, dando origen a un proceso de acidificación de la tierra y cuerpos de agua.

Las variaciones o cambios permanentes en las propiedades de estos elementos, deriva finalmente en la pérdida de hábitat de especies primarias y consecuentemente en catástrofes ecológicas con daños irreversibles.

Efectos nocivos en la salud ⁽¹⁶⁾

El dióxido de nitrógeno puede irritar los pulmones, causar bronquitis y pulmonía, así como reducción significativa de la resistencia respiratoria a las infecciones. Afecta principalmente al sistema respiratorio. La exposición a corto plazo en altos niveles causa daños en las células pulmonares, mientras que la exposición a más largo plazo en niveles bajos de dióxido de nitrógeno puede causar cambios irreversibles en el tejido pulmonar similares a un enfisema.

Los efectos de exposición a corto plazo no son claros, pero la exposición continua o frecuente a concentraciones mayores a las encontradas normalmente en el aire, puede causar un incremento en la incidencia de enfermedades respiratorias en los niños, agravamiento de afecciones en individuos asmáticos y con enfermedades respiratorias crónicas.

A diferencia del ozono, las concentraciones de NO_2 en interiores pueden ser más altas que las registradas en el exterior; esto se debe a que una fuente de este contaminante son las estufas que utilizan gas L.P.

Actualmente se acepta que no hay evidencia científica confiable que sugiera la posibilidad de efectos crónicos atribuibles al NO_2 . Sin embargo, el dióxido de nitrógeno puede ser fatal a concentraciones elevadas.

3.9 Dióxido de Carbono. ⁽⁵⁾

También denominado Óxido de carbono (IV), Gas carbónico y Anhídrido carbónico, es una sustancia cuyo estado natural es gaseoso y sus moléculas están compuestas por dos átomos de oxígeno y uno de carbono. Su fórmula química es CO_2 . La representación por estructura de Lewis es: $\text{O}=\text{C}=\text{O}$. Es una molécula lineal y no polar, a pesar de tener enlaces polares. Esto se debe a que dada la hibridación del carbono la molécula posee una geometría lineal y simétrica.

Características físico-químicas

El Dióxido de carbono es un gas incoloro, inodoro y con un ligero sabor ácido, aproximadamente 1,5 veces más denso que el Aire. La molécula se compone de un átomo de carbono unido a dos átomos de oxígeno CO_2 , es soluble en agua en una proporción de un 0,9 de volumen del gas por volumen de agua a 20 °C. El químico escocés Joseph Black lo denominó 'aire fijo', y lo obtuvo a partir de la descomposición de la marga y la caliza, como parte de la composición química de esas sustancias. El químico francés Antoine Lavoisier lo identificó como un óxido de carbono al demostrar que el gas obtenido por la combustión del carbón de leña es idéntico en sus propiedades al 'aire fijo' obtenido por Black.

Usos

El dióxido de carbono se usa para fabricar carbonato de sodio, ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$: muy útil para lavar), e hidrogeno carbonato de sodio, NaHCO_3 (bicarbonato de sodio).

Disuelto bajo una presión de 2 a 5 atmósferas, el dióxido de carbono produce la efervescencia de las bebidas gaseosas. No arde ni sufre combustión, por lo que se emplea en extintores de fuego. El extintor de CO₂ es un cilindro de acero lleno de dióxido de carbono líquido que, cuando se libera, se expande repentinamente y produce una bajada de temperatura tan enorme que se solidifica en 'nieve' en polvo. Esta nieve se volatiliza (se evapora) al contacto con la sustancia en combustión, produciendo una capa de gas que enfría y mitiga la llama.

El dióxido de carbono sólido, conocido como hielo seco, se usa mucho como refrigerante. Su capacidad para enfriar es casi el doble que la del hielo del agua; sus ventajas son que no pasa a líquido sino que se convierte en un gas, produciendo una atmósfera inerte que reduce el crecimiento de las bacterias. La presencia de dióxido de carbono en la sangre estimula la respiración. Por esa razón se le añade dióxido de carbono al oxígeno o aire ordinario en la respiración artificial, y a los gases utilizados en la anestesia.

Efecto ambiental

Las investigaciones científicas indican que, aparentemente, la cantidad de CO₂ atmosférico había permanecido estable durante siglos, en unas 260 ppm (partes por millón). En los últimos 100 años el CO₂ en la atmósfera ha ascendido a 350 ppm a causa del uso indiscriminado de los combustibles fósiles (carbón, petróleo y sus derivados). Lo significativo de este cambio es que pudiera provocar un aumento de la temperatura de la Tierra a través del proceso conocido como efecto invernadero. El CO₂ atmosférico tiende a impedir el enfriamiento normal de la tierra, absorbiendo las radiaciones que usualmente ésta emite y que escapan al espacio exterior. Como el calor que escapa es menor, la temperatura global del planeta aumenta. Un calentamiento global de la atmósfera tendría graves efectos sobre el Medio ambiente. Aceleraría la

fusión de los casquetes polares, haría subir el nivel de los mares, cambiaría el clima, alteraría la Vegetación natural y afectaría las cosechas.

Estos cambios, a la vez, tendrían un enorme impacto sobre la civilización humana. Desde 1850 hasta el presente se ha producido un aumento en la temperatura global de cerca de 1 °C. Algunos científicos rechazan las teorías del calentamiento, atribuyendo la subida de la temperatura a fluctuaciones normales del clima global. Sin embargo, otros predicen que el aumento de la concentración en la atmósfera de CO₂ y otros "gases invernadero" dará origen que las temperaturas continúen subiendo. Las estimaciones van de 2 a 6 °C para mediados del Siglo XXI.

Efecto invernadero ⁽³⁾

El dióxido de carbono, junto al vapor de agua y otros gases, es uno de los gases de efecto invernadero (G.E.I.) que contribuyen a que la Tierra tenga una temperatura tolerable para la biomasa. Por otro lado, un exceso de dióxido de carbono se supone que acentuaría el fenómeno conocido como efecto invernadero reduciendo la emisión de calor al espacio y provocando un mayor calentamiento del planeta; sin embargo, se sabe también que un aumento de la temperatura del mar por otras causas (como la intensificación de la radiación solar) provoca una mayor emisión del dióxido de carbono que permanece disuelto en los océanos (en cantidades colosales), de tal forma que la variación del contenido del gas en el aire podría ser causa y/o consecuencia de los cambios de temperatura, cuestión que no ha sido dilucidada por la ciencia.

En los últimos años la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera ha presentado un aumento. Se ha pasado de unas 280 ppm en la era preindustrial a unas 390 ppm en 2009 (aun cuando su concentración global en la atmósfera es de apenas 0,039%). Este aumento podría contribuir, según el Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático promovido por la

ONU, al calentamiento global del clima planetario;²en oposición, otros científicos³ dudan de que la influencia de los gases llamados "de efecto invernadero" (básicamente anhídrido carbónico y metano) haya sido crucial en el calentamiento que se lleva registrando en promedio en la superficie terrestre (0,6 grados Celsius) en los aproximadamente últimos 100 años.

Efectos toxicológicos ⁽³⁾

- Efectos en los ojos, piel, ingestión: no se anticipan efectos adversos.
- Efectos de inhalación: El dióxido de carbono es el vasodilatador cerebral más poderoso conocido. La inhalación de grandes concentraciones causa insuficiencia circulatoria rápida que conduce a coma y muerte. Es probable que ocurra asfixia antes de los efectos de sobreexposición al dióxido de carbono. No se conocen efectos crónicos, dañinos de inhalación repetida a bajas concentraciones. Bajas concentraciones de dióxido de carbono causan respiración en aumento y jaquecas. Los efectos de la deficiencia de oxígeno resultado de los asfixiantes simples pueden incluir: respiración rápida, disminución de la actividad mental, deterioro de la coordinación muscular, falta de juicio, depresión de todas las sensaciones, inestabilidad emocional y fatiga. Al progresar la asfixia pueden ocurrir náusea, vómitos, postración e inconsciencia, eventualmente conduciendo a convulsiones, coma y muerte. La deficiencia de oxígeno durante el embarazo ha producido anormalidades del desarrollo en humanos y en animales experimentales

3.10 Monóxido de carbono ⁽¹⁸⁾

El monóxido de carbono también denominado óxido de carbono (II), gas carbonoso y anhídrido carbonoso (los dos últimos cada vez más en desuso) cuya fórmula química es CO, es un gas inodoro, incoloro, inflamable y altamente tóxico. Puede causar la muerte cuando se respira en niveles

elevados. Se produce por la combustión deficiente de sustancias como gas, gasolina, keroseno, carbón, petróleo, tabaco o madera. Las chimeneas, las calderas, los calentadores de agua o calefones y los aparatos domésticos que queman combustible, como las estufas u hornallas de la cocina o los calentadores a kerosina, también pueden producirlo si no están funcionando bien. Los vehículos detenidos con el motor encendido también lo despiden. También se puede encontrar en las atmósferas de las estrellas de carbono.

Intoxicación (Indicador de monóxido de carbono en un garaje)

Si se respira, aunque sea en moderadas cantidades, el monóxido de carbono puede causar la muerte por envenenamiento en pocos minutos porque sustituye al oxígeno en la hemoglobina de la sangre. Tiene una afinidad por el grupo hemo 220 veces mayor que el oxígeno.

La carboxihemoglobina, producto formado, no puede transportar oxígeno; aún más, la presencia de ese compuesto interfiere en la disociación del oxígeno de la oxihemoglobina restante, dificultando así la transferencia de oxígeno a los tejidos. Una vez respirada una cantidad bastante grande de monóxido de carbono (teniendo un 75% de la hemoglobina con monóxido de carbono) la única forma de sobrevivir es respirando oxígeno puro. Cada año un gran número de personas pierde la vida accidentalmente debido al envenenamiento con este gas. Las mujeres embarazadas y sus bebés, los niños pequeños, las personas mayores y las que sufren de anemia, problemas del corazón o respiratorios pueden ser mucho más sensibles al monóxido de carbono.

Cuadro N° 5 Efectos del CO.

Concentración en el aire	Efecto
55 mg/m ³ (50 ppm)	TLV-TWA*
0,01 %	Exposición de varias horas sin efectos
0,04 – 0,05	Exposición de una hora sin efectos
0,06 – 0,07	Efectos apreciables a la hora
0,12 – 0,15 %	Efectos peligrosos a la hora
165 mg/m ³ (1500 ppm)	Efectos peligrosos irreversibles a la hora
0,4 %	Mortal a la hora
*TLV-TWA es la concentración correspondiente a un día normal de 8 horas o una semana de 40 horas en la que los trabajadores pueden estar expuestos sin mostrar efectos adversos	

Se calcula que los adultos normales no fumadores tienen niveles de carboxihemoglobina menores de la saturación de 1%, es decir, el 1% de la hemoglobina está unida a monóxido de carbono. Esta cifra se ha atribuido a la formación endógena de CO. Los fumadores pueden tener una saturación de 5 a 10%, de acuerdo a la intensidad de su tabaquismo. Una persona que respira aire con 0.1% de CO (1000 ppm) tiene un nivel de carboxihemoglobina de 50%.

El tratamiento consiste en alejar a la persona de la fuente de exposición, y emprender medidas para conservar su respiración. El oxígeno funciona como antagonista específico de CO y por esa razón se administra como tratamiento. La vida media del CO en sangre es de 320 minutos, con oxígeno puro se reduce a 80 minutos y con oxígeno hiperbárico (2 o 3 atmósferas) puede disminuir a 20 minutos.

3.11 Marco Legal

En la medida en que crece la preocupación ambiental empieza a desarrollarse, un derecho específico y nuevo, y lo que es aun mas importante, una estructura jurídica capaz de hacer cumplir las nuevas normas. Su desarrollo es polémico, porque perturba en buena medida principios y criterios, sobre los cuales se ha basado hasta ahora el ordenamiento legal de la mayor parte de países del mundo.

En nuestro país no se cuenta con una medida legal que normalice las emisiones de gases provenientes de fuentes móviles que trabajan a base de diesel con las cuales se pueda regular los niveles de contaminación ambiental. La actual regulación de El Salvador solo determina los parámetros o límites permitidos de emisión de gases debido a la combustión con gasolina.

Actual regulación legal de la contaminación por emisión de gases.

Normas, reglamentos, planeación y aplicación de las leyes nacionales, estatales y locales sobre calidad del aire y cambio climático en América del Norte. ⁽¹¹⁾

Canadá: Este país ha establecido normas nacionales sobre emisiones para vehículos y motores en ruta. Estos reglamentos entraron en vigencia el 1 de enero de 2004. Las fuentes se sujetarán a las nuevas normas en 2005. Canadá regula también el azufre y el benceno en gasolina.

Los reglamentos sobre diesel establecerán nuevos límites de azufre en 2006. El enfoque general de Canadá al respecto es armonizar las normas con las de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de Estados Unidos.

Cuadro N° 6 Objetivos Nacionales de Calidad del Aire Ambiente de Canadá:
O. Reg. 153/04

Contaminante	Tiempo promedio	Nivel máximo Deseable	Nivel máximo aceptable	Nivel máximo Tolerable
Dióxido de azufre (SO ₂)	Anual	11 ppm	23 ppm	---
	24 horas	57 ppm	115 ppm	306 ppm
	1 hora	172 ppm	334 ppm	---
Monóxido de carbono (CO)	8 horas	5 ppm	3 ppm	17 ppm
	1 horas	13 ppm	31 ppm	---
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	24 horas	32 ppm	53 ppm	---
	1 hora	---	106 ppm	160 ppm
		---	213 ppm	532 ppm

México: La Secretaría de Salud establece la Norma Oficial Mexicana (NOM), para las concentraciones ambientales de contaminantes específicos. Las normas de calidad del aire se deben revisar cada cinco años. Las metas en la materia se aplican hoy por hoy a los contaminantes de criterio, pero no a los tóxicos ni la lluvia ácida. Los límites federales de emisión tanto de fuentes fijas cuanto de fuentes móviles se aplican en todo el país.

Cuadro N° 7 Norma Oficial Mexicana para las concentraciones atmosféricas de contaminantes específicos: NOM-022-SSA1-1993.

Contaminante	Exposición aguda		Exposición crónica
	Concentración y tiempo	Frecuencia máx. Aceptable	(Para la protección de la salud de la población susceptible)
SO ₂ / NOM-022-SSA1-1993	0.13ppm (24 hr)	Una vez al año	0.03ppm (media aritmética anual)
NO ₂ / NOM-023-SSA1-1993	0.21ppm (1 hr)	Una vez al año	-----
CO / NOM-021-SSA1-1993	11ppm (8 hr)	Una vez al año	-----

Estados Unidos: Define sus metas y objetivos sobre calidad del aire según la categoría de fuente o el contaminante en cuestión. Las fuentes móviles, por ejemplo, reciben trato diferente que el de las fuentes fijas.

Las normas sobre calidad del aire se aplican en todo el país. La Ley de Aire Limpio de los Estados Unidos requiere que la EPA revise las normas cada cinco años, para analizar si existe nueva información que sienta las bases para revisar las normas primarias o secundarias.

Cuadro N° 8 Normas sobre calidad del aire ambiente en EU- EPA. (NAAQS)

Contaminante	Primaria	Secundaria
SO ₂	Anual: 0.030 ppm 24- horas: 0.14 ppm	3-horas: 0.5 ppm
CO	8- horas: 9 ppm (10 mg/m ³) 1- hora: 35 ppm (40 mg/m ³)	-----
NO ₂	Anual: 0.053 ppm (100 µg/m ³)	Anual: 0.053 ppm (100 µg/m ³)

Norma Ambiental de Honduras. Reglamento para el control de emisión de gases tóxicos, humos y partículas de los vehículos automotores. ⁽¹³⁾

Artículo 1. El presente Reglamento se emite en cumplimiento del Artículo 60 Ley General del Ambiente y tiene como objetivo regular, controlar y normalizar la emisión de gases tóxicos, humos y partículas de los vehículos automotores localizados en el territorio nacional.

Artículo 15. Los niveles máximos permisibles de emisión de gases tóxicos, humos y partículas de los vehículos son los siguientes:

c) Los vehículos que funcionen con motor de gasolina que ingresen al país a partir del 1 de enero de 1998 no deben emitir monóxido de carbono en cantidades superiores al 0.5% del volumen total de los gases, ni hidrocarburos

en cantidades superiores a 125 ppm, ni dióxido de carbono en cantidades inferiores al 12% del volumen total de los gases tóxicos. Las mediciones se harán con el motor funcionando a temperatura normal y en régimen de ralentí a no más de 1,000 rpm y siguiendo las especificaciones del fabricante del equipo de control de emisiones. Los límites anteriores serán aplicables a todos los motores que sean modificados o que se utilicen para reemplazarlos en vehículos que funcionen con combustible gasolina.

d) Los vehículos que funcionen con motor diesel que ingresen al país a partir del 1 de enero de 1998 no deben emitir humos ni partículas que superen la medición de 70% de opacidad, si tales vehículos no sobrepasan un peso bruto de tres coma cinco toneladas (3,5 Ton) u 80% de opacidad si su peso es superior. Dicha medición deberá realizarse por medio de equipos con opacímetros de flujo parcial y bajo el procedimiento de aceleración libre. Los límites anteriores serán aplicables a todos los motores que sean alterados o que se utilicen para reemplazarlos en vehículos que funcionen con combustible diesel, según el peso del automotor.

**Propuesta de Norma Salvadoreña Obligatoria 13.11.02:11.
Emisiones Atmosféricas Fuentes Fijas Puntuales.** ⁽¹⁰⁾

Esta norma establece los límites máximos permisibles de concentración de emisiones de contaminantes descargados a la atmosfera, generados por las fuentes fijas puntuales, establecidos para proteger la salud y el medio ambiente.

Esta norma es aplicable en todo el territorio nacional, en lo relativo a la prevención y control de la contaminación atmosférica, en cualquier estado de agregación de la materia, generada por las emisiones de fuentes fijas puntuales.

Cuadro N° 9 Límites máximos permisibles para la elaboración de cemento.

Contaminante	Símbolo	Unidad	Actividades	
			En funcionamiento	Nuevas
Dióxido de azufre	SO ₂	mg/Nm ³	600	400
Dióxido de carbono	CO ₂	% vol	Reportar	Reportar
Monóxido de carbono	CO	mg/Nm ³	Reportar	Reportar
Óxidos de nitrógeno	NO _x	mg/Nm ³	1800	600

Cuadro N° 10 Límites máximos permisibles para generadores termoeléctricos con turbinas a vapor y/o con gases de escape. En funcionamiento.

Contaminante	símbolo	Unidad	Actividades	
			En funcionamiento	
			Diesel Oil	Fuel Oil
Dióxido de azufre	SO ₂	mg/Nm ³	2000	3800
Dióxido de carbono	CO ₂	%	Reportar	Reportar
Monóxido de carbono	CO	mg/Nm ³	460	460
Óxidos de nitrógeno	NO _x	mg/Nm ³	460	460

3.12 Métodos para la cuantificación de emisión de gases.

- **Medición de huella de carbono.** ⁽²⁾

“Huella de carbono” es un término usado para describir la cantidad de emisiones de gas de efecto invernadero (GEI) causadas por una actividad particular o entidad, y por lo tanto una forma de organizaciones e individuos para evaluar su contribución al cambio climático. Entender estas emisiones y de dónde vienen, es necesario para reducirlos. En el pasado, las empresas que deseaban medir su huella de carbono se han centrado en sus propias emisiones, pero ahora se ocupan cada vez más las emisiones a través de suministros en cadena.

Hay beneficios para la compañía y el nivel del producto al evaluar las emisiones de la cadena de suministro.

La medición de la huella de carbono de los productos en todo su ciclo de vida es una manera poderosa para las empresas para recopilar información que necesitan como:

- Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero
- Identificar oportunidades de ahorro costo
- Incorporar el impacto de las emisiones a la toma de decisiones sobre los proveedores, materiales, diseño de productos, procesos de fabricación, etc.
- Demostrar liderazgo ambiental y responsabilidad corporativa
- Satisfacer las demandas de los clientes para obtener información sobre la huella de carbono de productos
- Diferenciar y satisfacer las demandas de los consumidores "verdes".

Se evalúan las emisiones de GEI de un producto individual, ya sea un bien o un servicio, a través de su ciclo de vida, desde las materias primas a través de todas las etapas de producción (o de prestación de servicios), distribución, uso

y eliminación/reciclaje, de acuerdo con el método especificado en la Especificación Disponible al Público BSI 2050:2008, o 'PAS 2050'.

Este método tiene como objetivo:

- Hacer que las empresas de todos los tamaños y de todos los sectores, evalúen el ciclo de vida de la huella de carbono de sus productos e identificar oportunidades de reducción de emisiones
- Compartir las mejores prácticas, herramientas y marcos para el cálculo a nivel de producto emisiones de GEI y las oportunidades de dar prioridad a la reducción de las emisiones

El método está estructurado en tres pasos:

1. Puesta en marcha: En esta sección se describen los pasos importantes iniciales para garantizar que la aplicación sea rápida, eficaz y que sea de apoyo a las decisiones con respecto a los resultados.

- Establecimiento de objetivos: El objetivo habitual de la huella de carbono del producto es reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, sin embargo, las organizaciones pueden tener objetivos específicos dentro de ese objetivo general.
- Selección de productos: Al elegir los productos a la huella, ayuda a establecer criterios generales sobre la base de los objetivos del proyecto, y luego de identificar los productos que mejor responden a estos criterios.
- Involucrar a los proveedores: Compromiso con los proveedores es fundamental para comprender el ciclo de vida del producto y para la recopilación de datos. Normalmente, las empresas saben que sus propios procesos de producción completamente, sin embargo, más allá de los límites de la empresa, el conocimiento de los procesos, materiales, requisitos de energía y los residuos tiende a variar considerablemente.

2. Cálculos de la huella del producto: PAS 2050 toma una evaluación del ciclo de vida del proceso (CVP) enfoque para evaluar las emisiones de GEI relacionadas con los bienes o servicios, permitiendo a las compañías identificar maneras de reducir al mínimo las emisiones de todo el sistema de productos.

- Paso 1: Creación de un mapa de procesos: El mapa de proceso sirve como una herramienta valiosa en todo el ejercicio de la huella de carbono, proporcionando un punto de partida para entrevistas y una referencia gráfica para guiar la recopilación de datos y el cálculo de la huella.
 - Paso 2: Comprobación de las fronteras y la Guía para la priorización PAS 2050: Una vez que el mapa de procesos de alto nivel ha sido desarrollado, los límites relevantes para el análisis de la huella de carbono deben ser determinados.
 - Paso 3: Recolección de datos: Inspirada en los cálculos iniciales en el paso 2, comenzará a recopilar datos más específicos lo que permitirá la evaluación de la huella de carbono en más detalle. Esto asegura huellas precisas y reproducibles de carbono y más fácilmente comparable. Datos de buena calidad ayuda a construir una huella que representa el ciclo de una "típica" vida del producto durante un período de tiempo definido, reconociendo las variaciones en la geografía, la distancia y los materiales.
 - Paso 4: Cálculo de la huella: residuos a través de todas las actividades en el ciclo de vida de un producto, multiplicado por los factores de sus emisiones. El mismo cálculo consiste simplemente en multiplicar los datos de actividad por el correspondiente factor de emisión.
- Balance de masa, la cuantificación de la cantidad total de todos los materiales que entran y salen de un proceso que se conoce como "balance de masas". El paso de balance de masa proporciona la confirmación de que todos los materiales hayan sido totalmente contabilizados y no corrientes

están desaparecidos. El concepto fundamental es que la masa total que fluye en un proceso debe ser igual a la masa total que fluye hacia fuera.

