

Universidad Internacional del Ecuador



Escuela de Ingeniería Mecánica Automotriz

**Artículo Investigación para la obtención del Título de Ingeniero en
Mecánica Automotriz**

Análisis comparativo de emisiones de un motor N1 Nissan Dual-Gas (gas y gasolina) y su incidencia a la exposición de estos gases contaminantes en el personal de un área confinada con base en las limitaciones de la OSHA (Administración de Seguridad y Salud Ocupacional)

Juan David Enriquez Rosales

Pablo Andrés Cazar Chávez

Director: Ing. Juan Carlos Rubio MBA

Quito, noviembre 2021

I. CERTIFICACIÓN

Por medio del presente certificado doy a conocer que el artículo presentado es de la autoría de Juan David Enriquez Rosales y Pablo Andrés Cazar Chávez, declaro bajo juramento que el trabajo presentado aquí es de mi propiedad intelectual, este documento no ha sido presentado anteriormente en ningún grado o certificado profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Juan David Enriquez Rosales

CI: 1718557513

Pablo Andrés Cazar

Chávez CI: 1721300729

Yo, Ing. Juan Carlos Rubio, certifico que conozco a los autores de la presente investigación, siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y de su autenticidad, como de su contenido.

Ing. Juan Carlos Rubio, MBA

DIRECTOR

Dedicatoria

Esta tesis esta dedicada a mi familia y a Dios, a mi padre Patricio, el guía de mi camino el mentor de mi corazón mi ejemplo a seguir y mi motivación diaria, a mi madre Doris. la luz de mi vida el motor de mi alma y mi razón de ser, a mi hermana, María Belén por siempre tener amor para entregar y paciencia para ayudar, a mi hermano Esteban, mi confidente que siempre tiene consejo para motivarme y una enseñanza para darme. Para ustedes que son el pilar de mi vida, gracias por su entrega su amor incondicional y por siempre motivarme a ser la mejor versión de mí mismo ¡Los amo!

Juan David

Dedicatoria

A mi madre quien con mucho amor me ha sabido formar con buenos hábitos, valores y sentimientos los cuales siempre me ayudaron a salir adelante en situaciones complicadas a lo largo de mi vida.

A mi padre que a pesar de que estos últimos años comparto muy poco con él recuerdo todas las enseñanzas y consejos que compartió conmigo con mucho cariño.

A mi hermano que siempre estuvo como una inyección de alegría cuando las cosas no iban bien.

A mi esposa que me ayudó muchísimo en la parte académica enseñándome con amor, dedicación y paciencia.

A mi hija Luciana que es una fuente de motivación para nunca rendirme y poder llegar a ser un ejemplo para ella.

Pablo Andrés

Agradecimiento

Agradezco a Dios que nunca me dejó solo, a mis padres que siempre me inspiraron a ser mejor y me llenaron de amor y se entregaron por completo a mí, a mis hermanos por siempre estar para cuando más los necesité y por nunca dejarme atrás, a mis abuelos, los que siempre creyeron en cada cosa que me propuse a hacer

Quiero expresar mi más grande agradecimiento a mis profesores, quien con sus enseñanzas forjaron mi carácter y mi profesionalismo, por ser partícipes de mi desarrollo intelectual y personal, al Ing., Juan Carlos Rubio, gracias por sus consejos por su paciencia y sobre todo gracias por su amistad y respeto.

A mi querida universidad, el lugar donde se empezó a sembrar sueños de un adolescente que hoy son la cosecha de un hombre.

Juan David

Agradecimiento

A Dios por permitirme culminar una etapa más en mi vida con bienestar y salud. A mi Universidad por permitirme ser parte de ella, darme todas las herramientas posibles para poder convertirme en un profesional, así como también a todos los profesores que fueron parte de mi formación académica compartiéndome sus conocimientos en especial al Ingeniero Juan Carlos Rubio que fue un pilar importante para poder estar aquí brindándonos apoyo y sobretodo su amistad.

Mi agradecimiento va dedicado a toda mi familia que me da su amor incondicional, especialmente a mis padres que por su esfuerzo pudieron permitirme tener una formación de calidad.

A mi esposa y a mi hija Luciana que son mi motivación y energía para luchar todos los días.