Ecuación para determinar la Huella de Carbono: (2)

Huella de carbono = Datos de la actividad (masa / volumen / kWh / km) x factor de emisión (CO₂ por unidad)

En donde:

Masa= Kg, g, mg.

Volumen= L, mL, cm³

Una vez que las emisiones de GEI se calculan para cada actividad, convertir a CO₂ a partir del potencial de calentamiento atmosférico pertinente (CAP). El cálculo de la huella de carbono normalmente requiere un "balance de masa" para asegurar que todos los flujos de entrada, de salida y de los residuos se tienen en cuenta.

- Paso 5: Comprobación de incertidumbre (opcional): El objetivo de este paso es medir y minimizar la incertidumbre en el resultado de la huella y para mejorar la confianza en las comparaciones de huellas y cualquier decisión basada en la huella.

3. Próximos pasos

- Validación de los resultados.
- La reducción de las emisiones.
- Comunicar la huella y reclamar reducciones.

Cuantificación de emisiones de gases utilizando Tubos Dräger para mediciones de corta duración. ⁽⁹⁾

Los tubos de corta duración se emplean en la medición de concentraciones puntuales. La duración de la medición es normalmente de 10 segundos a 15 minutos dependiendo del tubo Dräger utilizado y de la bomba de aspiración. La concentración medida muestra la cantidad del elemento a determinar durante el periodo de duración de la medición. El diseño de los tubos para mediciones de corta duración depende del correspondiente tipo de medición, especialmente de la sustancia a medir y el margen de concentración a determinar.

Dependiendo de estas indicaciones existen diferentes tipos de tubos para mediciones de corta duración:

- Tubos con una capa indicadora.
- Tubos con una o más precapas mas una capa indicadora.
- Combinación de dos tubos.
- Tubos con sondas de conexión.
- Tubos con ampolla de reactivo.
- Tubos para medición simultanea.

Tubos para mediciones de corta duración con una capa indicadora

En estos tubos la capa de relleno completa sirve como capa indicadora.

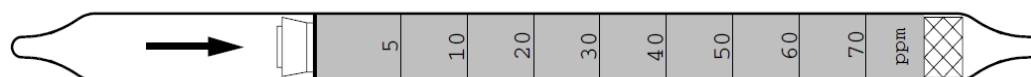


Figura. N° 5 Tubo indicador sin pre-capas.

Tubo para mediciones de corta duración con una o más precapas

Adicionalmente a la capa indicadora existen una o más pre-capas. Estas pre-capas sirven para: absorber humedad, o retener sustancias que interfieren, o convertir sustancias en sustancias medibles.



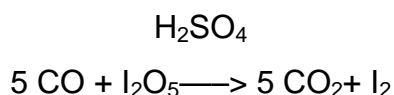
Figura. N° 6 Tubo indicador con una pre-capa.

Fundamento químico:

La base de los tubos dräger con indicación directa son las reacciones química del elemento a medir con los productos químicos de las capas de relleno del tubo.

Ya que estas reacciones están unidas a un cambio de coloración, los tubos Dräger también pueden ser denominados como sensores químicos colorimétricos. La conversión de sustancia en el tubo Dräger es en primer lugar proporcional a la masa del gas que reacciona. En general es posible representar cuantitativamente esta conversión en forma de una indicación de longitud de color, en otros casos la conversión dependiente de la masa se realiza mediante la intensidad de color en los tubos de referencia de color.

A las reacciones clásicas de los tubos Dräger pertenece la conversión del pentóxido de iodo bajo condiciones ácidas a iodo, por ejemplo con monóxido de carbono. Es básicamente una reacción selectiva de clase para la medición de sustancias fácilmente oxidable. La selectividad puede aumentarse mediante precapas adecuadas:



Las reacciones de precipitación de sales metálicas son la base de los tubos de ácido sulfhídrico. Las sales metálicas reaccionan con el ácido sulfurico formando sulfuros metálicos difícilmente solubles. Se trata aquí de una reacción iónica rápida, que es prácticamente independiente del flujo de volumen a través del tubo Dräger. Para que esta reacción se produzca es necesaria una cantidad mínima de agua, es decir humedad del aire; por ejemplo:



El dióxido de nitrógeno y los halógenos elementales reaccionan con aminas aromáticas formando compuestos coloreados intensamente:



Puesto que los hidrocarburos clorados no tienen una reacción directa al color, es necesario, en este tipo de composición, realizar antes una partición oxidativa de la molécula. Esta reacción se produce bien con permanganato potásico o con compuestos de cromo (VI) formando cloro elemental. El cloro entonces reacciona con el agente en la capa indicadora produciendo el producto colorimétrico de la reacción.

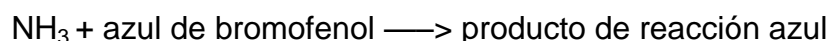
La medición del dióxido de carbono se realiza mediante oxidación de hidrato de hidracina con presencia de cristal violeta como indicador redox:



Por la más alta concentración de dióxido de carbono, en comparación con las potenciales sensibilidades cruzadas, esta reacción puede ser considerada como altamente selectiva.

Normalmente, no se deben esperar posibles interferencias por ácido sulfhídrico o dióxido de azufre, ya que es raro que puedan aparecer concentraciones tan altas de estas sustancias.

Otro gran grupo de reacciones se produce sobre la base de indicadores pH, por ejemplo:



Este tipo de reacción es válida tanto para gases básicos como también gases ácidos con la correspondiente inversión de coloración.

Compuestos con el grupo $-\text{C}\equiv\text{N}$ se muestran mediante reacciones de varias etapas, que en el caso del acrilonitrilo va precedido de una oxidación mediante un compuesto de cromo (VI). El ion de cianuro reacciona en la siguiente etapa con el cloruro de mercurio formando un ácido clorhídrico y cianuro de mercurio no disociado.

El ácido clorhídrico es verificado con ayuda de un indicador pH en la última etapa de este complejo sistema de reacción. Las correspondientes capas previas cuidan aquí de una posibilidad de medición selectiva.

CAPITULO IV
DISEÑO METODOLOGICO

4.0 DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 Tipo de estudio

Transversal: ya que se realizó en un tiempo determinado, y lo que interesaba era estudiar el problema en el presente, en el momento que se realiza el estudio.

Prospectivo: Será un insumo un insumo para la institución y futuras investigaciones.

Campo: ya que se estudió el fenómeno en el escenario natural donde se manifestaba. Las mediciones del trabajo se llevaron a cabo en las instalaciones de los diferentes planteles donde operan los camiones que realizan el proceso de mezclado de concreto.

4.2 Investigación bibliográfica.

Se llevó a cabo la revisión de bibliografía que ayudó a sustentar los resultados de la investigación durante el transcurso de la misma.

Bibliografía consultada en:

- Biblioteca Dr. Benjamin Orozco Facultad de Química y Farmacia, Universidad de El Salvador,
- Biblioteca de Universidad Salvadoreña Alberto Masferrer,
- Biblioteca de Universidad Centroamericana José Simeón Cañas” (UCA),
- Biblioteca de Universidad “Dr. José Matías Delgado”,
- Biblioteca de Universidad Nueva San Salvador
- Bibliografía proporcionada por la empresa productora de concreto.
- Internet

4.3 Investigación de campo.

Para ejecutar el trabajo se realizó previamente una visita a las instalaciones de la empresa, con el fin de conocer factores importantes de las normas internas de seguridad industrial, jornadas y métodos de trabajo, para el proceso de elaboración del concreto.

- a) Normas de seguridad a cumplir en la planta: asistencia a charla de inducción requerida para iniciar el trabajo en las instalaciones de la planta, en ella, se da a conocer el tipo de vestimenta a usar para proteger la piel del sol y quemaduras, que debía ser pantalón de lona y camisa manga larga; el calzado adecuado a usar es zapato de cubo; las normas de seguridad que deben cumplirse en la empresa para evitar accidentes como que al momento de subir gradas se debe sujetar del pasamanos, no caminar fuera de los senderos peatonales ni cruzar las calles en zonas que no están destinadas para ello y entre otras normas el uso de casco, chaleco, protectores auditivos y mascarilla contra polvo en las zonas requeridas. Antes de ingresar a la zona de producción de cada planta es necesario llenar una hoja de permiso de trabajo, en la que se detallan los riesgos que pueden estar implícitos en las tareas a realizar y las medidas que deben tomarse para reducir esos riesgos. (Anexo N^o 4)

- b) Horarios de producción de concreto: la producción inicia a las 7:00 am y finaliza a las 5:00 pm, aunque puede haber variantes, dependiendo del lugar de destino del concreto; el regreso del último camión a cada planta depende de que tan cercano o lejano se encuentra el camión después de su última entrega de concreto; si el camión se encuentra lejos del plantel de salida terminará su recorrido en el plantel más próximo en ubicación y no precisamente en el plantel del cual partió.

- c) Estrategia para la localización de fuentes fijas y móviles para la recolección de muestras: para definir la estrategia de la toma de muestras se aplicaron las siguientes medidas: Con las fuentes fijas se consultó a los gerentes de plantel para que se nos indicara la localización de ellas en los diferentes planteles. En cuanto a las fuentes móviles, al no existir una ubicación exacta de ellas (Camiones mezcladores y bombas), se inició la toma de muestras en las que se encontraban en ese momento en la planta (Santa Tecla). Posteriormente se hizo un recorrido a los diversos planteles de la empresa (San Miguel, Chanmico y San Andrés) para efectuar el muestreo en las fuentes fijas de cada plantel y a la vez de las móviles que allí se encontraran y que no hubiesen sido muestreadas anteriormente. Así se continuó visitando los planteles hasta encontrar la última fuente móvil.
- d) Estrategia para la verificación de los tiempos necesarios para la toma de muestra de las emisiones de los gases a estudiar: Primero se hizo un muestreo de prueba, que permitió contabilizar el tiempo necesario para la preparación de las condiciones de muestreo y la medición de cada gas, en función del número de veces que se debe succionar aire con la bomba para que pase a través del tubo (Número de emboladas), este número de emboladas lo estipula el fabricante de los tubos. Así se estimó el tiempo en el cual la fuente emite la concentración de la sustancia química a cuantificar y el tiempo necesario para la toma de muestra. Además se estipuló que para lograr iguales condiciones en la medición, la fuente fija o móvil debería estar con el motor precalentado y así igualar las condiciones en un ambiente normal de emisión.

La verificación de tiempos para la toma de muestra de emisiones de gases: SO_2 , NO_x , CO_2 , CO fue de 13.08 minutos para cada fuente fija y móvil de la empresa concretera.

El tiempo que requiere la cuantificación de la concentración de cada gas, es el utilizado posteriormente en los cálculos de emisión diaria de los mismos. Y está delimitado por el método de análisis. (Anexo N^o 5)

Universo y muestra

Universo: Está compuesto por 9 Fuentes fijas y 50 fuentes móviles.

Muestra: Fuentes fijas incluyen 3 Blowers, 4 generadores de energía y 2 bombas impulsoras de concreto; Fuentes móviles incluyen 5 cargadores y 45 camiones mezcladores, ubicados en los diferentes planteles de la empresa concretera: Chanmico, Santa Tecla, San Miguel y San Andrés.

4.4 Parte experimental.

Se tomó muestra utilizando los tubos reactivos Dräger de corta duración previamente seleccionados de acuerdo a cada tipo de gas a determinar: CO₂, CO, SO₂ y NO_x.

Como equipo para captar la muestra se usó la bomba marca Dräger, modelo Acuoro, adaptador metálico tipo sonda para enfriar el aire que sale del escape, sonda de extensión de polipropileno transparente y accesorio cortador de tubos. Además de eso se utilizaron hojas para recolección de datos al momento de cada toma de muestra. (Anexo N^o 6)

PROCEDIMIENTO DE TOMA DE MUESTRA CON TUBOS REACTIVOS PARA CO₂, CO, SO₂ y NO_x. (2) (Anexo No.7)

Toma de muestras

1. Romper con cuidado cada uno de los dos extremos de los tubos reactivos con el accesorio adecuado para realizar este proceso.
2. Conectar la sonda de extensión a la bomba de muestreo.

3. Conectar el tubo al lado libre de la sonda de extensión por el extremo indicado con la dirección de una flecha grabada en cada tubo.
4. Colocar el adaptador para escape en el vehículo a analizar; y se conecta el extremo libre del tubo que previamente se encuentra conectado a la bomba de fuelle por medio de la sonda de extensión.
5. La muestra de aire se conduce a través del tubo colorimétrico con una bomba de fuelle marca Dräger, mediante la realización de emboladas.
6. Realizar el número indicado de emboladas según la especificación detallada en el método de cada tubo: CO_2 (n=2), CO (n=5), SO_2 (n=10), NO_x (n=2).
7. Leer escala del tubo y anotar el valor indicado por el cambio de coloración del tubo. Realiza una vez para cada fuente fija y fuente móvil por cada gas a analizar. (Anexo No. 8)
8. Realizar los cálculos matemáticos necesarios para la obtención de datos concretos que se compararan con los límites establecidos en normativas.

VERIFICACIÓN DE REPRODUCIBILIDAD DEL MÉTODO

Para comprobar la reproducibilidad del método de análisis (Sistema de Medición de emisiones de gases con tubos Dräger de corta duración), se hicieron mediciones en triplicado para cada tipo de gas a cinco fuentes (Camión mezclador EQ 04, Bomba impulsadora de concreto EQ 9, generador de energía eléctrica de San Miguel, cargador del plantel de Santa Tecla y Blower del Plantel de San Miguel).

TABLA N° 1 Datos de reproducibilidad de método y tiempos de muestreo.

DATOS DE REPRODUCIBILIDAD DE METODO Y DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE ANALISIS PARA LAS FUENTES MOVILES Y FIJAS						
TIEMPO DE MUESTREO	GASES	Camión mezclador EQ 04	Cargador del plantel de Santa Tecla	Bomba impulsadora de concreto EQ 9	Blower del plantel de San Miguel	Generador de energía Eléctrica de San Miguel
90 seg	SO ₂ (ppm)	9,98	4,99	9,98	15,04	15,04
		9,98	4,99	9,98	15,04	15,04
		9,98	4,99	9,98	15,04	15,04
65 seg	NO ₂ (ppm)	29,94	29,94	39,92	50,15	30,09
		29,94	29,94	39,92	50,15	30,09
		29,94	29,94	39,92	50,15	30,09
30 seg	CO ₂ (ppm)	9980,00	12475,00	3992	7522,28	1715,07
		9980,00	12475,00	3992	7522,28	1715,07
		9980,00	12475,00	3992	7522,28	1715,07
20 seg	NO _x (ppm)	199,60	399,20	199,6	200,59	100,30
		199,60	399,20	199,6	200,59	100,30
		199,60	399,20	199,6	200,59	100,30
60 seg	CO (ppm)	40,90	69,86	199,6	110,33	90,27
		40,90	69,86	199,6	110,33	90,27
		40,90	69,86	199,6	110,33	90,27

Se pudo constatar que en cada una de las fuentes evaluadas se repitieron los resultados las tres veces que fueron medidas las concentraciones de cada uno de los gases, usando para cada de gas (CO_2 , CO , SO_2 y NO_x) tres tubos correspondientes para su evaluación. Comprobando así la reproducibilidad del método de análisis. Al hacer las mediciones antes referidas se pudo obtener un estimado del tiempo de duración de toma de muestra, ya que el método establece el número de emboladas a ejecutar para la medición de cada gas, pero con estas pruebas se pudo medir cuanto tiempo era necesario para efectuar esas emboladas, la necesidad de conocer estos tiempos se midieron con el fin de organizar las mediciones y no afectar la producción.

CAPITULO V

RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

5.0 RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

En la tabla N°. 2 se detallan los resultados de las mediciones de los gases evaluados en las fuentes fijas y fuentes móviles. Las diversas fuentes fueron identificadas por el número de equipo, marca y lugar de muestreo; para detallar cada fuente en las tablas se usó un sistema de codificación compuesto por dos letras iniciales que indican el tipo de fuente: Los camiones mezcladores (Ca), Para los Cargadores (Cr), en el caso de los Generadores (Ge), los Blower (Bl), y a las Bombas impulsadoras de concreto (Bo). Posteriormente se pusieron dos letras mayúsculas que indican la planta donde se localizaron las fuentes, usando las combinaciones de letras siguientes: SM para las fuentes encontradas en San Miguel, CH para las de Chanmico, ST en Santa Tecla y SA para las fuentes de San Andrés. Y finalmente se usaron números para individualizar cada una de las fuentes, ese número fue proporcionado por la empresa y es el que ellos usan para identificarlas. Además en la tabla se colocó la marca de cada fuente. En el caso de las fuentes fijas la empresa también proporcionó el modelo de cada equipo, por ello se agregó en las tablas que corresponden a esas fuentes. La información fue proporcionada por el personal encargado de la supervisión de cada fuente móvil o fija en todos los planteles del país que tiene la empresa. Con esta información proporcionada de cada plantel se procedió al análisis de gases de la mayoría de fuentes móviles y fijas; sin afectar la producción.

Las fuentes seleccionadas son las siguientes:

CAMIONES MEZCLADORES (Ca): Son camiones con un tambor que ejerce la función de mezclar la materia prima que en su conjunto forma el concreto.

CARGADORES (Cr): Vehículos que tienen una pala mecánica que recoge una cantidad determinada de materia prima y la traslada de un lugar a otro.

GENERADORES (Ge): Son especies de motores que son necesarios para cuando hay ausencia de luz por algún motivo sin controlar, aunque no se usan periódicamente son puestos en marcha una vez por semana.

BLOWER (Bl): son las maquinas que impulsan hacia arriba la materia prima para posteriormente ser mezclados y agregados al tambor de cada camión y así este generar el proceso de mezclado y en todo el camino hasta llegar a su destino donde se encuentre en constante movimiento para que llegue preparado el concreto.

BOMBAS IMPULSORAS DE CONCRETO (Bo): bombas que impulsan el concreto hacia arriba sobre lugares altos al momento del vaciado de concreto en la obra en construcción.

Tabla N° 2 Resultados obtenidos de medición de gases en cada fuente móvil.

CUANTIFICACION DE LA EMISION DE GASES EN FUENTES MOVILES						
No.	CODIGO ^(*)	MARCA	ppm SO ₂	ppm NO _x	ppm CO ₂	ppm CO
1	CaCH4	INTERNATIONAL	9,98	29,94	9980,00	49,90
2	CaST5	INTERNATIONAL	29,94	29,94	12475,00	9,98
3	CaST6	INTERNATIONAL	19,96	29,94	9980,00	9,98
4	CaST 8	MACK	14,97	19,96	7485,00	49,90
5	CaCH 9	INTERNATIONAL	4,99	19,96	4990,00	9,98
6	CaST 18	INTERNATIONAL	14,97	29,94	14970,00	49,90
7	CaST 20	INTERNATIONAL	24,95	19,96	4990,00	29,94
8	CaCH 37	MACK	4,99	29,70	7485,00	89,82
9	CaST 40	INTERNATIONAL	14,97	5,99	4990,00	19,96
10	CaCH 42	INTERNATIONAL	4,99	19,96	7485,00	29,94
11	CaST 43	INTERNATIONAL	9,98	19,96	4990,00	9,98
12	CaST 46	MACK	14,97	5,99	4990,00	29,94
13	CaSA48	INTERNATIONAL	29,94	39,92	12475,00	49,90
14	CaST 49	INTERNATIONAL	29,94	19,96	7485,00	29,94
15	CaCH 51	MACK	14,97	49,90	7485,00	49,90
16	CaST 52	INTERNATIONAL	19,96	29,94	6487,00	9,98
17	CaST 55	INTERNATIONAL	9,98	19,96	4990,00	29,94
18	CaCH 56	INTER	9,98	49,90	9980,00	69,86
19	CaCH 57	INTER	24,95	39,92	12475,00	49,90
20	CaCH 58	INTER	19,96	39,92	9980,00	99,80
21	CaCH 61	MACK	19,96	29,94	9980,00	49,90
22	CaCH 66	MACK	4,99	39,92	9980,00	69,86
23	CaSA 67	INTERNATIONAL	24,95	39,92	14970,00	49,90
24	CaSA 71	MACK	29,94	39,92	12475,00	49,90
25	CaST 72	MACK	4,99	29,94	7485,00	79,90
26	CaST 75	MACK	19,96	19,96	7485,00	69,86
27	CaCH 76	MACK	4,99	39,92	9980,00	49,90
28	CaST 78	MACK	17,97	19,96	4990,00	49,90
29	CaSA 79	MACK	24,95	39,92	9980,00	49,90
30	CaST 80	MACK	19,96	19,96	4990,00	99,80
31	CaSA 82	INTERNATIONAL	29,94	39,92	7485,00	69,86
32	CaST 84	MACK	19,96	1,00	7500,00	29,94
33	CaSA 88	MACK	29,94	49,90	9980,00	49,90
34	CaST 91	MACK	29,94	39,92	9980,00	29,94
35	CaCH 93	MACK	14,67	29,94	9980,00	29,94
36	CaST 98	MACK	9,98	19,96	4990,00	29,94
37	CaCH 99	MACK	9,98	29,94	7485,00	29,94
38	CaSM100	MACK	15,04	20,06	100297,00	30,09
39	CaST 101	MACK	4,99	19,96	7485,00	29,94
40	CaST 102	MACK	19,96	19,96	4990,00	49,90
41	CaCH 103	MACK	9,98	39,92	4990,00	49,90
42	CaST 104	MACK	19,96	5,99	4990,00	29,94

No.	CODIGO ^(*)	MARCA	ppm SO ₂	ppm NO _x	ppm CO ₂	ppm CO
43	CaST 105	MACK	9,98	39,20	9980,00	9,98
44	CaST 107	MACK	19,96	19,96	7485,00	29,94
45	CaST 108	MACK	14,97	29,94	9980,00	99,80
46	CrCH 1	CAT	9,98	39,22	12475,00	49,90
47	CrCH 2	CAT	4,99	9,98	3992,00	9,98
48	CrCH 3	Konatsu	24,95	9,98	12475,00	49,90
49	CrST 4	Konatsu	4,99	29,94	12475,00	69,86
50	CrCH 5	CAT	15,04	20,05	100297,00	30,09

(*) Ejemplo de codificaciones. CaSTx : Camión Santa Tecla N° de equipo; CrCHx: Cargador Chanmico número de equipo.

La tabla No.2 muestra los resultados obtenidos después de realizar las mediciones de las emisiones de gases a las fuentes móviles por medio del Sistema de Medición de emisiones de gases con tubos Dragger de corta duración

Se han ordenado correlativamente según el número de equipo, que es la identificación de cada fuente fija dentro de la empresa concretera. Se presenta también la marca de cada fuente y el lugar en donde se realizó la medición, ya que las fuentes móviles rotan en los diferentes planteles que la empresa posee.

Los resultados de las emisiones de los gases CO, CO₂, NO_x, y SO₂ son reportados en ppm.

A partir de los resultados obtenidos de las mediciones de gases y presentados en la tabla No. 2 se calculó en forma separada para fuentes fijas, móviles y por cada tipo de gas evaluado: Desviación estándar (σ), Promedio (\bar{X}) En donde:

, Máximo (MAX) y Mínimo (MIN) de la forma siguiente:

*PROMEDIO₍₇₎ = Este es la suma total de todos datos entre el número total de estos. Ej. La sumatoria de las cuantificaciones de la emisión del Dióxido de Azufre (SO₂) es de 821.20 ppm, este dato se divide entre el número de fuentes

móviles a los que se les realizó la cuantificación de la emisión de dicho gas, la cual fueron 50 fuentes móviles en total; por lo tanto este se expresa así:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + \dots + X_n}{n} \quad \text{En donde: } \bar{X} = \text{Promedio.}$$

\hat{n} $X_1 + \dots + X_n =$ Suma de todos los valores de la serie simple.

$n =$ número de valores que componen a la serie simple.

Tabla N° 3 Promedio de Cuantificación de emisión de Dióxido de azufre.

No.	X (ppm)	No.	X (ppm)
1	9.8	26	29.94
2	29.94	27	4.99
3	19.96	28	19.96
4	14.97	29	4.99
5	4.99	30	17.97
6	14.97	31	24.95
7	24.95	32	29.94
8	4.99	33	19.96
9	14.97	34	29.94
10	4.99	35	29.94
11	9.98	36	14.97
12	14.97	37	9.98
13	29.94	38	9.98
14	29.94	39	15.04
15	14.97	40	4.99
16	29.94	41	19.96
17	14.97	42	9.98
18	19.96	43	19.96
19	9.98	44	9.98
20	9.98	45	19.96
21	24.95	46	14.97
22	19.96	47	9.98
23	19.96	48	4.99
24	4.9	49	24.95
25	24.95	50	4.99
		$\Sigma =$	821.20 ppm
		$\bar{X} =$	$\frac{821.20 \text{ ppm}}{50} = 16.42 \text{ ppm}$

** DESVIACION ESTANDAR (σ)₍₇₎ = Valor aproximado de cuanto un valor se aleja de los datos del promedio. Este valor nos ayuda a tener un dato más exacto, para poder tomar una decisión acerca de lo que estamos cuantificando, este dato los obtuvimos según la fórmula que se describe después de la tabla N° 2:

Tabla N° 4 Ejemplo de cálculo de la Desviación Estándar de SO₂ para fuentes móviles

SO ₂ (ppm)		
X_i	$X_i - \bar{X}$	$(X_i - \bar{X})^2$
9,98	-6,444	41,525136
29,94	13,516	182,682256
19,96	3,536	12,503296
14,97	-1,454	2,114116
4,99	-11,434	130,736356
14,97	-1,454	2,114116
24,95	8,526	72,692676
4,99	-11,434	130,736356
14,97	-1,454	2,114116
4,99	-11,434	130,736356
9,98	-6,444	41,525136
14,97	-1,454	2,114116
29,94	13,516	182,682256
29,94	13,516	182,682256
14,97	-1,454	2,114116
19,96	3,536	12,503296
9,98	-6,444	41,525136
9,98	-6,444	41,525136
24,95	8,526	72,692676
19,96	3,536	12,503296
19,96	3,536	12,503296
4,99	-11,434	130,736356
24,95	8,526	72,692676
29,94	13,516	182,682256
4,99	-11,434	130,736356
19,96	3,536	12,503296

X_i	$X_i - \bar{X}$	$(X_i - \bar{X})^2$
4,99	-11,434	130,736356
17,97	1,546	2,390116
24,95	8,526	72,692676
19,96	3,536	12,503296
29,94	13,516	182,682256
19,96	3,536	12,503296
29,94	13,516	182,682256
29,94	13,516	182,682256
14,67	-1,754	3,076516
9,98	-6,444	41,525136
9,98	-6,444	41,525136
15,04	-1,384	1,915456
4,99	-11,434	130,736356
19,96	3,536	12,503296
9,98	-6,444	41,525136
19,96	3,536	12,503296
9,98	-6,444	41,525136
19,96	3,536	12,503296
14,97	-1,454	2,114116
9,98	-6,444	41,525136
4,99	-11,434	130,736356
24,95	8,526	72,692676
4,99	-11,434	130,736356
15,04	-1,384	1,915456
$\bar{X} = 16.424$		$\sum = 3339.6078$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}$$

En donde: N = el números total de los datos

X_i = El dato individual

\bar{X} = El promedio de los datos

Por lo tanto tenemos:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{49-1} (3339.6078)^2}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{48} (3339.6078)^2}$$

$$\sigma = \sqrt{0.020833(3339.6078)^2}$$

$$\sigma = \sqrt{69.5751625}$$

$$\sigma = 8.34$$

***MAXIMO = Es el valor más alto de todos los datos. Ej. En el caso de los resultados de las cuantificación de las emisiones del Dióxido de azufre el valor más alto fue: 29.94 ppm siendo el resultado de siete de las fuentes móviles (CaST5, CaSA48, CaST49, CaSA71, CaSA82, CaSA88, CaST91).

****MINIMO = Es el valor más bajo de todos los datos. Ej. Para los resultados de la cuantificación de emisiones de gases de Dióxido de Azufre el dato mínimo fue 4.99 ppm repitiéndose en varias fuentes móviles.

A continuación en las tablas de la N°. 5 a la N°. 8 se presentan los resultados por cada gas medido y su comparación con los parámetros de normas establecidas (México, Canadá, EPA, OSHA).

Tabla N° 5 Resultados promedios de la cuantificación de emisión de Dióxido de carbono (CO₂) de las fuentes móviles comparados con las norma OSHA⁽¹¹⁾

Normativa		OSHA
		5000,00 ppm
Dato Estadístico		
CO ₂	σ^*	2783.76 ppm
	PROMEDIO**	10,350.51 ppm
	MAX***	100,297.00 ppm
	MIN****	3,992.00 ppm

* PROMEDIO (\bar{X}); ** DESVIACION ESTANDAR (σ); ***MAXIMO (MAX); ****MINIMO (MIN)

El dato promedio resultante de la medición de Dióxido de Carbono (CO₂) en fuentes móviles fue de 10,350.51 ppm con una desviación estándar de 2783.76 ppm, con un máximo de 100,297.00 ppm y un mínimo de 3,992.00 ppm. La norma de Estados Unidos (OSHA) reporta como nivel máximo permisible 5,000 ppm; de los resultados obtenidos en las emisiones de este gas 36 sobrepasan el dato que especifica la normativa de Estados Unidos (OSHA) y 14 fuentes se encontraron dentro de norma. No se hizo comparación con otras normas debido a que no se reportan datos en normativas de otros países para Dióxido de carbono en fuentes móviles.

Tabla N° 6 Resultados promedios de la cuantificación de emisión de Monóxido de Carbono (CO) de las fuentes móviles comparados con las normas de México, Canadá, Estados Unidos (EPA) ⁽¹¹⁾

		Normativa		
		MEXICO	CANADA	EPA
Dato Estadístico		11,0 ppm	15.00 ppm	27.00 ppm
CO	σ^*	24.03 ppm		
	PROMEDIO**	44.12 ppm		
	MAX***	99.80 ppm		
	MIN****	9.98 ppm		

* DESVIACION ESTANDAR (σ); **PROMEDIO (\bar{X}); ***MAXIMO (MAX); ****MINIMO (MIN)

Al analizar las emisiones de Monóxido de Carbono (CO) en las 50 fuentes móviles se obtuvo un valor promedio de 44.12 ppm y una desviación estándar de 24.03 ppm, con un máximo de 99.80 ppm y un mínimo de 9.98 ppm. Los niveles máximos permisibles según normas son: 11.00 ppm (México), 15.00 ppm (Canadá) y 27.00 ppm (EPA), dejando solo dentro de especificaciones norma, a 8 de las 50 fuentes móviles analizadas, cumpliendo las normativas si tomamos como referencia el parámetro más alto que es el de norma de Estados Unidos (EPA).

TABLA N° 7 Resultados promedios de la cuantificación de emisión de Dióxido de azufre (SO₂) de las fuentes móviles comparados con las normas de México, Canadá, Estados Unidos (EPA) ⁽¹¹⁾

		Normativa		
		MEXICO	CANADA	EPA
Dato Estadístico		0,13 ppm	0,33 ppm	0,50 ppm
SO ₂	σ^*	8,34 ppm		
	PROMEDIO**	16,42 ppm		
	MAX***	29,94 ppm		
	MIN****	4,99 ppm		

* DESVIACION ESTANDAR (σ); **PROMEDIO(\bar{X}); ***MAXIMO (MAX); ****MINIMO (MIN)

En el caso particular de la emisión de Dióxido de Azufre (SO₂), se obtuvieron datos de las mediciones con un promedio de 16.42 ppm y una desviación estándar de 8.34 ppm, con un máximo de 29.94 ppm y un mínimo de 4.99 ppm de un total de 50 fuentes móviles; los niveles máximos permisibles son 0.13 (México), 0.33 (Canadá) y 0.50 (EPA), lo que indica los alto niveles de SO₂.

Tabla N° 8 Resultados promedios de la cuantificación de emisión de Gases de Nitrógeno (NO_x) de las fuentes móviles comparados con las normas de México, Canadá, Estados Unidos (EPA) ⁽¹¹⁾

Normativa		MEXICO	CANADA	EPA
		0,21 ppm	0,53 ppm	0,05 ppm
NO_x	σ^*	12.08 ppm		
	PROMEDIO**	27.70 ppm		
	MAX***	49.90 ppm		
	MIN****	1.00 ppm		

* DESVIACION ESTANDAR (σ); **PROMEDIO(\bar{X}); ***MAXIMO (MAX); ****MINIMO (MIN)

El resultado promedio obtenido de óxidos de nitrógeno (NO_x) en las 50 fuentes móviles fue de 27.70 ppm con una desviación estándar de 12.08 ppm, un máximo de 49.9 ppm y un mínimo de 1.00 ppm; sobrepasando los límites establecidos en las normativas: 0.21 (México), 0.53 (Canadá) y 0.05 (EPA).

TABLA N° 9 Resultados obtenidos de medición de gases en cada fuente fija.

CUANTIFICACION DE LA EMISION DE GASES EN FUENTES FIJAS								
	Código ^(*)	EQUIPO	MARCA	MODELO	SO ₂ (pmm)	NO ₂ (pmm)	CO ₂ (pmm)	CO (pmm)
					NSO 13.11.0 2:11	NSO 13.11.0 2:11	OSHA	NSO 13.11.0 2:11
1	GeCH 1	Generador	Onan	100DGDB	9,98	29,94	9980,0 0	69,86
2	GeST2	Generador	Onan	101DGDB	9,98	29,94	1715,0 7	90,27
3	GeSM 3	Generador	Onan	C11UDB	15,04	30,09	1715,0 7	90,27
4	GeSM 4	Generador	Onan	DGD- 4956531	15,04	50,15	12537, 00	150,45
5	BICH5	Blower	*	C43	4,99	29,94	12475, 00	69,86
6	BIST6	Blower	*	M127	9,98	39,92	12475, 00	149,70
7	BISM7	Blower	*	C18	15,04	50,15	7522,2 8	110,33
8	BoCH 8	Bomba	internati onal	19	4,99	49,90	7485,0 0	109,78
9	BoCH9	Bomba	internati onal	35	9,98	39,92	3992	199,6

(*) Codificaciones. Ge: generador, Bl: Blower, Bo: Bomba; CH: Chanmico, ST: Santa Tecla, SM: San Miguel; No: número correlativo.

A continuación se presenta cuadro de resultados por cada gas medido y su comparación con los parámetros de la propuesta de Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.11.02:11 y la normativa de la OSHA para CO₂.

TABLA N° 10 Resultados promedios de la cuantificación de emisión de gases de las fuentes fijas, comparado con la Normativa de Estados Unidos (OSHA) y La Propuesta de NSO 13.11.02:11. ⁽¹⁰⁾

	CUANTIFICACION DE GASES			
DATOS ESTADISTICOS	SO ₂ (ppm)	NO _x (ppm)	CO ₂ (ppm)	CO (ppm)
	NSO 13.11.02:11	NSO 13.11.02:11	OSHA*****	NSO 13.11.02:11
	764,06	244,23	5000,00	401,54
σ^*	3,93	9,32	4466,86	43,25
PROMEDIO**	10,56	38,88	7766,27	115,57
MAX***	15,04	50,15	12537,00	199,60
MIN****	4,99	29,94	1715,07	69,86

* DESVIACION ESTANDAR (σ^*); **PROMEDIO; ***MAXIMO (MAX); ****MINIMO (MIN)

***** Se utilizó la normativa OSHA por no haber referencia para este compuesto en la NSO

Los resultados obtenidos en las mediciones de los gases SO₂, NO_x y CO en las fuentes fijas no sobrepasan los niveles establecidos por las normativas salvadoreñas, mientras que los resultados obtenidos para CO₂ si sobrepasan los límites permisibles en nuestro país.

Según los resultados de los análisis de la emisión de Dióxido de Azufre (SO₂), estos se encuentran por debajo del dato de nivel máximo permisible que es de 764.06 ppm para nuestro país, con un promedio de 10.56 ppm, un máximo de 15.04 ppm y un mínimo de 4.99 ppm.

Para las mediciones de gases de Nitrógeno (NO_x) por las fuentes fijas se obtuvo un dato promedio de 38.88 ppm, un máximo de 50.15 ppm y un mínimo de 29.94 ppm. El evidenciándose que los datos obtenidos del análisis de las 9 fuentes fijas se encuentran por debajo del nivel máximo permisible de 244.23 ppm.

En cuanto a los resultados de las mediciones de Dióxido de Carbono (CO_2), se encontraron algunos niveles por encima de la normativa, 6 de 9 fuentes fijas estaban por encima de 5000 ppm (OSHA). Los resultados fueron en promedio 7,767.27 ppm con un máximo de 12,537.00 ppm y un mínimo de 1,715.07 ppm.

En las emisiones de Monóxido de Carbono (CO) el resultado promedio fue de 115.57 ppm, un máximo de 199.60 ppm y un mínimo de 69.86 ppm; en la propuesta de normativa salvadoreña estipula como límite máximo permisible 401.54 ppm, lo que deja evidenciado que los resultados se encuentran dentro de especificación de la norma NSO 13.11.02:11.

CALCULO DE HUELLA DE CARBONO.

Se enfoca en el método directo.

Para el Cálculo de la Huella de Carbono se utilizaron los resultados obtenidos de los análisis de las emisiones de Dióxido de carbono (CO₂) y Monóxido de carbono (CO). Se tomaron muestras aleatorias simples de 9 fuentes fijas y las 15 fuentes móviles.

Estos datos que se obtuvieron en partes por millón (ppm) fueron convertidos a unidades de miligramos por metro cúbico de aire (mg/m³) basada en la equivalencia propuesta en la literatura anexa de los tubos Dräger de medición: (Anexo 1)

Dióxido de azufre : 1 ppm \equiv 0.60 mg / m³

Óxidos nitrosos : 1 ppm \equiv 1.8 mg/m³

Monóxido de Carbono : 1 ppm \equiv 1.12 mg / m³

Dióxido de Carbono : 1 ppm \equiv 1.8 mg/m³

El cálculo se efectúa tal como se muestra en el ejemplo siguiente:

Dióxido de Carbono: 1 ppm = 1.8 mg/m³

Ejemplo:

$$\begin{array}{r} 1 \text{ ppm} \text{ ----- } 1.8 \text{ mg CO}_2 / \text{m}^3 \\ 9980,00 \text{ ppm} \text{ ----- } X \\ X = \mathbf{17,964.00 \text{ mg CO}_2 / \text{m}^3} \end{array}$$

Los resultados obtenidos de estas conversiones son la concentración de gases de CO y CO₂ emitidos al ambiente en el momento de la realización del análisis; las concentraciones presentadas en la tabla No. 11 son el resultado de la emisión de estos gases en una jornada diaria de producción de concreto de 10 horas, donde también se presenta la sumatoria de las concentraciones de esos gases y sus respectivos promedios.

Para realizar esta medición se toma los datos obtenidos de las mediciones de CO y CO₂, luego se convierten a las horas laborales que se trabaja en la empresa y relacionando la producción al día ya que si no hay producción estos no trabajan.

Tiempo de toma de muestra----- Concentración de gas

Tiempo de jornada laboral----- X

Ejemplo: Datos de huella de carbono del camión mezclador No.1

30 Seg ----- 17,964.00 mg CO₂ / m³ emitidos

36,000 Seg ----- X = **21,556,800 mg CO₂ / m³**

Tabla N°. 11 Concentraciones de CO₂ y CO emitidas por fuentes móviles en 10 horas diarias.

FUENTES MOVILES			
N°	Camión	CO ₂ mg/m ³	CO mg/m ³
1	1	21,556,800	34.284
2	4	16,167,600	34.350
3	7	10,778,400	20.610
4	10	16,167,600	20.478
5	13	26,946,000	34.350
6	16	21,556,800	6.870
7	19	26,946,000	34.284
8	22	21,556,800	47.784
9	25	16,167,600	34.284
10	28	10,778,400	34.350
11	31	16,167,600	48.090
12	34	21,556,800	20.610
13	37	16,167,600	20.568
14	40	10,778,400	34.350
15	43	431.136	6.870
16	Cargador	26,946,000	32.934
17	Cargador	8,622,000	6.828
18	Cargador	26,946,000	34.134
19	Cargador	26,946,000	47.784
20	Cargador	216,641,520	20.580
	Σ =	559,825,056	574.392
	promedio	27,991,252.8	28.71

Tabla N°.12 Concentraciones de CO₂ y CO según 10 horas laborales al día en fuentes fijas

FUENTES FIJAS			
N°	FUENTE	CO ₂ mg/m ³	CO mg/m ³
1	Generador	8,011,533	68.5425
2	Blower	27,780,040	75.214
3	Bomba	12,395,160	105.808
	Σ =	48,186,732.99	199.5645
	promedio	16,062,244.33	66.5215

Las concentraciones obtenidas por la lectura se relación con el tiempo de las horas laborales de la empresas ya que en todo ese tiempo se emite monóxido de carbono (CO) y Dióxido de carbono (CO₂), la cantidad de estos gases es la que necesitamos cuantificar como huella de carbono.

El Cálculo de la Huella de Carbono se obtiene a partir de la suma total de las concentraciones de las emisiones de CO y CO₂ de las fuentes analizadas (fijas y móviles) durante todo el proceso de generación de un producto en particular, en nuestro caso el concreto.

Se saca la sumatoria final de todos los resultados y se promedia; trabajando con los promedios estos se suma dando como resultado el dato de la huella de carbono.

Aplicando la fórmula siguiente:

$$\text{HUELLA DE CARBONO} = [\text{CO}_2 + \text{CO}]_{\text{Fuentes Móviles}} + [\text{CO}_2 + \text{CO}]_{\text{Fuentes Fijas}} \quad (2)$$

Fuentes Móviles Fuentes Fijas

Los datos de CO Y CO₂ son los promedios de todas las fuentes analizadas.

Este método para calcular la HUELLA DE CARBONO (Sistema de Medición de emisiones de gases con tubos Dräger de corta duración) es de forma directa el tubo nos proporciona una concentración (en ppm) y esta se trabaja de la manera explicada anteriormente, se toma en cuenta el tiempo en que estuvieron en marcha las fuentes y la cantidad de producto que se generó; El método teórico para calcular la Huella de se explica con la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{HUELLA DE CARBONO} &= [\text{CO}_2 + \text{CO}]_{\text{Fuentes Móviles}} + [\text{CO}_2 + \text{CO}]_{\text{Fuentes Fijas}} \\ \text{H.C.} &= [27,991,252.8 \text{ mgCO}_2/\text{m}^3 + 28.71 \text{ mg CO}/\text{m}^3] + [16,062,244.33 \text{ mgCO}_2/\text{m}^3 + 66.5215 \text{ mg CO}/\text{m}^3] \\ \text{H.C.} &= 27,991,281.51 \text{ mg}/\text{m}^3 + 16,062,310.85 \text{ mg}/\text{m}^3 \\ \text{H.C.} &= 44,053,592.32 \text{ mg}/\text{m}^3 \end{aligned}$$

400 m³ DIARIOS DE PRODUCCION DE CONCRETO GENERAL UNA HUELLA DE CARBONO

$$\text{DE } 44,053,592.36 \text{ mg}/\text{m}^3 \equiv 44.0535 \text{ Kg}/\text{m}^3$$

Huella de carbono = Datos de la actividad (masa / volumen / kWh / km) x
Factor de emisión (CO₂ por unidad) ⁽²⁾

Al sumar algebraicamente los promedios de ambas fuentes se comparó con la producción por día de concreto que es de 400 m³ diario; dando un resultado de:

$$44,053,592.36 \text{ mg}/\text{m}^3 \equiv 44.0535 \text{ Kg}/\text{m}^3$$

Esta es la cantidad de CO₂ y CO que la empresa emite diariamente durante todo el proceso productivo del a generación del concreto.

CAPITULO VI
CONCLUSIONES

6. CONCLUSIONES

1. La verificación de los tiempos para la toma de muestra de cada gas: CO_2 (0.5 minutos), CO (1 minuto), SO_2 (1.5 minutos) y NO_x (1.08 minutos), en las diferentes fuentes de emisión (fijas y móviles) fue necesaria para la planificación de la parte experimental esto con el fin de no retrasar la producción de la empresa.
2. El análisis de Dióxido de azufre (SO_2) da como resultado niveles altos de emanación de dicho gas (Promedio: 16.42 ppm), en comparación a las normas de Canadá (0.33 ppm), México (0.13 ppm) y Estado Unidos (0.50 ppm); esta elevación se atribuyen a la calidad del combustible, siendo un factor que es manipulado por terceros (distribuidores de Diesel) y difícilmente se puede actuar sobre ello.
3. El Óxidos de Nitrógeno (NO_x) aunque hubieron resultados de emisiones bajas la mayoría se encontró sobrepasando por mucho las normativas (Promedio: 27.70 ppm): México (0.21 ppm), Canadá (0.53 ppm) y EPA (0.50 ppm); se deben a que el nitrógeno (N_2) actúa como moderador del O_2 , en el proceso de combustión. En la combustión se debe inyectar aire y el O_2 siempre irá acompañado del N_2 ; por lo tanto las mismas cantidades de O_2 son las que entran de N_2 . Al ajustar los motores de un vehículo diesel este lo que hace mecánicamente es inyectar más aire, para que el motor se encuentre mas frio y pueda realizar la combustión más rápido, de esta forma permitiendo que la combustión no termine por la constante entrada de aire quedando residuos de N_2 y O_2 sin utilizar, esto se convierte el NO_2 que sale a contaminar mas el medio ambiente.

4. El Dióxido de Carbono (CO₂) presentó altos niveles (10350.51 ppm) en comparación con la Norma de Estados Unidos (OSHA: 5000 ppm); El Monóxido de Carbono (CO) presentó niveles altos (44.12 ppm) en comparación con la normativas de México (11.0 ppm), de Canadá (15 ppm) de Estados Unidos (EPA: 27 ppm), esto debido a la combustión incompleta que se realiza en los motores de las fuentes móviles al ponerlas en funcionamiento.

5. En las fuentes fijas que incluyen 3 Blowers, 4 generadores de energía y 2 bombas impulsoras de concreto, los resultados de las emisiones de CO (115.57 ppm), SO₂ (10.56 ppm) y NO_x (38.88 ppm) se encontraron dentro de la propuesta de Norma Salvadoreña Obligatoria (NSO: 13.11.02:11): 401.54 ppm, 764.06 ppm y 244.23 ppm respectivamente se consideran que no son fuente de contaminación ambiental.; el CO₂ (7766.27 ppm) que fue comprado con la Normativa de Estados Unidos (OSHA: 5000 ppm) si sobrepasa los niveles permisibles de esa normativa siendo considerado un contaminante del medio ambiente.

6. El valor obtenido de HUELLA DE CARBONO es una línea base que permite conocer el estado actual de aporte del dióxido y monóxido de carbono que la empresa emite a la atmósfera con esto planificarán intervenciones que conlleven a la reducción de estos gases; ya que a medida se disminuye el valor de Huella de Carbono así también se contribuye a la disminución del nivel de contaminación a la atmosfera evitando que siga incrementando el efecto invernadero.

CAPITULO VII
RECOMENDACIONES

7. RECOMENDACIONES

1. Al Organismo Salvadoreño de Normalización (OSN) en conjunto con el Ministerio de Medio Ambiente y otras instituciones encargadas de velar por el cuidado del medio ambiente, elaboren una normativa que incluyan los gases seleccionados en esta investigación para fuentes móviles que ocupan como combustible diésel; la cual vendría a ser de gran interés al país y así aplicarla ayudando notablemente a la disminución de la contaminación del aire; evaluando las fuentes cada cierto tiempo para que no sobre pase los niveles estipulados en la norma que se establezca.
2. A las empresas en general que utilizan equipos que trabajan con motores de combustión diésel gestionar este tipo de análisis periódicamente, para evaluar cómo se encuentran los niveles de los contaminantes analizados en esta investigación y así tomar alternativas de solución para disminuir la contaminación al ambiente.
3. Al Ministerio de Economía que haga las gestiones necesarias para modernizar los refinados del crudo (petróleo) para tener un combustible de mejor calidad con menor cantidad de Dióxido de Azufre (SO_2), y así disminuir este contaminante al momento de la combustión.
4. A la empresa, con respecto a las fuentes móviles y fijas: bajar los niveles de Monóxido de Carbono (CO) y Dióxido de Carbono (CO_2) controlando los niveles de NO_x . Esto se puede hacer gestionando personal idóneo para realizar el ajuste al motor, y después de cada ajuste medir los niveles de los gases involucrados.

5. A la empresa, realizar el análisis de HUELLA DE CARBONO, una vez al año y en la misma temporada que se analizó el año anterior esto para asegurar un mayor control de los análisis y después de haber realizado los cambios significativos que varíen los niveles de gases emitidos por fuentes móviles y fuentes fijas.

6. A futuros trabajos de graduación de la Facultad de Química y Farmacia, que realicen proyectos del área de medio ambiente que involucren a las empresas que utilizan motores a base de combustible diesel.

BIBLIOGRAFIA

1. AMBIENTUM. Medio Ambiente – Impactos ambientales” Un fenómeno llamado “Smog”, [monografía en internet]* Argentina: Estructurplanon line, 2000, [Acceso 17 de enero de 2013]. Disponible en:
<http://www.estrucplan.com.ar/Articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=209>
2. British Standards Institution, Guide to PAS 2050 How to assess the carbón footprint of goods and services. UK. 2008.
3. Frers C. Medio Ambiente – Impactos ambientales” Los problemas de la Contaminación Ambiental y humana”, [monografía en internet]* Argentina: Estructurplanon line, 2006, [Acceso 17 de enero de 2013]. Disponible en:
<http://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=1339>
4. Dióxido de azufre [sede web].India,CentreforEcologicalSciences, IISc, Bangalore; acceso 17 de enero del 2013.
Disponible en:
<http://wgbis.ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/HDL/ENV/envsp/Vol3htm>
5. Ecured.com, aire [sede web].Cubana: Enciclopedia Colaborativa Cubana: EcuRed.com; 2001-[actualizado el 7 enero del 2013]; acceso 17 de enero del 2013. Disponible en:
http://www.ecured.cu/index.php/Di%C3%B3xido_de_Nitr%C3%B3geno
6. Ecured.com, aire [sede web]. Cubana: Enciclopedia Colaborativa Cubana: EcuRed.com; 2001-[actualizado el 11 enero del 2013]; acceso 17 de enero del 2013. Disponible en: <http://www.ecured.cu/index.php/Aire>
7. Estadística Aplicada Básica. Moore, Davis S. Antoni Bosch editor. Páginas 32-85. Barcelona España, 2000.
8. La contaminación aire [sede web].Washington; 1999; acceso 17 de enero del 2013.
Disponible en:<http://www.envtox.ucdavis.edu/toxins/spanish/airpollution.htm>
9. Manual de tubos Drager / CMS. Drager Safety AG & Co KGa. 14a edición. Drager Safety Hispania. Madrid, 2006.

10. Norma Salvadoreña Obligatoria 13.11.02:11. Emisiones Atmosféricas Fuentes Fijas Puntuales. Editada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT. El Salvador. 2002.
11. Normas, reglamentos, planeación y aplicación de las leyes nacionales, estatales y locales sobre calidad del aire y cambio climático en América del Norte. Para el Secretariado de la CCA por M.J. Braqdley and Associates, Inc., como parte de las actividades del plan de trabajo de 2003 de la CCA para realizar un estudio comparativo de las normas, los reglamentos, la planeación y las prácticas de aplicación de las leyes sobre calidad del aire nacionales, de entidades federativas y locales en los países de América del Norte. Comisión para la Cooperación Ambiental. Mayo 2004.
12. Oceana.org, fuentes de emisiones de gases contaminantes [sede web]. OCEANA: oceana.org; 2010; acceso 17 de enero del 2013.
Disponible en:
<http://oceana.org/es/eu/que-hacemos/cambio-climatico-y-energias-renovables/cambio-climatico/mas-informacion/fuentes-de-emisiones-de-gases-contaminant>.
13. Oceano Uno Color Diccionario Enciclopedico, Oceano, Oceano Group, Oceano Editorial, 2000
14. Sánchez N., Edwin N. Compendio de Legislación Ambiental. Reglamento para la Regulación de las Emisiones de Gases Contaminantes y Humo de los Vehículos Automotores. Honduras. 2011
15. Wikipedia.com, aire [sede web]. Creative Commons Atribución Compartir: wikipedia.com; 2010-[actualizado el 16 enero del 2013]; acceso 17 de enero del 2013. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Aire>
16. Wikipedia.com, Dióxido de azufre [sede web]. Creative Commons Atribución Compartir: wikipedia.com; 2010-[actualizado el 26 de diciembre del 2012]; acceso 17 de enero del 2013.
Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/dioxido de azufre](http://es.wikipedia.org/wiki/dioxido%20de%20azufre).

17. Wikipedia.com, Dióxido de nitrógeno [sede web]. Creative Commons Atribución Compartir: wikipedia.com; 2010-[actualizado el 09 de diciembre del 2012]; acceso 17 de enero del 2013. Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/dioxido de nitrogeno](http://es.wikipedia.org/wiki/dioxido%20de%20nitrogeno)
18. Wikipedia.com, Gasoleo [sede web] Creative Commons Atribución Compartir: wikipedia.com; 2010-[actualizado el 12 de diciembre del 2012]; acceso 17 de enero del 2013.
Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/gasoleo>.
19. Wikipedia.com, Monóxido de carbono [sede web]. wikipedia.com; 2010-[actualizado el 08 de enero del 2013]; acceso 17 de enero del 2013.
Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/monoxidodecarbono>

GLOSARIO ⁽¹³⁾

1. **Altitud:** es la distancia vertical a un origen determinado, considerado como *nivel* cero, para el que se suele tomar el nivel medio del mar.
2. **Antiséptico:** son sustancias antimicrobianas que se aplican a un tejido vivo o sobre la piel para reducir la posibilidad de infección, sepsis o putrefacción.
3. **Asbestosis:** es una enfermedad rara pulmonar causada por la inhalación de fibras de asbesto (también conocido como *amianto*).
4. **Atmosfera:** Es la capa de gas que rodea a un cuerpo celeste. Los gases son atraídos por la gravedad del cuerpo, y se mantienen en ella si la gravedad es suficiente y la temperatura de la atmósfera es baja.
5. **Calentamiento global:** es un término utilizado para referirse al fenómeno del aumento de la temperatura media global, de la atmósfera terrestre y de los océanos.
6. **Combustión:** es una reacción química de oxidación, en la cual generalmente se desprende una gran cantidad de puntos en forma de calor y luz, manifestándose visualmente gracias al fuego, u otros.
7. **Combustible:** es cualquier material capaz de liberar energía cuando se oxida de forma violenta con desprendimiento de calor. Supone la liberación de una energía de su forma potencial (energía de enlace) a una forma utilizable sea directamente (energía térmica) o energía mecánica (motores térmicos) dejando como residuo calor (energía térmica), dióxido de carbono y algún otro compuesto químico.
8. **Concreto:** es un material compuesto empleado en construcción, formado esencialmente por un aglomerante al que se añade partículas o fragmentos de un agregado, agua y aditivos específicos.
9. **Densidad:** Es una magnitud escalar referida a la cantidad de masa en un determinado volumen de una sustancia.
10. **Depuración:** eliminación física de un componente determinado.

11. Emboladas: son el número de veces que debe presionarse la bomba de muestreo que extrae el aire de los tubos reactivos Dräger para que los gases en estudio pueda pasar por ellos y así poder ser identificados al reaccionar con los indicadores.
12. Emisión: son todos los fluidos gaseosos, puros o con sustancias en suspensión; así como toda forma de energía radioactiva, electromagnética o sonora, que emanen como residuos o productos de la actividad humana o natural.
13. Energía Eólica: es la energía obtenida a partir del viento, es decir, la energía cinética generada por efecto de las corrientes de aire, y que es convertida en otras formas útiles de energía para las actividades humanas. es la energía obtenida a partir del viento, es decir, la energía cinética generada por efecto de las corrientes de aire, y que es convertida en otras formas útiles de energía para las actividades humanas.
14. Erosión Eólica: El desgaste que puede sufrir las rocas o bien a remoción del suelo por parte del viento.
15. Fenómenos atmosféricos: son todas aquellas actividades que ocurren en la atmósfera de manera natural, tengan o no relación con el clima. Se producen por la interacción de los diferentes elementos climáticos entre sí o con otros elementos atmosféricos (polvo en suspensión, luz del sol).
16. Fuentes Fijas: son las fuentes que se encuentran en un determinado lugar, que emanan gases contaminantes.
17. Fuentes Móviles: son las fuentes que se recorren distancias largas, que emanan gases contaminantes
18. Gases Inertes: es un gas no reactivo bajo determinadas condiciones de presión y temperatura. Los gases inertes más comunes son el nitrógeno y los gases nobles.

19. Gases Nobles: son un grupo de elementos químicos con propiedades muy similares; por ejemplo, los gases nobles todos son muy radioactivos bajo condiciones normales, son gases monoatómicos inodoros, incoloros y presentan una reactividad química muy baja. Se sitúan en el grupo 18 (8A) de la tabla periódica (anteriormente llamado grupo 0)
20. Hollín: son partículas sólidas de tamaño muy pequeño, desde unos 100 nanómetros (100 nm) hasta 5 micras (5 μm) como máximo. En su mayoría compuestas de carbono impuro, pulverizado, y generalmente de colores oscuros más bien negruzcos, resultantes de la combustión incompleta de un material (madera, carbón, etc). Su aspecto es similar a la ceniza pero con un tono más negro.
21. Ionización: es el fenómeno químico o físico mediante el cual se producen iones, estos son átomos o moléculas cargadas eléctricamente debido al exceso o falta de electrones respecto a un átomo o molécula neutra.
22. Materia Prima: a la materia extraída de la naturaleza y que se transforma para elaborar materiales que más tarde se convertirán en bienes de consumo.
23. Metalurgia: es la técnica de la obtención y tratamiento de los metales a partir de minerales metálicos.
24. Muestreo aleatorio: Es técnica para la selección de una muestra a partir de una población.
25. Nivel máximo Permisible: es el valor mas alto permitido por alguna entidad reguladora.
26. Parafinas: es también el nombre técnico de los alcanos en general, aunque en la mayoría de los casos se refiere específicamente a un alcano lineal o alcano *normal* — si posee ramificaciones, los *isoalcanos* también son llamados *isoparafinas*.

27. Partes por Millón (ppm): es la unidad de medida con la que se evalúa la concentración. Se refiere a la cantidad de unidades de la sustancia (agente, etc) que hay por cada millón de unidades del conjunto.
28. Petróleo: es una mezcla homogénea de compuestos orgánicos, principalmente hidrocarburos insolubles en agua.
29. Polución: Contaminación intensa del agua o del aire, producida por los residuos de procesos industriales o biológicos.
30. Presión: es una magnitud física que mide la proyección de la fuerza en dirección perpendicular por unidad de superficie, y sirve para caracterizar cómo se aplica una determinada fuerza resultante sobre una línea.
31. Silicosis: es la neumoconiosis producida por inhalación de partículas deslice, entendiéndose por neumoconiosis la enfermedad ocasionada por depósito de polvo en los pulmones con una reacción patológica frente al mismo, especialmente de tipo fibroso.
32. Temperatura: se define como una magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico, definida por el principio cero de la termodinámica
33. Vapor de agua: es un gas que se obtiene por evaporación o ebullición del agua líquida o por sublimación del hielo. Es inodoro e incoloro.
34. Volatilización: La sublimación o volatilización, es el proceso que consiste en el cambio de estado de la materia sólida al estado gaseoso sin pasar por el estado líquido.

ANEXOS

Anexo N°1.

Tubos Dräger de corta duración que se utilizaran en la realización de los análisis de los diferentes gases.

Dióxido de Azufre

RANGO DE APLICACION

Rango de medida estándar: 0,1 a 3 ppm

1ppm SO₂ ≡ 2,67 mg de SO₂ / m³ de aire.

1 mg de SO₂ / m³ de aire ≡ 0,37 ppm de SO₂ (a 20°C, 1013 hPa)

Numero de emboladas n: 100

Duración de la medida: aprox. 20 min.

Desviación estándar: ± 10 a 15 %

Cambio de color: amarillo → naranja

CONDICIONES AMBIENTALES

Temperatura: 15 a 30 °C

Humedad: 3 a 15 mg H₂O/L

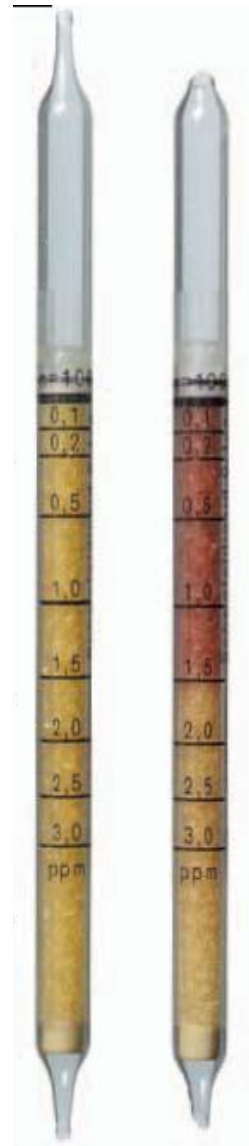
Factor de corrección: $F = 1013 / \text{Presión del aire real (hPa)}$

Principio reactivo

SO₂ + Na₂[HgCl₄] + rojo de metilo → Na₂[Hg(SO₃)₂] + 4 HCl

INTERFERENCIAS

En presencia simultánea de otros gases ácidos una medición de dióxido de azufre no es posible.



Dióxido de Nitrógeno

RANGO DE APLICACION

Rango de medida estándar: 5h a 25 ppm / 0,5h a 10 ppm

1 ppm de NO₂ ≡ 1.92 mg de NO₂ / m³ de aire

mg de NO₂ / m³ de aire ≡ 0,52ppm de NO₂ (a 20°C, 1013 hPa)

Numero de emboladas n: 2 / 5

Duración de la medida: aprox. 15 s. / 40 s.

Desviación estándar: • ± 10 a 15 %

Cambio de color: gris verdoso → azul gris

CONDICIONES AMBIENTALES

Temperatura: 0 a 40 °C

Humedad ≤ 30 mg/ L (corr. 100% de humedad real a 30°C)

Factor de Correccion: $F = 1013 / \text{Presión del aire real (hPa)}$

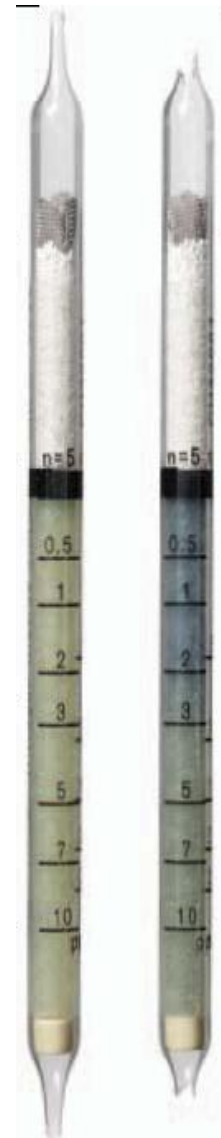
Principio reactivo

NO₂ + difenilbencidina → producto de reaccion gris azulado

INTERFERENCIAS

Cloro y ozono también son indicados, pero con diferente sensibilidad.

El monóxido de nitrógeno no es indicado.



Dióxido de Carbono

RANGO DE APLICACIÓN

Rango de medida estándar: 100 a 3000 pmm

1 ppm de CO₂ ≡ 1.8 mg de CO₂/m³ de aire

1 mg de CO₂/m³ de aire ≡ 0,56 pmm de CO₂ (20°C, 1013 hPa)

Numero de emboladas n: 10

Duración de la medida: aprox. 4 min.

Desviación estándar: • ± 10 a 15 %

Cambio de color: blanco a ligeramente violeta → violeta azulado

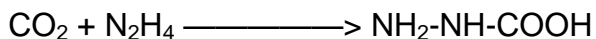
CONDICIONES AMBIENTALES

Temperatura: 15 a 25 °C

Humedad: ≤ 23 mg/ L (corr. 100% de humedad real a 30°C)

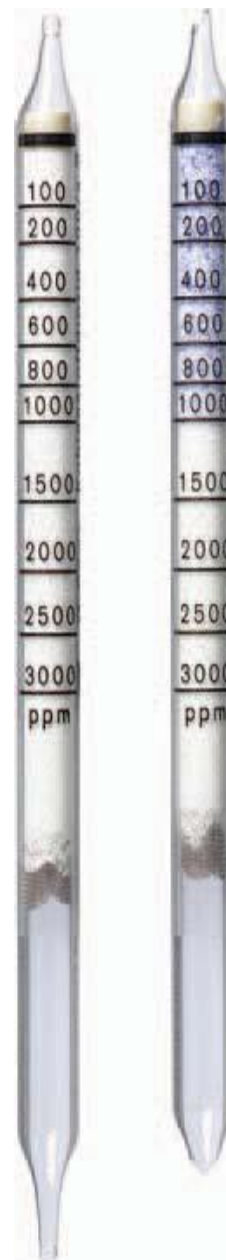
Factor de Correccion: $F = 1013 / \text{Presión del aire real (hPa)}$

Principio reactivo



INTERFERENCIAS

10 pmm de ácido sulfhídrico y 2 pmm dióxido de azufre no perturban la medición



Gases nitrosos

RANGO DE APLICACION

Rango de medida estándar: 20 a 500 ppm

1 ppm de $\text{NO}_2 \equiv 1.92 \text{ mg de NO}_2 / \text{m}^3 \text{ de aire}$

$\text{mg de NO}_2 / \text{m}^3 \text{ de aire} \equiv 0,52 \text{ ppm de NO}_2 \text{ (a } 20^\circ\text{C, } 1013 \text{ hPa)}$

Numero de emboladas n: 2

Duración de la medida: aprox. 30 s.

Desviación estándar: • ± 10 a 15 %

Cambio de color: gris \rightarrow rojo marrón

CONDICIONES AMBIENTALES

Temperatura: 15 a 40 °C

Humedad: max. 40 mg/ L (corr. 100% de humedad real a 35°C)

Factor de Correccion: $F = 1013 / \text{Presión del aire real (hPa)}$

Principio reactivo

a) $\text{NO} + \text{Cr}^{+6} \rightarrow \text{NO}_2$

b) $\text{NO}_2 + \text{o-dianisidina} \rightarrow \text{producto reactivo rojo marrón}$

INTERFERENCIAS

El cloro y el ozono también se muestran pero con diferente sensibilidad



Monóxido de Carbono

RANGO DE APLICACION

Rango de medida estándar: 100h . 700 ppm / 5h . 150 ppm

1ppm \equiv 1.12 mg / m³

Numero de emboladas n: 2 / 10

Duración de la medida: aprox. 50 s. / aprox. 4 min.

Desviación estándar: • \pm 10 a 15 %

Cambio de color: blanco \rightarrow pardo verde

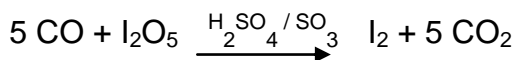
CONDICIONES AMBIENTALES

Temperatura: 0 a 50 °C

Humedad: \leq 50 mg/ L (corr. 100% de humedad real a 40°C)

Factor de Correccion: F = 1013 / Presión del aire real (hPa)

Principio reactivo



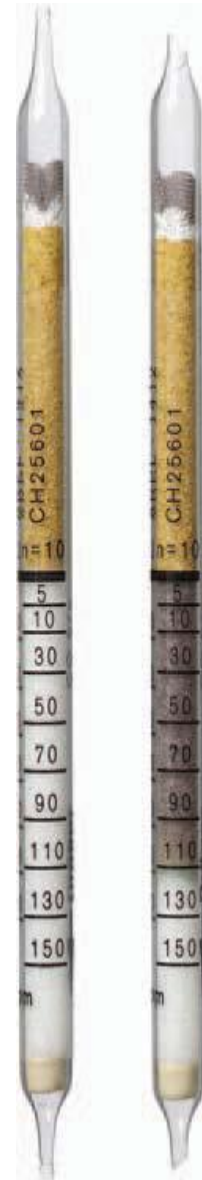
INTERFERENCIAS

El acetileno reacciona de manera parecida al monóxido de carbono, pero con sensibilidad menor.

Los hidrocarburos del petróleo, el benceno, los hidrocarburos halogenados y el ácido sulfhídrico se retienen en la precapa.

La capacidad de esta precapa puede no ser suficiente para altas concentraciones de hidrocarburos halogenados y del petróleo, por lo que se recomienda en estos casos el uso de un pretubo de carbón de referencia CH 24101.

Prácticamente todos los gases y vapores que pueden causar interferencias en la indicación del CO (ej. propano, butano, tricloroetileno, percloroetileno) son adsorbidos por el carbón activo en el pretubo. Hidrocarburos halogenados fácilmente dissociables (por ejemplo, tricloroetileno), en concentraciones más altas pueden producir en la precapa cloruro de cromo, que colorean la capa indicadora marrón amarillento



Anexo N°2.

Situación geográfica de los diferentes planteles de la empresa productora de concreto en donde se llevó a cabo la realización de los análisis de los diferentes gases.

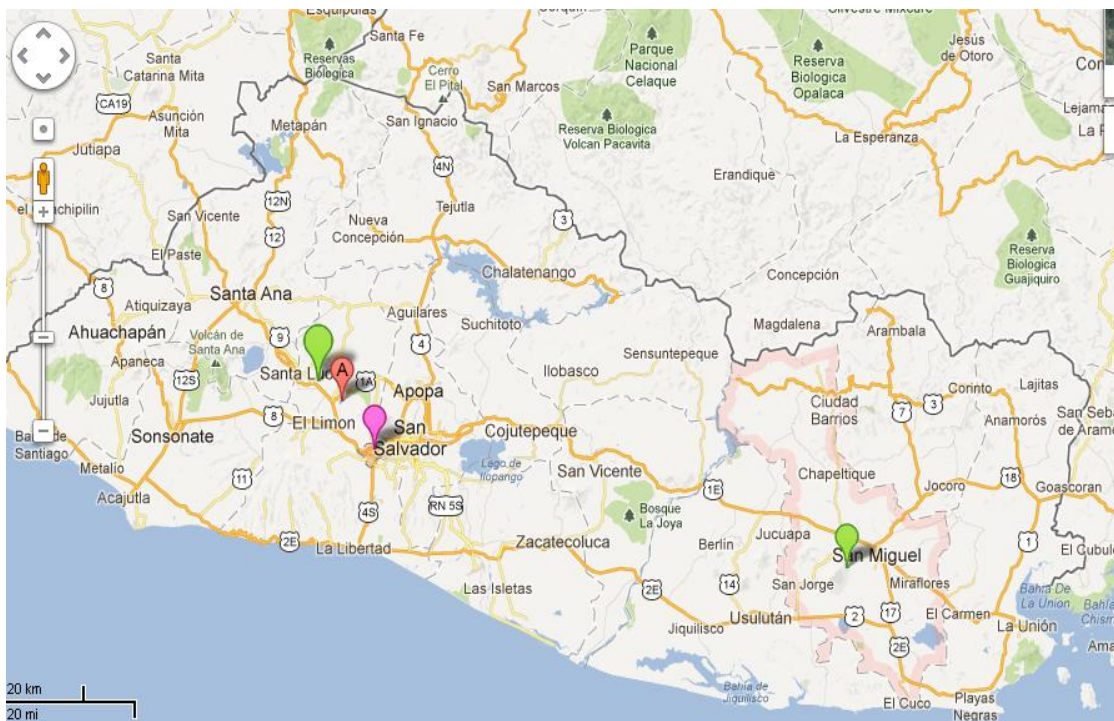


Figura. No. 7 Mapa de El Salvador con la ubicación geográfica de los diferentes planteles de la empresa concretera.

Anexo N°3

Fuentes fijas y Fuentes móviles a los que se les cuantificará los diferentes tipos de gases.

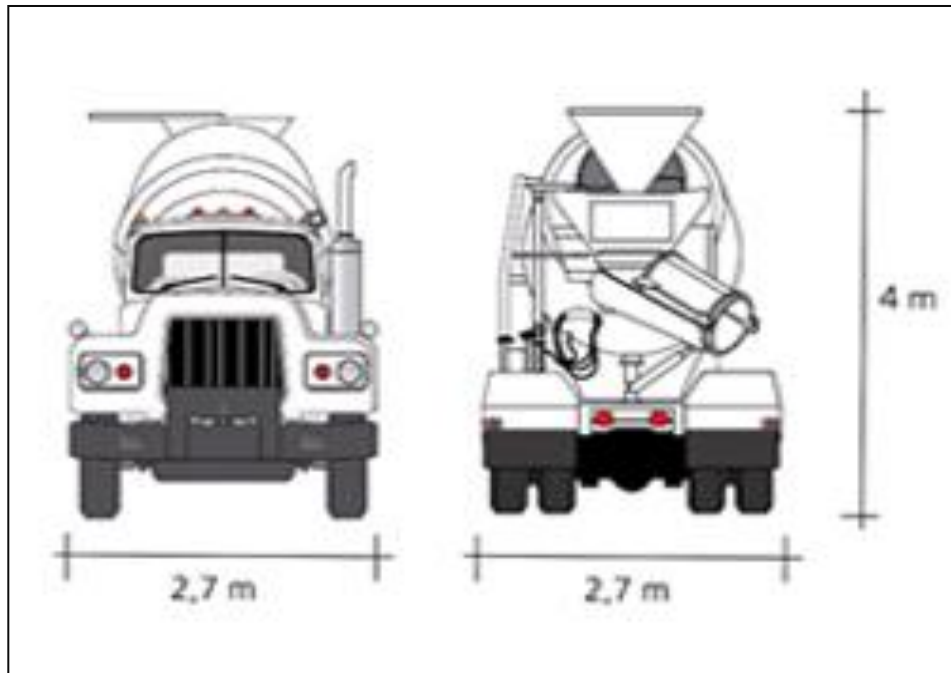


Figura Nº 8 Camión mezclador



Figura Nº 9 Camión Cargador



Figura N° 10 Blower.



Figura N° 11 Bombas impulsadoras de concreto.



Figura N° 12 Generador Eléctrico

Anexo No.4

Hoja de "Permiso de Trabajo"


	Nombre	Permiso de trabajo	OH&S									
	Almacenamiento y retención	Archivo del emisor por 3 meses										
	Disposición final	Dstrucción física										
	Fecha de creación	28-Mar-06										
	Fecha última revisión	11-Feb-11										
Datos generales												
Descripción del trabajo: <i>Medición de gaje de equipos concreteros.</i>												
Área y lugar específico donde se ejecutará el trabajo:												
Jefe del área: <i>Angel Jerez</i>		Fecha de emisión: <i>06/02/13</i>	Fecha vencimiento:									
Permiso de trabajo autorizado para												
Condiciones generales	<input type="checkbox"/> Altura	<input type="checkbox"/> Eléctrico	<input type="checkbox"/> Espacio confinado	<input type="checkbox"/> Caliente	<input type="checkbox"/> Excavaciones y Zanjas							
Factores de riesgo												
Caída diferente nivel	<input checked="" type="checkbox"/> Proyección de partículas	<input checked="" type="checkbox"/> Contacto eléctrico	<input type="checkbox"/> Posición incomoda	<input type="checkbox"/>								
Caída al mismo nivel	<input checked="" type="checkbox"/> Atrapamiento	<input type="checkbox"/> Atropello	<input type="checkbox"/> Vuelco de vehículos	<input type="checkbox"/>								
Derrumbamiento o desplome	<input type="checkbox"/> Explosión	<input type="checkbox"/> Exposición sustancias peligrosas	<input type="checkbox"/> Ruido	<input checked="" type="checkbox"/>								
Caída de objetos	<input checked="" type="checkbox"/> Incendio	<input type="checkbox"/> Exposición altas temperaturas	<input type="checkbox"/> Particulado en el aire	<input checked="" type="checkbox"/>								
Golpes - cortes	<input type="checkbox"/> Quemadura	<input type="checkbox"/> Sobre-esfuerzo	<input type="checkbox"/> Otro:	<input type="checkbox"/>								
Equipo a utilizar												
Casco de seguridad	<input checked="" type="checkbox"/> Mascarilla contra polvo	<input checked="" type="checkbox"/> Delantal plástico	<input type="checkbox"/> Guantes cuero/lona	<input type="checkbox"/> Cinta de señalización	<input type="checkbox"/>							
Lentes de protección	<input checked="" type="checkbox"/> Mascarilla contra humos	<input type="checkbox"/> Arnés contra caídas	<input type="checkbox"/> Guantes algodón/Latex	<input type="checkbox"/> Cono de seguridad	<input type="checkbox"/>							
Gafas de seguridad	<input type="checkbox"/> Mascarilla contra vapores	<input type="checkbox"/> Cuerda de vida	<input type="checkbox"/> Guantes de nitrilo	<input type="checkbox"/> Escalera 1 tramo	<input type="checkbox"/>							
Protección facial	<input type="checkbox"/> Mascarilla media cara	<input type="checkbox"/> Cuerda doble de vida	<input type="checkbox"/> Mangas de cuero	<input type="checkbox"/> Escalera tipo A	<input checked="" type="checkbox"/>							
Careta para soldar	<input type="checkbox"/> Chaleco reflectivo	<input type="checkbox"/> Traje desechable	<input type="checkbox"/> polainas de cuero	<input type="checkbox"/> Escalera de extensión	<input checked="" type="checkbox"/>							
Protección auditiva	<input checked="" type="checkbox"/> Delantal de cuero	<input type="checkbox"/> Guantes de cuero/soldar	<input type="checkbox"/> Calzado de seguridad	<input checked="" type="checkbox"/> Andamio	<input type="checkbox"/>							
Cuestionario de verificación												
	Día 1		Día 2		Día 3		Día 4		Día 5			
CONDICIONES GENERALES (llenado obligatorio para todos los permisos)	NA	SI	NO	NA	SI	NO	NA	SI	NO	NA	SI	NO
Trabajadores con carné vigente de capacitación en OH&S	/											
Trabajadores informados sobre riesgos de la tarea y como controlarlos	/											
Fuentes de energía peligrosa identificadas etiquetadas y bloqueadas	/											
Riesgos por accesos vehiculares y/o peatonales evaluados en la zona	/											
Área ordenada y libre de obstáculos	/											
Equipo de protección a utilizar en buen estado	/											
Herramienta y equipo a utilizar en buenas condiciones	/											
Iluminación del área adecuada	/											
Ventilación del área adecuada	/											
Existe un extintor en buen estado, cercano al área	/											
Área delimitada y señalizada con cinta de seguridad, conos, etc.	/											
Niveles inferiores protegidos por caída de chispas, objetos, sustancias, etc.	/											
Elementos eléctricos expuestos y energizados a más de 3 metros	/											
MSDS de químicos a utilizar disponibles y conocidas por los trabajadores	/											
TRABAJOS EN ALTURA												
Plan de rescate elaborado y explicado a los trabajadores	NA	SI	NO	NA	SI	NO	NA	SI	NO	NA	SI	NO
Arneses anticaídas en buen estado												
Cuerdas de vida cuentan con absorbedor de impacto												
Cuerdas de vida en buen estado												
Puntos de anclaje seguros (capaces de soportar el peso de un pick up)												
Distancia de caída adecuada												
Vigía en caso de persona trabajando sólo en altura												
Escalera en buen estado y fabricada bajo norma												
Tipo de escaleras adecuadas a la tarea												
Altura de la escalera adecuada a la tarea												
Piso y estructura de apoyo asegurados, sin riesgos												
Andamio construido bajo norma												
Andamio en buen estado												
Plataforma del andamio completa												
Maniobra de subida y bajada al andamio asegurada, sin riesgos												

Figura. No.13 Permiso de Trabajo OH&S (frente)

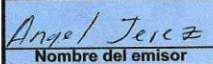
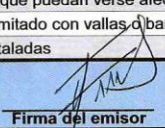





TRABAJOS ELÉCTRICOS	NA	SI	NO	NA	SI	NO	NA	SI	NO	NA	SI	NO	NA	SI	NO
Equipos de protección y maniobra en buen estado															
Ausencia de fuentes de energía peligrosa comprobada															
Guantes dieléctricos en buen estado y adecuados a nivel de voltaje															
Si voltaje > 600 V, ¿se tiene la firma de un ingeniero electricista?															
INGRESO A ESPACIOS CONFINADOS	NA	SI	NO	NA	SI	NO	NA	SI	NO	NA	SI	NO	NA	SI	NO
Plan de rescate elaborado y explicado a los trabajadores															
Vigía de seguridad asignado															
Valor de Oxígeno dentro de rango (19.5%-23.5%)															
Valor del Limite de Explosividad Inferior (LEL) menor al 5%															
Valor de Sulfuro de Hidrógeno menor a 10 ppm															
Valor de Monóxido de Carbono menor a 30 ppm															
Accesos de entrada y salida despejados															
Tuberías vaciadas y purgadas															
Ventilación forzada instalada y probada															
Material que pudiera caer desalojado o asegurado															
TRABAJOS EN CALIENTE	NA	SI	NO	NA	SI	NO	NA	SI	NO	NA	SI	NO	NA	SI	NO
Vigía para la prevención de incendio asignado															
Valor de Oxígeno dentro de rango (19.5%-23.5%)															
Valor del Limite de Explosividad Inferior (LEL) menor a 5%															
Productos inflamables aislados adecuadamente															
Pantallas de seguridad o manparas instaladas															
Cables eléctricos y para soldar debidamente aislados y sin empalmes															
Conexión eléctrica correcta y equipo aterrizado															
Equipo con válvulas anti-retorno															
Mangueras en buen estado, sin empalmes															
Cilindros de gas en buen estado															
Cilindros en posición vertical y asegurados															
Prueba de fuga efectuada															
EXCAVACIONES Y ZANJAS	NA	SI	NO	NA	SI	NO	NA	SI	NO	NA	SI	NO	NA	SI	NO
Verificación con planos de instalaciones subterráneas															
Existen estructuras colindantes que puedan verse afectadas															
Perímetro de la excavación delimitado con vallas o barandas															
Paredes de la excavación apuntaladas															
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  Nombre del emisor </div> <div style="text-align: center;">  Firma del emisor </div> <div style="text-align: center;">  Jefe del área </div> <div style="text-align: center;"> UES. Nombre del ejecutor </div> <div style="text-align: center;">  Empresa </div> </div>															
Día 1, riesgos evaluados por: Observaciones:															
Día 2, riesgos evaluados por: Observaciones:															
Día 3, riesgos evaluados por: Observaciones:															
Día 4, riesgos evaluados por: Observaciones:															
Día 5, riesgos evaluados por: Observaciones:															
LISTADO DE PERSONAS QUE LABORARÁN BAJO ESTE PERMISO															
1	Katerin Abara (Vigia)		7	NOMBRE DEL EMPLEADO	FIRMA										
2	Rina Paré		8	NOMBRE DEL EMPLEADO	FIRMA										
3	Guillermo Castillo		9	NOMBRE DEL EMPLEADO	FIRMA										
4	NOMBRE DEL EMPLEADO	FIRMA	10	NOMBRE DEL EMPLEADO	FIRMA										
5	NOMBRE DEL EMPLEADO	FIRMA	11	NOMBRE DEL EMPLEADO	FIRMA										
6	NOMBRE DEL EMPLEADO	FIRMA	12	NOMBRE DEL EMPLEADO	FIRMA										

Figura. No.14 Permiso de Trabajo OH&S (revés)

Anexo No.5

Verificación de tiempos para la toma de muestra de emisiones de gases

Tabla No. 13 Verificación de tiempos para la toma de muestra de emisiones de gases

ACTIVIDAD	TIEMPO
Colocar adaptador a escape de fuente fija o móvil	3.0 minutos
Romper los tubos	2.0 minutos
Colocar manguera con tubo al adaptador del escape	0.5 minutos
Toma de muestra de SO ₂	1.5 minutos (n=10) [*]
Toma de muestra de NO _x	1.08 minutos (n=2) [*]
Toma de muestra de CO ₂	0.5 minutos (n=2) [*]
Toma de muestra de CO	1.0 minuto (n=5) [*]
Retirar manguera con tubo del adaptador	0.5 minutos
Retirar adaptador de escape de fuente fija o móvil	3.0 minutos
Tiempo estimado de medición de emisiones de gases por fuente	13.08 minutos

(*) n= número de emboladas realizadas para la toma de muestra específica para cada gas de acuerdo al fabricante de los tubos

Anexo No.6

Recolector de Datos

Cuadro N° 11 Cuadro recolector de Datos

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA
RECOLECTOR DE DATOS/ CUANTIFICACION
DE GASES (HOLCIM) CUANTIFICACION DE GASES

GAS A CUANTIFICAR EQUIPO A ANALIZAR	Dióxido de Azufre (SO ₂)	Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	Dióxido de Carbono (CO ₂)	Gases Nitrosos (NO, NO, NO ₂)	Monóxido de Carbono (CO)
	FECHA/HORA: _____ DATO: _____ REALIZA: _____	FECHA/HORA: _____ DATO: _____ REALIZA: _____	FECHA/HORA: _____ DATO: _____ REALIZA: _____	FECHA/HORA: _____ DATO: _____ REALIZA: _____	FECHA/HORA: _____ DATO: _____ REALIZA: _____
	FECHA/HORA: _____ DATO: _____ REALIZA: _____	FECHA/HORA: _____ DATO: _____ REALIZA: _____	FECHA/HORA: _____ DATO: _____ REALIZA: _____	FECHA/HORA: _____ DATO: _____ REALIZA: _____	FECHA/HORA: _____ DATO: _____ REALIZA: _____
	FECHA/HORA: _____ DATO: _____ REALIZA: _____	FECHA/HORA: _____ DATO: _____ REALIZA: _____	FECHA/HORA: _____ DATO: _____ REALIZA: _____	FECHA/HORA: _____ DATO: _____ REALIZA: _____	FECHA/HORA: _____ DATO: _____ REALIZA: _____

ANEXO No.7

Esquema del procedimiento de la toma de muestra

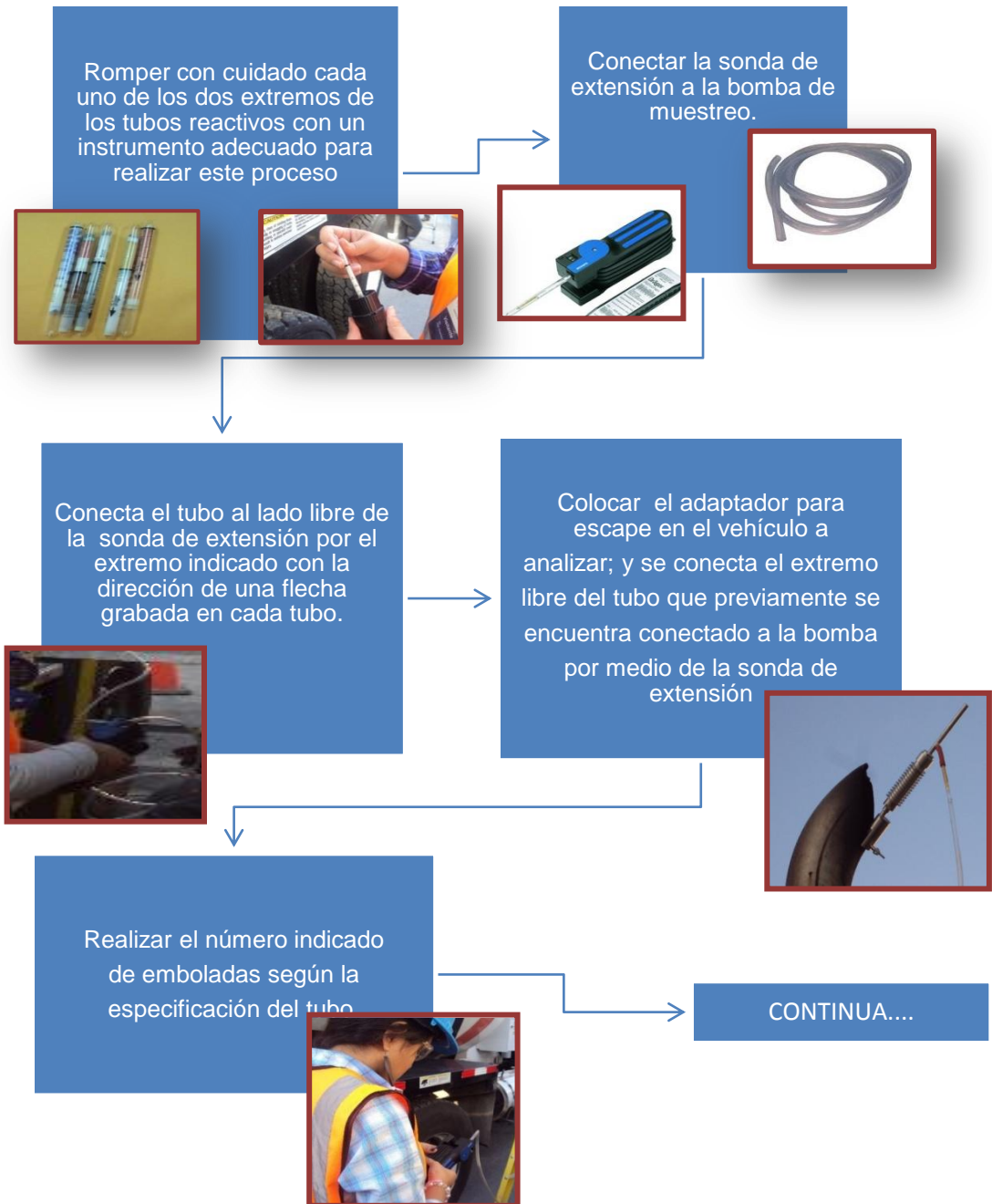
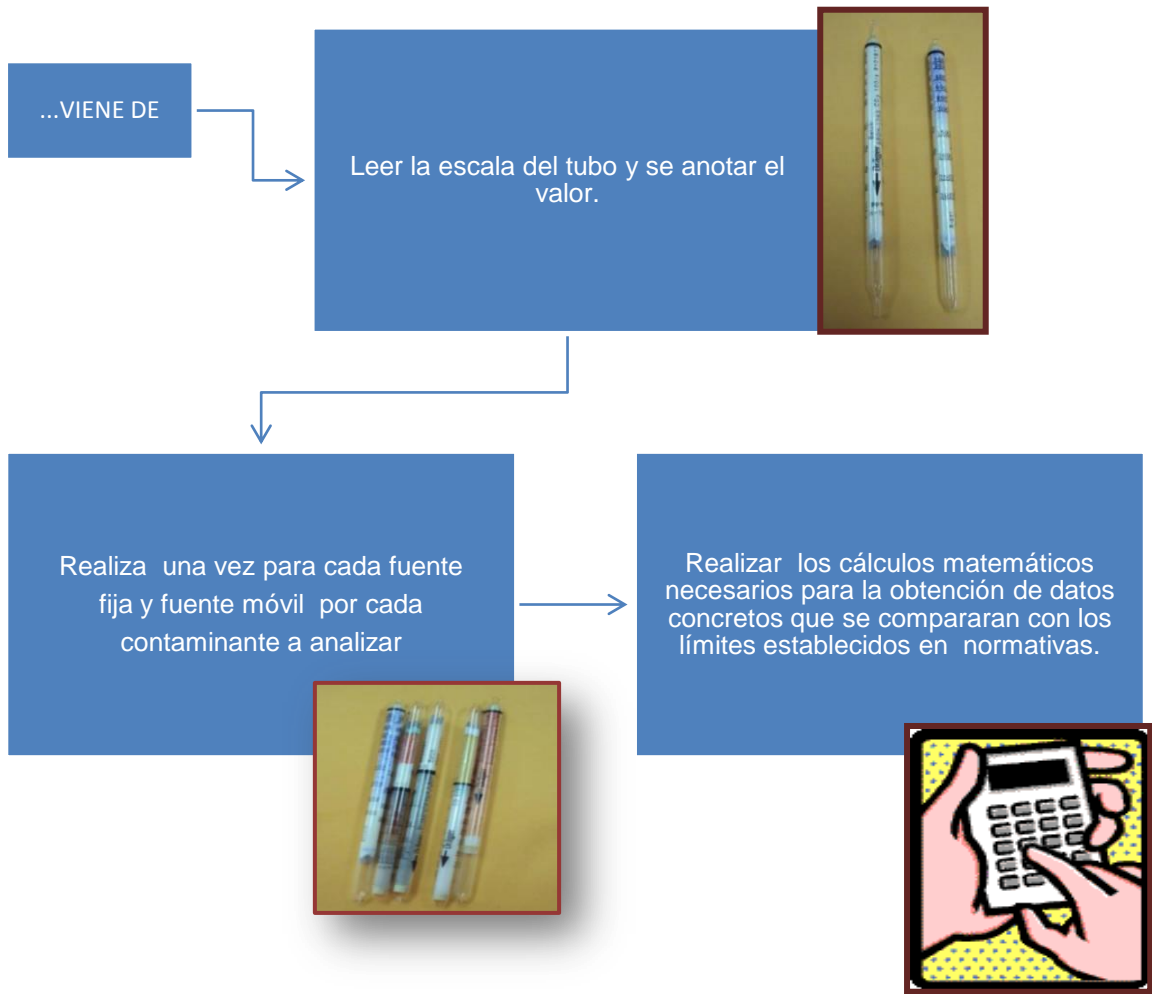


Figura No. 15 Esquema de procedimiento de la toma de muestra



Continuación de Figura No. 15

Anexo No. 8

Técnica de medición con tubos Dräger

Técnica de medición con tubos Dräger⁽⁹⁾

Este primer tubo detector se usó solamente para detección cualitativa de la presencia de monóxido de carbono: la medición cuantitativa aún no se podía efectuar. Hoy en día, los tubos Dräger ofrecen resultados cuantitativos con un alto grado de precisión y selectividad.

¿Qué es un tubo Dräger? En forma muy simple, es un recipiente de vidrio que contiene una mezcla química que reacciona con la sustancia medida y cambia de color. La mayoría de los tubos Dräger tienen una escala graduada y la longitud de la coloración donde ocurre el cambio de color es una indicación de la concentración de la sustancia analizada. La escala impresa permite obtener una lectura directa de la concentración. De este modo, el usuario no tiene que hacer una calibración, es una medida de la reacción del contaminante del aire con la preparación contenida en el tubo Dräger. La escala de calibración se prepara para dar un resultado en ppm o en tanto por ciento en volumen.

Los tubos para mediciones de corta duración están diseñados para hacer mediciones en un sitio determinado y durante un espacio de tiempo relativamente corto. Estas mediciones pueden durar entre 10 segundos y 15 minutos, dependiendo del tubo Dräger utilizado y de la bomba de aspiración.

FUNDAMENTO QUIMICO

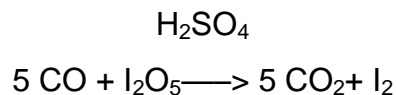
La base de los tubos Dräger con indicación directa son las reacciones químicas del elemento a medir con los productos químicos de las capas de relleno del tubo

Ya que estas reacciones están unidas a un cambio de coloración, los tubos Dräger también pueden ser denominados como sensores químicos colorimétricos. La conversión de sustancia en el tubo Dräger es en primer lugar proporcional a la masa del gas que reacciona. En general es posible

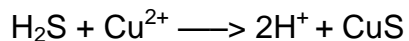
representar cuantitativamente esta conversión en forma de una indicación de longitud de color, en otros casos la conversión dependiente de la masa se realiza mediante la intensidad de color en los tubos de referencia de color. En las capas de relleno de los tubos Dräger se aplican varios sistemas de reacción

A las reacciones clásicas de los tubos Dräger pertenece la conversión del pentóxido de iodo bajo condiciones ácidas a iodo con otras sustancias, por ejemplo, monóxido de carbono. Es básicamente una reacción selectiva de clase para la medición de sustancias fácilmente oxidable. La selectividad puede aumentarse mediante precapas adecuadas:

A las reacciones clásicas de los tubos Dräger pertenece la conversión del pentóxido de iodo bajo condiciones ácidas a iodo, por ejemplo con monóxido de carbono. Es básicamente una reacción selectiva de clase para la medición de sustancias fácilmente oxidable. La selectividad puede aumentarse mediante precapas adecuadas:



Las reacciones de precipitación de sales metálicas son la base de los tubos de ácido sulfhídrico. Las sales metálicas reaccionan con el ácido sulfurico formando sulfuros metálicos difícilmente solubles. Se trata aquí de una reacción iónica rápida, que es prácticamente independiente del flujo de volumen a través del tubo Dräger. Para que esta reacción se produzca es necesaria una cantidad mínima de agua, es decir humedad del aire; por ejemplo:



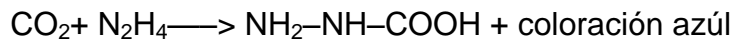
El dióxido de nitrógeno y los halógenos elementales reaccionan con aminas aromáticas formando compuestos coloreados intensamente:



Puesto que los hidrocarburos clorados no tienen una reacción directa al color, es necesario, en este tipo de composición, realizar antes una partición oxidativa de la molécula. Esta reacción se produce bien con permanganato potásico o con compuestos de cromo (VI) formando cloro elemental.

El cloro entonces reacciona con el agente en la capa indicadora produciendo el producto colorimétrico de la reacción.

La medición del dióxido de carbono se realiza mediante oxidación de hidrato de hidracina con presencia de violeta cristal como indicador redox :



Por la normalmente más alta concentración de dióxido de carbono, en comparación con las potenciales sensibilidades cruzadas, esta reacción puede ser considerada como altamente selectiva. Normalmente, no se deben esperar posibles interferencias por ácido sulfhídrico o dióxido de azufre, ya que es raro que puedan aparecer concentraciones tan altas de estas sustancias.

El resultado de la medición depende, junto al uso adecuado del sistema de medición con tubos Drager, de la correcta lectura de la concentración. Condiciones esenciales para la lectura correcta del resultado de medición son:

- Observación continua del tubo Drager durante la medición
- Evaluación inmediatamente después de la medición teniendo en cuenta el manual de uso
- Iluminación suficiente
- Comparación con un tubo Drager sin usar

La observación del tubo Dräger durante la medición es especialmente importante, para asegurar que se reconozca eventualmente una coloración completa del tubo. Esta coloración completa puede producirse ya en el transcurso de la primera embolada, en caso de concentraciones elevadas.

Además, es necesaria una iluminación suficiente. No obstante, debería evitarse una exposición prolongada a la luz solar directa, ya que no se puede desechar totalmente un cambio en la coloración debido a la influencia de los rayos ultravioletas del sol. Un cambio de este tipo podría producirse también, después de transcurrir un periodo de tiempo más largo. La lectura en un tubo Dräger debería comprobarse nada más finalizar la medición. Por ello no tiene ningún sentido guardar los tubos Dräger utilizados como prueba.

Un fondo claro (papel blanco) es de gran ayuda, para poder reconocer y delimitar exactamente el cambio de color. En la oscuridad es aconsejable colocar el tubo sobre el reflector de una linterna encendida. En este caso, una iluminación suficiente y un fondo claro están garantizados. Para reconocer exactamente un cambio de color hay que comparar el tubo Dräger utilizado con un tubo Dräger nuevo (efecto antes/después).

Principio de reactivo:

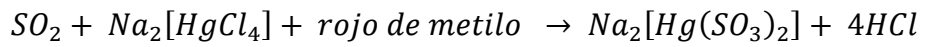


Figura No.16 Comparación tubo Dräger para SO₂

Principio de reactivo:



Figura No.17 Comparación tubo Dräger para CO₂

Principio reactivo



Figura No.18 Comparación tubo Dräger para NO_x

Principio reactivo

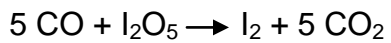


Figura. No. 19 Comparación tubo Dräger para CO

Anexo No. 9

Normas estándares que se utilizaron en el análisis

Cuadro No. 12 . Objetivos Nacionales de Calidad del Aire Ambiente de Canadá:
O. Reg. 153/04

Contaminante	Tiempo promedio	Nivel máximo deseable	Nivel máximo aceptable	Nivel máximo Tolerable
Dióxido de azufre (SO₂)	Anual	11 ppm	23 ppm	---
	24 horas	57 ppm	115 ppm	306 ppm
	1 hora	172 ppm	334 ppm	---
Monóxido de carbono (CO)	8 horas	5 ppm	3 ppm	17 ppm
	1 horas	13 ppm	31 ppm	---
Dióxido de nitrógeno (NO₂) Anual	24 horas	32 ppm	53 ppm	---
	1 hora	---	106 ppm	160 ppm
		---	213 ppm	532 ppm

Cuadro N° 13 Norma Oficial Mexicana para las concentraciones atmosféricas de contaminantes específicos: NOM-022-SSA1-1993.

Contaminante	Exposición aguda		Exposición crónica
	Concentración y tiempo	Frecuencia máx. aceptable	(Para la protección de la salud de la población susceptible)
SO₂ / NOM-022-SSA1-1993	0.13ppm (24 hr)	Una vez al año	0.03ppm (media aritmética anual)
NO₂ / NOM-023-SSA1-1993	0.21ppm (1 hr)	Una vez al año	-----
CO / NOM-021-SSA1-1993	11ppm (8 hr)	Una vez al año	-----

Cuadro N° 14 Normas sobre calidad del aire ambiente en EU- EPA. (NAAQS)

Contaminante	Primaria	Secundaria
SO ₂	Anual: 0.030 ppm 24- horas: 0.14 ppm	3-horas: 0.5 ppm
CO	8- horas: 9 ppm (10 mg/m ³) 1- hora: 35 ppm (40 mg/m ³)	-----
NO ₂	Anual: 0.053 ppm (100 µg/m ³)	Anual: 0.053 ppm (100 µg/m ³)

Cuadro No. 15: Límites máximos permisibles para la elaboración de cemento.

NSO: 13.11.02:11.(10)

Contaminante	Símbolo	Unidad	Actividades	
			En funcionamiento	Nuevas
Dióxido de azufre	SO ₂	mg/Nm ³	600	400
Dióxido de carbono	CO ₂	% vol	Reportar	Reportar
Monóxido de carbono	CO	mg/Nm ³	Reportar	Reportar
Óxidos de nitrógeno	NO _x	mg/Nm ³	1800	600

Cuadro No. 16: Límites máximos permisibles para generadores termoeléctricos con turbinas a vapor y/o con gases de escape. En funcionamiento.
NSO: 13.11.02:11.⁽¹¹⁾

Contaminante	símbolo	Unidad	Actividades	
			En funcionamiento	
			Diesel Oil	Fuel Oil
Dióxido de azufre	SO ₂	mg/Nm ³	2000	3800
Dióxido de carbono	CO ₂	%	Reportar	Reportar
Monóxido de carbono	CO	mg/Nm ³	460	460
Óxidos de nitrógeno	NO _x	mg/Nm ³	460	460

NORMATIVAS SEGÚN: Occupational Safety and Health Administration, es decir Administración de seguridad y salud ocupacional (OSHA).⁽¹¹⁾

Para comparar los resultados de dióxido de carbono se usó la normativa OSHA que plantea un TWA de 5.000 ppm debido a que no hay regulaciones ambientales para esta sustancia.

Anexo No 10

Fotos de evidencia en el momento que se efectuaron los análisis



Figura No.20 Realización de Pruebas pilotos previo a la realización de las Mediciones



Figura No.21 Realización de cuantificación de gases en fuentes móvil
(Camión mezclador)



Figura. No.22 Realización supervisada de cuantificación de gases en fuentes móvil (camión mezclador). Plantel Santa Tecla.



Figura. No.23 Realización supervisada de cuantificación de gases en fuentes móvil (camión mezclador). Plantel San Andrés.



Figura. No.24 Realización de cuantificación de gases en fuentes móvil (Camión cargador)



Figura No.25 Realización de cuantificación de gases en fuentes fija Blower)



Figura No. 26 Realización de cuantificación de gases en fuentes fija (Generador eléctricos)



Figura No. 27 Realización de cuantificación de gases en fuentes móvil (camión cargador)



Figura No.28 Realización de cuantificación de gases en fuentes móvil (camión cargador) con EPP completo.



Figura No.29 Realización de lectura directa posterior al análisis

Anexo No 11

Informe presentado a la Empresa Concretera



FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR



San Salvador 20 de Septiembre 2014

Señor:

Guillermo Torres
Gerente de Operaciones
HOLCIM Concreto.

Estimado Señor Torres:

Nos complace dirigimos a usted deseándole éxitos en sus labores cotidianas.

Por este medio nos dirigimos a usted para hacerle entrega oficial de los resultados obtenidos del cálculo de la huella de carbono en fuentes fijas y fuentes móviles, durante el proceso productivo de concreto; y a la vez para obtener firma y un sello, haciendo constar que hemos entregado a ustedes como empresa estos resultados, con el fin de presentar a nuestras autoridades que hemos cumplido con uno de los objetivos planteados en nuestro trabajo de graduación.

De ante mano le agradecemos su amabilidad y disposición para que nuestro trabajo de graduación fuera un éxito.

Por su amable atención y comprensión a la presente y en espera de una favorable respuesta, les damos las gracias.

Atentamente:

F. 

Br. Katherin Judith Abarca Mejía

F. 

Br. Rhina Yamileth Ayala Paiz

Bajo la supervisión y dirección de:

F. 

Lic. Sandra Peraza
Coordinadora Nacional
Del Programa SALTRA
Salvador
Docente Director de la
Universidad de El Salvador

F. 

Lic. Guillermo Castillo
Docente Director de la
Universidad de El



**CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO EN FUENTES FIJAS Y FUENTES
MÓVILES, DURANTE EL PROCESO PRODUCTIVO DE UNA EMPRESA
CONCRETERA EN EL SALVADOR.**

Para: Holcim Concretos, El Salvador



ANALISTAS RESPONSABLES:

Lic. Sandra Peraza

Lic. Guillermo Antonio Castillo

Br. Katherin Judith Abarca

Br. Rhina Yamileth Ayala

SEPTIEMBRE DE 2014
SAN SALVADOR, EL SALVADOR

CENTROAMERICA

Introducción y método

En la presente investigación se pretendió cuantificar CO_2 , CO , SO_2 y NO_x , gases que generan gran daño al medio ambiente por medio de tubos reactivos Dräger de corta duración estimado para cada gas a estudiar. Estos gases son emitidos las fuentes fijas y móviles, de una empresa generadora de concreto; para lo cual fue necesario efectuar las mediciones de las emisiones de los contaminantes (CO_2 , CO , SO_2 y NO_x) en los escapes de dichos camiones durante la operación de mezclado del concreto; los resultados obtenidos fueron concentraciones de los contaminantes a estudiar que se generan por la combustión del diesel en los camiones mezcladores; estos valores fueron comparados con las normativas de Canada, Mexico, Estados Unidos (EPA y OSHA) y la propuesta de Normativa Salvadoreña Obligatoria NSO: 13.11.02:11, donde expresa los límites permitidos en el aire de las emisiones vehiculares; esto debido a que nuestro país carece de una norma que regule la concentración de los contaminantes a estudiar emitidos por los vehículos que utilizan diesel como combustible para fuentes móviles .

Otro de los datos importantes que se destacaron fue la “Huella de carbono” término usado para describir la cantidad de emisiones de gas de efecto invernadero (GEI) causadas por una actividad particular, y por lo tanto una forma para evaluar su contribución al cambio climático. Entender estas emisiones y de dónde vienen, es necesario para reducirlos. El suministro de emisiones de GEI de la medición de huella de carbón incluye al total de los procesos de producción de concreto por la empresa.

Existen muchas fuentes de emisión de contaminantes pero en las zonas urbanas son las fuentes móviles y las fuentes fijas las que contribuyen al deterioro de la calidad del aire.

El tipo de estudio que se realizó fue de campo y transversal, ya que se estudió el fenómeno en su ambiente y se realizó en un periodo de tiempo puntual. El estudio pretendía verificar si las emisiones de las fuentes fijas y móviles representaban un riesgo para el medio ambiente

La metodología experimental a seguir consistió en el uso de tubos reactivos, que son columnas de vidrio pre-empacadas con un reactivo que es sensible a un contaminante en específico, estas se adaptaron a una bomba de aire y luego de realizadas las emboladas necesarias se pudo determinar la presencia del gas contaminante por el cambio de color en el reactivo que contiene el tubo y a través de una escala inserta que mide en el mismo la concentración del gas en el ambiente en un periodo corto de tiempo.

Para el cálculo de la huella de carbono se tomaron en cuenta solamente los resultados obtenidos en la cuantificación de CO y CO₂ obtenido en el proceso productivo de elaboración de concreto, calculándose esta aritméticamente.

Todo esto lo realizamos durante el periodo comprendido entre los meses de enero- agosto del año 2013.

Método para la cuantificación de emisión de gases

- Medición de huella de carbono.

“Huella de carbono” es un término usado para describir la cantidad de emisiones de gas de efecto invernadero (GEI) causadas por una actividad particular o entidad, y por lo tanto una forma de organizaciones e individuos para evaluar su contribución al cambio climático. Entender estas emisiones y de dónde vienen, es necesario para reducirlos. En el pasado, las empresas que deseaban medir su huella de carbono se han centrado en sus propias emisiones, pero ahora se ocupan cada vez más las emisiones a través de suministros en cadena. Suministro de emisiones de GEI de la cadena incluyen los asociados con los procesos no controlados por la empresa en sí, se puede medir ya sea en la empresa o a nivel de un producto individual.

Hay beneficios para la compañía y el nivel del producto al evaluar las emisiones de la cadena de suministro.

La medición de la huella de carbono de los productos en todo su ciclo de vida es una manera poderosa para las empresas para recopilar información que necesitan como:

- Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero
- Identificar oportunidades de ahorro costo
- Incorporar el impacto de las emisiones a la toma de decisiones sobre los proveedores, materiales, diseño de productos, procesos de fabricación, etc.
- Demostrar liderazgo ambiental y responsabilidad corporativa
- Satisfacer las demandas de los clientes para obtener información sobre la huella de carbono de productos

- Diferenciar y satisfacer las demandas de los consumidores "verdes".

Se evalúan las emisiones de GEI de un producto individual, ya sea un bien o un servicio, a través de su ciclo de vida, desde las materias primas a través de todas las etapas de producción (o de prestación de servicios), distribución, uso y eliminación/reciclaje, de acuerdo con el método especificado en la Especificación Disponible al Público BSI 2050:2008, o 'PAS 2050'.

Este método tiene como objetivo:

- Hacer que las empresas de todos los tamaños y de todos los sectores, evalúen el ciclo de vida de la huella de carbono de sus productos e identificar oportunidades de reducción de emisiones

Compartir las mejores prácticas, herramientas y marcos para el cálculo a nivel de producto emisiones de GEI y las oportunidades de dar prioridad a la reducción de las emisiones.

El método está estructurado en las siguientes secciones:

1. Puesta en marcha: En esta sección se describen los pasos importantes iniciales para garantizar que la aplicación sea rápida, eficaz y que sea de apoyo a las decisiones con respecto a los resultados.

Establecimiento de objetivos: El objetivo habitual de la huella de carbono del producto es reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, sin embargo, las organizaciones pueden tener objetivos específicos dentro de ese objetivo general.

Selección de productos: Al elegir los productos a la huella, ayuda a establecer criterios generales sobre la base de los objetivos del proyecto, y luego de identificar los productos que mejor responden a estos criterios.

Involucrar a los proveedores: Compromiso con los proveedores es fundamental para comprender el ciclo de vida del producto y para la recopilación de datos. Normalmente, las empresas saben que sus propios procesos de producción completamente, sin embargo, más allá de los límites de la empresa, el conocimiento de los procesos, materiales, requisitos de energía y los residuos tiende a variar considerablemente.

2. Cálculos de la huella del producto: PAS 2050 toma una evaluación del ciclo de vida del proceso (CVP) enfoque para evaluar las emisiones de GEI relacionadas con los bienes o servicios, permitiendo a las compañías identificar maneras de reducir al mínimo las emisiones de todo el sistema de productos.

Paso 1: Creación de un mapa de procesos: El mapa de proceso sirve como una herramienta valiosa en todo el ejercicio de la huella de carbono, proporcionando un punto de partida para entrevistas y una referencia gráfica para guiar la recopilación de datos y el cálculo de la huella.

Paso 2: Comprobación de las fronteras y la Guía para la priorización PAS 2050: Una vez que el mapa de procesos de alto nivel ha sido desarrollado, los límites relevantes para el análisis de la huella de carbono deben ser determinados.

Paso 3: Recolección de datos: Inspirada en los cálculos iniciales en el paso 2, comenzará a recopilar datos más específicos lo que permitirá la evaluación de la huella de carbono en más detalle. Esto asegura huellas precisas y reproducibles de carbono y más fácilmente comparable. Datos de buena calidad ayuda a construir una huella que representa el ciclo de una "típica" vida del producto durante un período de tiempo definido, reconociendo las variaciones en la geografía, la distancia y los materiales.

Paso 4: Cálculo de la huella: residuos a través de todas las actividades en el ciclo de vida de un producto, multiplicado por los factores de sus emisiones. El

mismo cálculo consiste simplemente en multiplicar los datos de actividad por el correspondiente factor de emisión.

Balance de masa, la cuantificación de la cantidad total de todos los materiales que entran y salen de un proceso que se conoce como "balance de masas". El paso de balance de masa proporciona la confirmación de que todos los materiales hayan sido totalmente contabilizados y no corrientes están desaparecidos. El concepto fundamental es que la masa total que fluye en un proceso debe ser igual a la masa total que fluye hacia fuera.

Ecuación para determinar la Huella de Carbono:

Huella de carbono = Datos de la actividad (masa / volumen / kWh / km) x
factor de emisión (CO₂ por unidad)

Una vez que las emisiones de GEI se calculan para cada actividad, convertir a CO₂ a partir del potencial de calentamiento atmosférico pertinente (CAP). El cálculo de la huella de carbono normalmente requiere un "balance de masa" para asegurar que todos los flujos de entrada, de salida y de los residuos se tienen en cuenta.

Paso 5: Comprobación de incertidumbre (opcional): El objetivo de este paso es medir y minimizar la incertidumbre en el resultado de la huella y para mejorar la confianza en las comparaciones de huellas y cualquier decisión basada en la huella.

3. Próximos pasos

Validación de los resultados: es útil para verificar el resultado de la medición de la huella de carbono, con el fin de garantizar que las acciones o decisiones se realizan sobre la base de un correcto y constante análisis. PAS 2050 especifica tres niveles de verificación sobre cómo la huella de carbono del producto se

utilice: Certificación, Verificación no acreditada y la Auto-verificación siguiendo el método descrito en la norma ISO 140216. Certificación independiente es muy aconsejable cuando las empresas quieren comunicar la huella de carbono al público.

La reducción de las emisiones. La Huellas de carbono puede proporcionar valiosas ideas para ayudar a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, proporciona una línea de base para medir las reducciones futuras. El análisis ofrece una manera de relacionarse con proveedores, distribuidores, minoristas y los consumidores sobre la manera de reducir las emisiones

Comunicar la huella y reclamar reducciones: Este documento proporciona directrices para la comunicación coherente, transparente de las emisiones y propiedades del producto de reducción.

Equipo y procedimiento a utilizar

Cuantificación de emisiones de gases utilizando Tubos Dräger para mediciones de corta duración.

Los tubos de corta duración se emplean en la medición de concentraciones puntuales. La duración de la medición es normalmente de 10 segundos a 15 minutos. La concentración medida muestra la cantidad del elemento a determinar durante el periodo de duración de la medición. El diseño de los tubos para mediciones de corta duración depende del correspondiente tipo de medición, especialmente de la sustancia a medir y el margen de concentración a determinar.

Dependiendo de estas indicaciones existen diferentes tipos de tubos para mediciones de corta duración:

- Tubos con una capa indicadora.
- Tubos con una o más precapas mas una capa indicadora.
- Combinación de dos tubos.
- Tubos con sondas de conexión.
- Tubos con ampolla de reactivo.
- Tubos para medición simultanea.

Tubos para mediciones de corta duración con una capa indicadora

En estos tubos la capa de relleno completa sirve como capa indicadora.

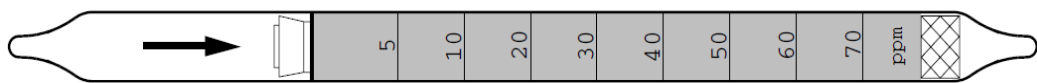


Figura. N° 1 Tubo indicador sin pre-capas.

Tubo para mediciones de corta duración con una o más precapas

Adicionalmente a la capa indicadora existen una o más pre-capas. Estas pre-capas sirven para: absorber humedad, o retener sustancias que interfieren, o convertir sustancias en sustancias medibles.

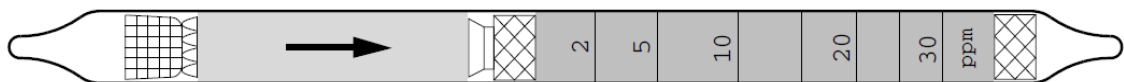


Figura. N° 2 Tubo indicador con una pre-capa.

Para la realización de este trabajo se realizarán muestreos utilizando los tubos reactivos Dräger de corta duración previamente seleccionados de acuerdo a cada tipo de gas a determinar: CO, CO₂, NO₂, NO_x y SO₂.

Además de eso utilizaremos otras herramientas como instrumentos de recolección de datos.

- Tubos Reactivos Dräger
- Bomba de muestreo
- Adaptador para escape
- Sonda de extensión.

El proceso de toma de muestras se lleva a cabo de manera sencilla:

- Primero se rompe con cuidado cada uno de los dos extremos de los tubos reactivos con un instrumento adecuado para realizar este proceso.
- Se conectará la sonda de extensión a la bomba de muestreo.
- El tubo se conectará al lado libre de la sonda de extensión por el extremo indicado por la dirección de una flecha grabada en cada tubo.
- Se colocará el adaptador para escape en el vehículo a analizar; y se conectará el extremo libre del tubo que previamente estará conectado a la bomba por medio de la sonda de extensión.
- Una vez armado el sistema se procede a realizar en número indicado de emboladas según la especificación del tubo.
- Una vez finalizado el proceso de toma de muestras, se lee la escala del tubo y se anota el valor.
- Este procedimiento será realizado una vez para cada camión de la flota por cada contaminante a analizar.

Posteriormente se realizarán los cálculos matemáticos necesarios para la obtención de datos concretos que se compararán con los límites establecidos en normativa.

Marco Legal

En la medida en que crece la preocupación ambiental empieza a desarrollarse, un derecho específico y nuevo, y lo que es aun mas importante, una estructura jurídica capaz de hacer cumplí las nuevas normas. Su desarrollo es polémico, porque perturba en buena medida principios y criterios, sobre los cuales se ha basado hasta ahora el ordenamiento legal de la mayor parte de países del mundo.

En nuestro país no se cuenta con una medida legal que normalice las emisiones de gases provenientes de fuentes moviles que trabajan a base de diesel con las cuales se pueda regular los niveles de contaminación ambiental. La actual regulación de El Salvador solo determina los parámetros o limites permitidos de emisión de gases debido a la combustión con gasolina.

Actual regulación legal de la contaminación por emisión de gases.

Normas, reglamentos, planeación y aplicación de las leyes nacionales, estatales y locales sobre calidad del aire y cambio climático en América del Norte.

Canadá: Este país ha establecido normas nacionales sobre emisiones para vehículos y motores en ruta. Estos reglamentos entraron en vigencia el 1 de enero de 2004. Las fuentes se sujetarán a las nuevas normas en 2005. Canadá regula también el azufre y el benceno en gasolina.

Los reglamentos sobre diesel establecerán nuevos límites de azufre en 2006. El enfoque general de Canadá al respecto es armonizar las normas con las de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de Estados Unidos.

Cuadro N° 1 Objetivos Nacionales de Calidad del Aire Ambiente de Canadá:

O. Reg. 153/04

Contaminante	Tiempo promedio	Nivel máximo deseable	Nivel máximo aceptable	Nivel máximo Tolerable
Dióxido de azufre (SO ₂)	Anual	11 ppm	23 ppm	---
	24 horas	57 ppm	115 ppm	306 ppm
	1 hora	172 ppm	334 ppm	---
Monóxido de carbono (CO)	8 horas	5 ppm	3 ppm	17 ppm
	1 horas	13 ppm	31 ppm	---
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	24 horas	32 ppm	53 ppm	---
	1 hora	---	106 ppm	160 ppm
		---	213 ppm	532 ppm

México: La Secretaría de Salud establece la Norma Oficial Mexicana (NOM), para las concentraciones ambientales de contaminantes específicos. Las normas de calidad del aire se deben revisar cada cinco años. Las metas en la materia se aplican hoy por hoy a los contaminantes de criterio, pero no a los tóxicos ni la lluvia ácida. Los límites federales de emisión tanto de fuentes fijas cuanto de fuentes móviles se aplican en todo el país.

Cuadro N° 2 Norma Oficial Mexicana para las concentraciones atmosféricas de contaminantes específicos: NOM-022-SSA1-1993.

Contaminante	Exposición aguda		Exposición crónica
	Concentración y tiempo	Frecuencia máx. aceptable	(Para la protección de la salud de la población susceptible)
SO₂ / NOM-022-SSA1-1993	0.13ppm (24 hr)	Una vez al año	0.03ppm (media aritmética anual)
NO₂ / NOM-023-SSA1-1993	0.21ppm (1 hr)	Una vez al año	-----
CO / NOM-021-SSA1-1993	11ppm (8 hr)	Una vez al año	-----

Estados Unidos: Define sus metas y objetivos sobre calidad del aire según la categoría de fuente o el contaminante en cuestión. Las fuentes móviles, por ejemplo, reciben trato diferente que el de las fuentes fijas.

Las normas sobre calidad del aire se aplican en todo el país. La Ley de Aire Limpio de los EU requiere que la EPA revise las normas cada cinco años, para analizar si existe nueva información que sienta las bases para revisar las normas primarias o secundarias.

Cuadro N° 3 Normas sobre calidad del aire ambiente en EU- EPA. (NAAQS)

Contaminante	Primaria	Secundaria
SO ₂	Anual: 0.030 ppm 24- horas: 0.14 ppm	3-horas: 0.5 ppm
CO	8- horas: 9 ppm (10 mg/m ³) 1- hora: 35 ppm (40 mg/m ³)	-----
NO ₂	Anual: 0.053 ppm (100 µg/m ³)	Anual: 0.053 ppm (100 µg/m ³)

Norma Ambiental de Honduras. Reglamento para el control de emisión de gases tóxicos, humos y partículas de los vehículos automotores.

Artículo 1. El presente Reglamento se emite en cumplimiento del Artículo 60 Ley General del Ambiente y tiene como objetivo regular, controlar y normalizar la emisión de gases tóxicos, humos y partículas de los vehículos automotores localizados en el territorio nacional.

Artículo 15. Los niveles máximos permisibles de emisión de gases tóxicos, humos y partículas de los vehículos son los siguientes:

c) Los vehículos que funcionen con motor de gasolina que ingresen al país a partir del 1 de enero de 1998 no deben emitir monóxido de carbono en cantidades superiores al 0.5% del volumen total de los gases, ni hidrocarburos

en cantidades superiores a 125 ppm, ni dióxido de carbono en cantidades inferiores al 12% del volumen total de los gases tóxicos. Las mediciones se harán con el motor funcionando a temperatura normal y en régimen de ralentí a no más de 1,000 rpm y siguiendo las especificaciones del fabricante del equipo de control de emisiones. Los límites anteriores serán aplicables a todos los motores que sean modificados o que se utilicen para reemplazarlos en vehículos que funcionen con combustible gasolina.

d) Los vehículos que funcionen con motor diesel que ingresen al país a partir del 1 de enero de 1998 no deben emitir humos ni partículas que superen la medición de 70% de opacidad, si tales vehículos no sobrepasan un peso bruto de tres coma cinco toneladas (3,5 Ton) u 80% de opacidad si su peso es superior. Dicha medición deberá realizarse por medio de equipos con opacímetros de flujo parcial y bajo el procedimiento de aceleración libre. Los límites anteriores serán aplicables a todos los motores que sean alterados o que se utilicen para reemplazarlos en vehículos que funcionen con combustible diesel, según el peso del automotor.

**Propuesta de Norma Salvadoreña Obligatoria 13.11.02:11.
Emisiones Atmosféricas Fuentes Fijas Puntuales.**

Esta norma establece los límites máximos permisibles de concentración de emisiones de contaminantes descargados a la atmosfera, generados por las fuentes fijas puntuales, establecidos para proteger la salud y el medio ambiente.

Esta norma es aplicable en todo el territorio nacional, en lo relativo a la prevención y control de la contaminación atmosférica, en cualquier estado de agregación de la materia, generada por las emisiones de fuentes fijas puntuales.

Cuadro N° 4 Límites máximos permisibles para la elaboración de cemento.

Contaminante	Símbolo	Unidad	Actividades	
			En funcionamiento	Nuevas
Dióxido de azufre	SO ₂	mg/Nm ³	600	400
Dióxido de carbono	CO ₂	% vol	Reportar	Reportar
Monóxido de carbono	CO	mg/Nm ³	Reportar	Reportar
Óxidos de nitrógeno	NO _x	mg/Nm ³	1800	600

Cuadro N° 5 Límites máximos permisibles para generadores termoeléctricos con turbinas a vapor y/o con gases de escape. En funcionamiento.

Contaminante	símbolo	Unidad	Actividades	
			En funcionamiento	
			Diesel Oil	Fuel Oil
Dióxido de azufre	SO ₂	mg/Nm ³	2000	3800
Dióxido de carbono	CO ₂	%	Reportar	Reportar
Monóxido de carbono	CO	mg/Nm ³	460	460
Óxidos de nitrógeno	NO _x	mg/Nm ³	460	460

Occupational Safety and Health Administration, es decir Administración de seguridad y salud ocupacional (OSHA).

El dióxido de carbono es la única sustancia que OSHA planteó la TWA de 5.000 a 10.000 ppm, pero incorpora un ppm STEL 30000. Dado que el Tribunal dejó vacante el STEL y TWA nueva, es necesario volver a los 5000 ppm TWA de 8 hora.

RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

En la tabla N°. 1 se detallan los resultados de las mediciones de los gases evaluados en las fuentes fijas y fuentes móviles. Las diversas fuentes fueron identificadas por el número de equipo, marca y lugar de muestreo; para detallar cada fuente en las tablas se usó un sistema de codificación compuesto por dos letras iniciales que indican el tipo de fuente: Los camiones mezcladores (Ca), Para los Cargadores (Cr), en el caso de los Generadores (Ge), los Blower (Bl), y a las Bombas impulsadoras de concreto (Bo). Posteriormente se pusieron dos letras mayúsculas que indican la planta donde se localizaron las fuentes, usando las combinaciones de letras siguientes: SM para las fuentes encontradas en San Miguel, CH para las de Chanmico, ST en Santa Tecla y SA para las fuentes de San Andrés. Y finalmente se usaron números para individualizar cada una de las fuentes, ese número fue proporcionado por la empresa y es el que ellos usan para identificarlas. Además en la tabla se colocó la marca de cada fuente. En el caso de las fuentes fijas la empresa también proporcionó el modelo de cada equipo, por ello se agregó en las tablas que corresponden a esas fuentes. La información fue proporcionada por el personal encargado de la supervisión de cada fuente móvil o fija en todos los planteles del país que tiene la empresa. Con esta información proporcionada de cada plantel se procedió al análisis de gases de la mayoría de fuentes móviles y fijas; sin afectar la producción.

Las fuentes seleccionadas son las siguientes:

CAMIONES MEZCLADORES (Ca): Son camiones con un tambor que ejerce la función de mezclar la materia prima que en su conjunto forma el concreto.

CARGADORES (Cr): Vehículos que tienen una pala mecánica que recoge una cantidad determinada de materia prima y la traslada de un lugar a otro.

GENERADORES (Ge): Son especies de motores que son necesarios para cuando hay ausencia de luz por algún motivo sin controlar, aunque no se usan periódicamente son puestos en marcha una vez por semana.

BLOWER (Bl): son las maquinas que impulsan hacia arriba la materia prima para posteriormente ser mezclados y agregados al tambor de cada camión y así este generar el proceso de mezclado y en todo el camino hasta llegar a su destino donde se encuentre en constante movimiento para que llegue preparado el concreto.

BOMBAS IMPULSADORAS DE CONCRETO (Bo): bombas que impulsan el concreto hacia arriba sobre lugares altos al momento del vaciado de concreto en la obra en construcción.

Tabla No. 1 Resultados obtenidos de medición de gases en cada fuente móvil.

CUANTIFICACION DE LA EMISION DE GASES EN FUENTES MOVILES						
No.	CODIGO ^(*)	MARCA	ppm SO ₂	ppm NO _x	ppm CO ₂	ppm CO
1	CaCH4	INTERNATIONAL	9,98	29,94	9980,00	49,90
2	CaST5	INTERNATIONAL	29,94	29,94	12475,00	9,98
3	CaST6	INTERNATIONAL	19,96	29,94	9980,00	9,98
4	CaST 8	MACK	14,97	19,96	7485,00	49,90
5	CaCH 9	INTERNATIONAL	4,99	19,96	4990,00	9,98
6	CaST 18	INTERNATIONAL	14,97	29,94	14970,00	49,90
7	CaST 20	INTERNATIONAL	24,95	19,96	4990,00	29,94
8	CaCH 37	MACK	4,99	29,70	7485,00	89,82
9	CaST 40	INTERNATIONAL	14,97	5,99	4990,00	19,96
10	CaCH 42	INTERNATIONAL	4,99	19,96	7485,00	29,94
11	CaST 43	INTERNATIONAL	9,98	19,96	4990,00	9,98
12	CaST 46	MACK	14,97	5,99	4990,00	29,94
13	CaSA48	INTERNATIONAL	29,94	39,92	12475,00	49,90
14	CaST 49	INTERNATIONAL	29,94	19,96	7485,00	29,94
15	CaCH 51	MACK	14,97	49,90	7485,00	49,90
16	CaST 52	INTERNATIONAL	19,96	29,94	6487,00	9,98
17	CaST 55	INTERNATIONAL	9,98	19,96	4990,00	29,94
18	CaCH 56	INTER	9,98	49,90	9980,00	69,86
19	CaCH 57	INTER	24,95	39,92	12475,00	49,90
20	CaCH 58	INTER	19,96	39,92	9980,00	99,80
21	CaCH 61	MACK	19,96	29,94	9980,00	49,90
22	CaCH 66	MACK	4,99	39,92	9980,00	69,86
23	CaSA 67	INTERNATIONAL	24,95	39,92	14970,00	49,90
24	CaSA 71	MACK	29,94	39,92	12475,00	49,90
25	CaST 72	MACK	4,99	29,94	7485,00	79,90
26	CaST 75	MACK	19,96	19,96	7485,00	69,86
27	CaCH 76	MACK	4,99	39,92	9980,00	49,90
28	CaST 78	MACK	17,97	19,96	4990,00	49,90
29	CaSA 79	MACK	24,95	39,92	9980,00	49,90
30	CaST 80	MACK	19,96	19,96	4990,00	99,80
31	CaSA 82	INTERNATIONAL	29,94	39,92	7485,00	69,86
32	CaST 84	MACK	19,96	1,00	7500,00	29,94
33	CaSA 88	MACK	29,94	49,90	9980,00	49,90
34	CaST 91	MACK	29,94	39,92	9980,00	29,94
35	CaCH 93	MACK	14,67	29,94	9980,00	29,94
36	CaST 98	MACK	9,98	19,96	4990,00	29,94
37	CaCH 99	MACK	9,98	29,94	7485,00	29,94
38	CaSM100	MACK	15,04	20,06	100297,00	30,09
39	CaST 101	MACK	4,99	19,96	7485,00	29,94
40	CaST 102	MACK	19,96	19,96	4990,00	49,90
41	CaCH 103	MACK	9,98	39,92	4990,00	49,90
42	CaST 104	MACK	19,96	5,99	4990,00	29,94

Tabla No. 1 Resultados obtenidos de medición de gases en cada fuente móvil. Continuación

No.	CODIGO ^(*)	MARCA	ppm SO ₂	ppm NO _x	ppm CO ₂	ppm CO
43	CaST 105	MACK	9,98	39,20	9980,00	9,98
44	CaST 107	MACK	19,96	19,96	7485,00	29,94
45	CaST 108	MACK	14,97	29,94	9980,00	99,80
46	CrCH 1	CAT	9,98	39,22	12475,00	49,90
47	CrCH 2	CAT	4,99	9,98	3992,00	9,98
48	CrCH 3	Konatsu	24,95	9,98	12475,00	49,90
49	CrST 4	Konatsu	4,99	29,94	12475,00	69,86
50	CrCH 5	CAT	15,04	20,05	100297,00	30,09

(*) Ejemplo de codificaciones. CaSTx : Camión Santa Tecla N° de equipo; CrCHx: Cargador Chanmico número de equipo.

La tabla No.2 muestra los resultados obtenidos después de realizar las mediciones de las emisiones de gases a las fuentes móviles por medio del Sistema de Medición de emisiones de gases con tubos Dragger de corta duración

Se han ordenado correlativamente según el número de equipo, que es la identificación de cada fuente fija dentro de la empresa concretera. Se presenta también la marca de cada fuente y el lugar en donde se realizó la medición, ya que las fuentes móviles rotan en los diferentes planteles que la empresa posee.

Los resultados de las emisiones de los gases CO, CO₂, NO_x, y SO₂ son reportados en ppm.

A partir de los resultados obtenidos de las mediciones de gases y presentados en la tabla No. 2 se calculó en forma separada para fuentes fijas, móviles y por cada tipo de gas evaluado: Desviación estándar (σ), Promedio (\bar{X}) En donde:

, Máximo (MAX) y Mínimo (MIN) de la forma siguiente:

*PROMEDIO₍₇₎ = Este es la suma total de todos datos entre el número total de estos. Ej. La sumatoria de las cuantificaciones de la emisión del Dióxido de Azufre (SO₂) es de 821.20 ppm, este dato se divide entre el número de fuentes

móviles a los que se les realizó la cuantificación de la emisión de dicho gas, la cual fueron 50 fuentes móviles en total; por lo tanto este se expresa así:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + \dots + X_n}{n} \quad \text{En donde: } \bar{X} = \text{Promedio.}$$

\hat{n} $X_1 + \dots + X_n =$ Suma de todos los valores de la serie simple.

$n =$ número de valores que componen a la serie simple.

Tabla No. 2 Promedio de Cuantificación de emisión de Dióxido de azufre.

No.	X (ppm)	No.	X (ppm)
1	9.8	26	29.94
2	29.94	27	4.99
3	19.96	28	19.96
4	14.97	29	4.99
5	4.99	30	17.97
6	14.97	31	24.95
7	24.95	32	29.94
8	4.99	33	19.96
9	14.97	34	29.94
10	4.99	35	29.94
11	9.98	36	14.97
12	14.97	37	9.98
13	29.94	38	9.98
14	29.94	39	15.04
15	14.97	40	4.99
16	29.94	41	19.96
17	14.97	42	9.98
18	19.96	43	19.96
19	9.98	44	9.98
20	9.98	45	19.96
21	24.95	46	14.97
22	19.96	47	9.98
23	19.96	48	4.99
24	4.9	49	24.95
25	24.95	50	4.99
		$\Sigma =$	821.20 ppm
		$\bar{X} =$	$\frac{821.20 \text{ ppm}}{50} = 16.42 \text{ ppm}$

** DESVIACION ESTANDAR (σ)₍₇₎ = Valor aproximado de cuanto un valor se aleja de los datos del promedio. Este valor nos ayuda a tener un dato más exacto, para poder tomar una decisión acerca de lo que estamos cuantificando, este dato los obtuvimos según la fórmula que se describe después de la tabla N_o 2:

Tabla No. 3 Ejemplo de cálculo de la Desviación Estándar de SO₂ para fuentes móvil

SO ₂ (ppm)		
X_i	$X_i - \bar{X}$	$(X_i - \bar{X})^2$
9,98	-6,444	41,525136
29,94	13,516	182,682256
19,96	3,536	12,503296
14,97	-1,454	2,114116
4,99	-11,434	130,736356
14,97	-1,454	2,114116
24,95	8,526	72,692676
4,99	-11,434	130,736356
14,97	-1,454	2,114116
4,99	-11,434	130,736356
9,98	-6,444	41,525136
14,97	-1,454	2,114116
29,94	13,516	182,682256
29,94	13,516	182,682256
14,97	-1,454	2,114116
19,96	3,536	12,503296
9,98	-6,444	41,525136
9,98	-6,444	41,525136
24,95	8,526	72,692676
19,96	3,536	12,503296
19,96	3,536	12,503296
4,99	-11,434	130,736356
24,95	8,526	72,692676
29,94	13,516	182,682256
4,99	-11,434	130,736356
19,96	3,536	12,503296

X_i	$X_i - \bar{X}$	$(X_i - \bar{X})^2$
4,99	-11,434	130,736356
17,97	1,546	2,390116
24,95	8,526	72,692676
19,96	3,536	12,503296
29,94	13,516	182,682256
19,96	3,536	12,503296
29,94	13,516	182,682256
29,94	13,516	182,682256
14,67	-1,754	3,076516
9,98	-6,444	41,525136
9,98	-6,444	41,525136
15,04	-1,384	1,915456
4,99	-11,434	130,736356
19,96	3,536	12,503296
9,98	-6,444	41,525136
19,96	3,536	12,503296
9,98	-6,444	41,525136
19,96	3,536	12,503296
14,97	-1,454	2,114116
9,98	-6,444	41,525136
4,99	-11,434	130,736356
24,95	8,526	72,692676
4,99	-11,434	130,736356
15,04	-1,384	1,915456
$\bar{X} = 16.424$		$\sum = 3339.6078$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}$$

En donde: N = el números total de los datos

X_i = El dato individual

\bar{X} = El promedio de los datos

Por lo tanto tenemos:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{49-1} (3339.6078)^2}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{48} (3339.6078)^2}$$

$$\sigma = \sqrt{0.020833(3339.6078)^2}$$

$$\sigma = \sqrt{69.5751625}$$

$$\sigma = 8.34$$

***MAXIMO = Es el valor más alto de todos los datos. Ej. En el caso de los resultados de la cuantificación de las emisiones del Dióxido de azufre el valor más alto fue: 29.94 ppm siendo el resultado de siete de las fuentes móviles (CaST5, CaSA48, CaST49, CaSA71, CaSA82, CaSA88, CaST91).

****MINIMO = Es el valor más bajo de todos los datos. Ej. Para los resultados de la cuantificación de emisiones de gases de Dióxido de Azufre el dato mínimo fue 4.99 ppm repitiéndose en varias fuentes móviles.

A continuación en las tablas de la N°. 4 a la N°. 7 se presentan los resultados por cada gas medido y su comparación con los parámetros de normas establecidas (México, Canadá, EPA, OSHA).

Tabla No. 4 Resultados promedios de la cuantificación de emisión de Dióxido de carbono (CO₂) de las fuentes móviles comparados con las norma OSHA ⁽¹¹⁾

Dato Estadístico \ Normativa		OSHA
		5000,00 ppm
CO ₂	σ^*	2783.76 ppm
	PROMEDIO**	10,350.51 ppm
	MAX***	100,297.00 ppm
	MIN****	3,992.00 ppm

* PROMEDIO (\bar{X}); ** DESVIACION ESTANDAR (σ); ***MAXIMO (MAX); ****MINIMO (MIN)

El dato promedio resultante de la medición de Dióxido de Carbono (CO₂) en fuentes móviles fue de 10,350.51 ppm con una desviación estándar de 2783.76

ppm, con un máximo de 100,297.00 ppm y un mínimo de 3,992.00 ppm. La norma de Estados Unidos (OSHA) reporta como nivel máximo permisible 5,000 ppm; de los resultados obtenidos en las emisiones de este gas 36 sobrepasan el dato que especifica la normativa de Estados Unidos (OSHA) y 14 fuentes se encontraron dentro de norma. No se hizo comparación con otras normas debido a que no se reportan datos en normativas de otros países para Dióxido de carbono en fuentes móviles.

Tabla No. 5 Resultados promedios de la cuantificación de emisión de Monóxido de Carbono (CO) de las fuentes móviles comparados con las normas de México, Canadá, Estados Unidos (EPA) ⁽¹¹⁾

Normativa		MEXICO	CANADA	EPA
		11,0 ppm	15.00 ppm	27.00 ppm
CO	σ^*	24.03 ppm		
	PROMEDIO**	44.12 ppm		
	MAX***	99.80 ppm		
	MIN****	9.98 ppm		

* DESVIACION ESTANDAR (σ); **PROMEDIO (\bar{X}); ***MAXIMO (MAX); ****MINIMO (MIN)

Al analizar las emisiones de Monóxido de Carbono (CO) en las 50 fuentes móviles se obtuvo un valor promedio de 44.12 ppm y una desviación estándar de 24.03 ppm, con un máximo de 99.80 ppm y un mínimo de 9.98 ppm. Los niveles máximos permisibles según normas son: 11.00 ppm (México), 15.00 ppm (Canadá) y 27.00 ppm (EPA), dejando solo dentro de especificaciones norma, a 8 de las 50 fuentes móviles analizadas, cumpliendo las normativas si

tomamos como referencia el parámetro más alto que es el de norma de Estados Unidos (EPA).

TABLA No.6 Resultados promedios de la cuantificación de emisión de Dióxido de azufre (SO₂) de las fuentes móviles comparados con las normas de México, Canadá, Estados Unidos (EPA) ⁽¹¹⁾

		Normativa		
		MEXICO	CANADA	EPA
Dato Estadístico		0,13 ppm	0,33 ppm	0,50 ppm
SO ₂	σ^*	8,34 ppm		
	PROMEDIO**	16,42 ppm		
	MAX***	29,94 ppm		
	MIN****	4,99 ppm		

* DESVIACION ESTANDAR (σ); **PROMEDIO(\bar{X}); ***MAXIMO (MAX); ****MINIMO (MIN)

En el caso particular de la emisión de Dióxido de Azufre (SO₂), se obtuvieron datos de las mediciones con un promedio de 16.42 ppm y una desviación estándar de 8.34 ppm, con un máximo de 29.94 ppm y un mínimo de 4.99 ppm de un total de 50 fuentes móviles; los niveles máximos permisibles son 0.13 (México), 0.33 (Canadá) y 0.50 (EPA), lo que indica los alto niveles de SO₂.

Tabla No. 7 Resultados promedios de la cuantificación de emisión de Gases de Nitrógeno (NO_x) de las fuentes móviles comparados con las normas de México, Canadá, Estados Unidos (EPA) ⁽¹¹⁾

Normativa		MEXICO	CANADA	EPA
		0,21 ppm	0,53 ppm	0,05 ppm
NO_x	σ^*	12.08 ppm		
	PROMEDIO**	27.70 ppm		
	MAX***	49.90 ppm		
	MIN****	1.00 ppm		

* DESVIACION ESTANDAR (σ); **PROMEDIO(\bar{X}); ***MAXIMO (MAX); ****MINIMO (MIN)

El resultado promedio obtenido de óxidos de nitrógeno (NO_x) en las 50 fuentes móviles fue de 27.70 ppm con una desviación estándar de 12.08 ppm, un máximo de 49.9 ppm y un mínimo de 1.00 ppm; sobrepasando los límites establecidos en las normativas: 0.21 (México), 0.53 (Canadá) y 0.05 (EPA).

TABLA No.8 Resultados obtenidos de medición de gases en cada fuente fija.

CUANTIFICACION DE LA EMISION DE GASES EN FUENTES FIJAS								
	Código ^(*)	EQUIPO	MARCA	MODELO	SO ₂ (pmm)	NO ₂ (pmm)	CO ₂ (pmm)	CO (pmm)
					NSO 13.11.02:11	NSO 13.11.02:11	OSHA	NSO 13.11.02:11
1	GeCH1	Generador	Onan	100DGDB	9,98	29,94	9980,00	69,86
2	GeST2	Generador	Onan	101DGDB	9,98	29,94	1715,07	90,27
3	GeSM3	Generador	Onan	C11UDB	15,04	30,09	1715,07	90,27
4	GeSM4	Generador	Onan	DGD- 4956531	15,04	50,15	12537,00	150,45
5	BICH5	Blower	*	C43	4,99	29,94	12475,00	69,86
6	BIST6	Blower	*	M127	9,98	39,92	12475,00	149,70
7	BISM7	Blower	*	C18	15,04	50,15	7522,28	110,33
8	BoCH8	Bomba	international	19	4,99	49,90	7485,00	109,78
9	BoCH9	Bomba	international	35	9,98	39,92	3992	199,6

^(*)Codificaciones. Ge: generador, Bl: Blower, Bo: Bomba; CH: Chanmico, ST: Santa Tecla, SM: San Miguel; No: número correlativo.

A continuación se presenta cuadro de resultados por cada gas medido y su comparación con los parámetros de la propuesta de Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.11.02:11 y la normativa de la OSHA para CO₂.

TABLA No. 9 Resultados promedios de la cuantificación de emisión de gases de las fuentes fijas, comparado con la Normativa de Estados Unidos (OSHA) y La Propuesta de NSO 13.11.02:11. ⁽¹⁰⁾

	CUANTIFICACION DE GASES			
DATOS ESTADISTICOS	SO ₂ (ppm)	NO _x (ppm)	CO ₂ (ppm)	CO (ppm)
	NSO 13.11.02:11	NSO 13.11.02:11	OSHA*****	NSO 13.11.02:11
	764,06	244,23	5000,00	401,54
σ^*	3,93	9,32	4466,86	43,25
PROMEDIO**	10,56	38,88	7766,27	115,57
MAX***	15,04	50,15	12537,00	199,60
MIN****	4,99	29,94	1715,07	69,86

* DESVIACION ESTANDAR (σ^*); **PROMEDIO; ***MAXIMO (MAX); ****MINIMO (MIN)

***** Se utilizó la normativa OSHA por no haber referencia para este compuesto en la NSO

Los resultados obtenidos en las mediciones de los gases SO₂, NO_x y CO en las fuentes fijas no sobrepasan los niveles establecidos por las normativas salvadoreñas, mientras que los resultados obtenidos para CO₂ si sobrepasan los límites permisibles en nuestro país.

Según los resultados de los análisis de la emisión de Dióxido de Azufre (SO₂), estos se encuentran por debajo del dato de nivel máximo permisible que es de 764.06 ppm para nuestro país, con un promedio de 10.56 ppm, un máximo de 15.04 ppm y un mínimo de 4.99 ppm.

Para las mediciones de gases de Nitrógeno (NO_x) por las fuentes fijas se obtuvo un dato promedio de 38.88 ppm, un máximo de 50.15 ppm y un mínimo de 29.94 ppm. El evidenciándose que los datos obtenidos del análisis de las 9 fuentes fijas se encuentran por debajo del nivel máximo permisible de 244.23 ppm.

En cuanto a los resultados de las mediciones de Dióxido de Carbono (CO_2), se encontraron algunos niveles por encima de la normativa, 6 de 9 fuentes fijas estaban por encima de 5000 ppm (OSHA). Los resultados fueron en promedio 7,767.27 ppm con un máximo de 12,537.00 ppm y un mínimo de 1,715.07 ppm.

En las emisiones de Monóxido de Carbono (CO) el resultado promedio fue de 115.57 ppm, un máximo de 199.60 ppm y un mínimo de 69.86 ppm; en la propuesta de normativa salvadoreña estipula como límite máximo permisible 401.54 ppm, lo que deja evidenciado que los resultados se encuentran dentro de especificación de la norma NSO 13.11.02:11.

CALCULO DE HUELLA DE CARBONO.

Se enfoca en el método directo.

Para el Cálculo de la Huella de Carbono se utilizaron los resultados obtenidos de los análisis de las emisiones de Dióxido de carbono (CO₂) y Monóxido de carbono (CO). Se tomaron muestras aleatorias simples de 9 fuentes fijas y las 15 fuentes móviles.

Estos datos que se obtuvieron en partes por millón (ppm) fueron convertidos a unidades de miligramos por metro cúbico de aire (mg/m³) basada en la equivalencia propuesta en la literatura anexa de los tubos Dräger de medición: (Anexo 1)

Dióxido de azufre : 1 ppm \equiv 0.60 mg / m³

Óxidos nitrosos : 1 ppm \equiv 1.8 mg/m³

Monóxido de Carbono : 1 ppm \equiv 1.12 mg / m³

Dióxido de Carbono : 1 ppm \equiv 1.8 mg/m³

El cálculo se efectúa tal como se muestra en el ejemplo siguiente:

Dióxido de Carbono: 1 ppm = 1.8 mg/m³

Ejemplo:

$$\begin{array}{r} 1 \text{ ppm} \text{ -----} 1.8 \text{ mg CO}_2 / \text{m}^3 \\ 9980,00 \text{ ppm} \text{ -----} X \\ X = \mathbf{17,964.00 \text{ mg CO}_2 / \text{m}^3} \end{array}$$

Los resultados obtenidos de estas conversiones son la concentración de gases de CO y CO₂ emitidos al ambiente en el momento de la realización del análisis; las concentraciones presentadas en la tabla No. 11 son el resultado de la emisión de estos gases en una jornada diaria de producción de concreto de 10 horas, donde también se presenta la sumatoria de las concentraciones de esos gases y sus respectivos promedios.

Para realizar esta medición se toma los datos obtenidos de las mediciones de CO y CO₂, luego se convierten a las horas laborales que se trabaja en la empresa y relacionando la producción al día ya que si no hay producción estos no trabajan.

Tiempo de toma de muestra----- Concentración de gas

Tiempo de jornada laboral----- X

Ejemplo: Datos de huella de carbono del camión mezclador No.1

30 Seg ----- 17,964.00 mg CO₂ / m³ emitidos

36,000 Seg ----- X = **21,556,800 mg CO₂ / m³**

Tabla N°. 10 Concentraciones de CO₂ y CO emitidas por fuentes móviles en 10 horas diarias.

FUENTES MOVILES			
N°	Camión	CO ₂ mg/m ³	CO mg/m ³
1	1	21,556,800	34.284
2	4	16,167,600	34.350
3	7	10,778,400	20.610
4	10	16,167,600	20.478
5	13	26,946,000	34.350
6	16	21,556,800	6.870
7	19	26,946,000	34.284
8	22	21,556,800	47.784
9	25	16,167,600	34.284
10	28	10,778,400	34.350
11	31	16,167,600	48.090
12	34	21,556,800	20.610
13	37	16,167,600	20.568
14	40	10,778,400	34.350
15	43	431.136	6.870
16	Cargador	26,946,000	32.934
17	Cargador	8,622,000	6.828
18	Cargador	26,946,000	34.134
19	Cargador	26,946,000	47.784
20	Cargador	216,641,520	20.580
	Σ =	559,825,056	574.392
	promedio	27,991,252.8	28.71

Tabla N°.11 Concentraciones de CO₂ y CO según 10 horas laborales al día en fuentes fijas

FUENTES FIJAS			
N°	FUENTE	CO ₂ mg/m ³	CO mg/m ³
1	Generador	8,011,533	68.5425
2	Blower	27,780,040	75.214
3	Bomba	12,395,160	105.808
	Σ =	48,186,732.99	199.5645
	promedio	16,062,244.33	66.5215

Las concentraciones obtenidas por la lectura se relación con el tiempo de las horas laborales de la empresas ya que en todo ese tiempo se emite monóxido de carbono (CO) y Dióxido de carbono (CO₂), la cantidad de estos gases es la que necesitamos cuantificar como huella de carbono.

El Cálculo de la Huella de Carbono se obtiene a partir de la suma total de las concentraciones de las emisiones de CO y CO₂ de las fuentes analizadas (fijas y móviles) durante todo el proceso de generación de un producto en particular, en nuestro caso el concreto.

Se saca la sumatoria final de todos los resultados y se promedia; trabajando con los promedios estos se suma dando como resultado el dato de la huella de carbono.

Aplicando la fórmula siguiente:

$$\text{HUELLA DE CARBONO} = [\text{CO}_2 + \text{CO}]_{\text{Fuentes Móviles}} + [\text{CO}_2 + \text{CO}]_{\text{Fuentes Fijas}} \quad (2)$$

Fuentes Móviles Fuentes Fijas

Los datos de CO Y CO₂ son los promedios de todas las fuentes analizadas.

Este método para calcular la HUELLA DE CARBONO (Sistema de Medición de emisiones de gases con tubos Dräger de corta duración) es de forma directa el tubo nos proporciona una concentración (en ppm) y esta se trabaja de la manera explicada anteriormente, se toma en cuenta el tiempo en que estuvieron en marcha las fuentes y la cantidad de producto que se generó; El método teórico para calcular la Huella de se explica con la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{HUELLA DE CARBONO} &= [\text{CO}_2 + \text{CO}]_{\text{Fuentes Móviles}} + [\text{CO}_2 + \text{CO}]_{\text{Fuentes Fijas}} \\ \text{H.C.} &= [27,991,252.8 \text{ mgCO}_2/\text{m}^3 + 28.71 \text{ mg CO}/\text{m}^3] + [16,062,244.33 \text{ mgCO}_2/\text{m}^3 + 66.5215 \text{ mg CO}/\text{m}^3] \\ \text{H.C.} &= 27,991,281.51 \text{ mg}/\text{m}^3 + 16,062,310.85 \text{ mg}/\text{m}^3 \\ \text{H.C.} &= 44,053,592.32 \text{ mg}/\text{m}^3 \end{aligned}$$

400 m³ DIARIOS DE PRODUCCION DE CONCRETO GENERAL UNA HUELLA DE CARBONO

$$\text{DE } 44,053,592.36 \text{ mg}/\text{m}^3 \equiv 44.0535 \text{ Kg}/\text{m}^3$$

Huella de carbono = Datos de la actividad (masa / volumen / kWh / km) x
Factor de emisión (CO₂ por unidad) ⁽²⁾

Al sumar algebraicamente los promedios de ambas fuentes se comparó con la producción por día de concreto que es de 400 m³ diario; dando un resultado de:

$$44,053,592.36 \text{ mg}/\text{m}^3 \equiv 44.0535 \text{ Kg}/\text{m}^3$$

Esta es la cantidad de CO₂ y CO que la empresa emite diariamente durante todo el proceso productivo del a generación del concreto.

CONCLUSIONES

7. La verificación de los tiempos para la toma de muestra de cada gas: CO₂ (0.5 minutos), CO(1 minuto), SO₂(1.5 minutos) y NO_x(1.08 minutos) , en las diferentes fuentes de emisión (fijas y móviles) fue necesaria para la planificación de la parte experimental esto con el fin de no retrasar la producción de la empresa.
8. El análisis de Dióxido de azufre (SO₂) da como resultado niveles altos de emanación de dicho gas (Promedio: 16.42 ppm), en comparación a las normas de Canadá (0.33 ppm), México (0.13 ppm) y Estado Unidos (0.50 ppm); esta elevación se atribuyen a la calidad del combustible, siendo un factor que es manipulado por terceros (distribuidores de Diesel) y difícilmente se puede actuar sobre ello.
9. El Óxidos de Nitrógeno (NO_x) aunque hubieron resultados de emisiones bajas la mayoría se encontró sobrepasando por mucho las normativas (Promedio: 27.70 ppm): México (0.21 ppm), Canadá (0.53 ppm) y EPA (0.50 ppm); se deben a que el nitrógeno (N₂) actúa como moderador del O₂, en el proceso de combustión. En la combustión se debe inyectar aire y el O₂ siempre irá acompañado del N₂; por lo tanto las mismas cantidades de O₂ son las que entran de N₂. Al ajustar los motores de un vehículo diesel este lo que hace mecánicamente es inyectar más aire, para que el motor se encuentre mas frio y pueda realizar la combustión más rápido, de esta forma permitiendo que la combustión no termine por la constante entrada de aire quedando residuos de N₂ y O₂ sin utilizar, esto se convierte el NO₂ que sale a contaminar mas el medio ambiente.

10. El Dióxido de Carbono (CO_2) presentó altos niveles (10350.51 ppm) en comparación con la Norma de Estados Unidos (OSHA: 5000 ppm); El Monóxido de Carbono (CO) presentó niveles altos (44.12 ppm) en comparación con la normativas de México (11.0 ppm), de Canadá (15 ppm) de Estados Unidos (EPA: 27 ppm), esto debido a la combustión incompleta que se realiza en los motores de las fuentes móviles al ponerlas en funcionamiento.

11. En las fuentes fijas que incluyen 3 Blowers, 4 generadores de energía y 2 bombas impulsoras de concreto, los resultados de las emisiones de CO (115.57 ppm), SO_2 (10.56 ppm) y NO_x (38.88 ppm) se encontraron dentro de la propuesta de Norma Salvadoreña Obligatoria (NSO: 13.11.02:11): 401.54 ppm, 764.06 ppm y 244.23 ppm respectivamente se consideran que no son fuente de contaminación ambiental.; el CO_2 (7766.27 ppm) que fue comprado con la Normativa de Estados Unidos (OSHA: 5000 ppm) si sobrepasa los niveles permisibles de esa normativa siendo considerado un contaminante del medio ambiente.

12. El valor obtenido de HUELLA DE CARBONO es una línea base que permite conocer el estado actual de aporte del dióxido y monóxido de carbono que la empresa emite a la atmósfera con esto planificarán intervenciones que conlleven a la reducción de estos gases; ya que a medida se disminuye el valor de Huella de Carbono así también se contribuye a la disminución del nivel de contaminación a la atmosfera evitando que siga incrementando el efecto invernadero.

RECOMENDACIONES

1. A las empresas en general que utilizan equipos que trabajan con motores de combustión diésel deberían de hacer este tipo de análisis periódicamente, para evaluar cómo se encuentran los niveles de los contaminantes analizados en esta investigación y así tomar alternativas de solución para disminuir la contaminación al ambiente.
2. A la empresa, con respecto a las fuentes móviles y fijas: bajar los niveles de CO y CO₂ controlando los niveles de NO_x. Esto se puede hacer instruyendo al personal encargado de hacer el ajuste al motor, y después de cada ajuste medir los niveles de los gases involucrados. Cuando ajustamos los motores de un vehículo diésel este lo que hace mecánicamente es inyectar más aire para que el motor se encuentre más frío y pueda realizar la combustión más rápido de esta forma permitiendo que la combustión no termine por la constante entrada de aire quedando residuos de N₂ y O₂ sin utilizar, esto se convierte el NO₂ y sale al ambiente contaminando.
3. A la empresa, que el análisis de HUELLA DE CARBONO, se efectúe una vez al año, en la misma temporada que se analizó el año anterior esto para no alterar las condiciones de los análisis, luego de haber realizado los cambios significativos que varíen los niveles de gases emitidos por fuentes móviles y fuentes fijaSan Salvador, Abril del 2014