Pablo Andrés

INDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN	2
DEDICATORIA	3,4
AGRADECIMIENTO.....	5,6
ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
ÍNDICE DE TABLAS	9
RESUMEN.....	10
I INTRODUCCIÓN	10
II FUNDAMENTO TEORICO	10,11
III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	12
A. Método	12
B. Materiales.	12,13
IV RESULTADO Y DISCUSIÓN	14
A. Procedimiento.....	15
B. Comparativa.....	16
V. CONCLUSIONES	17
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	17,18

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Montacargas marca Nissan	12
Figura 2. Motor Dual gas	12
Figura 3. ALTAIR 4XR	12
Figura 4. TEKCOPLUS COTK-57	13
Figura 5. TEMTOP M2000C	13
Figura 6. Dispensor GLP / Dispensor de gasolina	13
Figura 7. Sistema de combustible GLP	14
Figura 8. Registro fotográfico de medición de gases con GLP.....	15
Figura 9. Registro fotográfico de medición de gases con gasolina.....	15

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de los contaminantes gaseosos en el aire	12
Tabla 2. Resultados de medición de gases	16
Tabla 3. Comparativo del CO ₂ con base a la OSHA	16
Tabla 4. Gasolina: Comparativo del CO con base a la OSHA	16
Tabla 5. Gasolina: Comparativo del CO ₂ con base a la OSHA	17

Resumen - La investigación se realizó con el objetivo de determinar grado de contaminación de un motor dual-gas que opera con, gasolina y GLP y su incidencia a la exposición de gases contaminantes como son el dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO) y sulfuro de hidrogeno (H₂S). Para poder llevar a cabo el presente estudio, se ha realizado una revisión a la literatura para resumirlos de manera descriptiva. La metodología aplicada en la investigación tiene un enfoque cuantitativo, el tipo de estudio fue investigación exploratoria con la técnica de observación de campo, el estudio realizado para el análisis comparativo de emisiones fue con la utilización de un montacargas Dual-Gas y de los analizadores de gases para la realización de mediciones; se utilizó la técnica de aceleración libre de prueba estática como lo estipula la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2203, para hallar los resultados se ejecutó un análisis de los datos basado en los límites de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) tratando de determinar el cumplimiento o no a la exposición de gases contaminantes en el personal de una área confinada. Concluimos que cuando el montacargas opera con GLP el nivel CO₂, Co y H₂S está debajo de la base de OSHA. Y para el caso del montacargas que opera con gasolina el nivel de CO y CO₂ está sobre la base de OSHA y su incidencia es directa a la salud del personal que trabaja en un área confinada.

Índice de Términos – gases contaminantes, cambio climático, calentamiento global, OSHA.

I. INTRODUCCION

En 1997 en la Convención Marco sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas (CMNUCC) se firmó el Protocolo de Kioto, el cual busca reducir los Gases de Efecto Invernadero (GEI) que ocasionan el calentamiento global, el protocolo busca reducir en un 5% de las emisiones de gases contaminantes entre el 2008-2012, sin embargo, el periodo se amplió hasta el 2020.

La suscripción del Protocolo es un ejemplo de que la opinión pública se está sensibilizando sobre el cambio climático e inclusive se han presentado películas comerciales. Ej. El día después de mañana (Roland Emmerich, director, Twentieth Century Fox Film Corp., 2014) que presenta el efecto paradójico de como el crecimiento del nivel de temperatura puede desencadenar glaciaciones en un periodo corto.

[2] en su artículo Información técnica en gases del efecto invernadero y el cambio del clima, sostienen que:

“El clima de la tierra ha sido cambiante a través de la historia. Registros históricos y geológicos evidencian las variaciones climáticas en una amplia gama en

escala del tiempo... y sostienen que los gases contaminantes que causan el calentamiento del planeta son el dióxido de carbono (CO₂), el monóxido de carbono (CO), el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O)” (p 6)

El aumento anual de la temperatura global promedio que se observa en la tierra tiene su inicio en causas antropogénicas que implican en actividades de una sociedad industrializada, al cual se ha denominado calentamiento global, donde este fenómeno implica la intensificación del efecto invernadero y la destrucción de la capa de ozono. [8]

Por lo tanto, el objetivo de este artículo fue realizar un análisis comparativo de gases contaminantes como son el dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO) y sulfuro de hidrogeno (H₂S) a las cuales se puede ver sometida una persona dentro de un área confinada. El análisis comparativo estará basado en la regulación de emisiones contaminantes expedida por la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional Estadounidense (OSHA).

De acuerdo al texto "todo sobre la OSHA" publicado en entre enero – marzo 2020 sostiene que:

“...los hombres y mujeres deben trabajar en el sector público y privado en circunstancias de seguridad y saludables de acuerdo el establecimiento y aplicación de normativas, programas e iniciativas de seguridad y salud.” [14] (p 26)

Con este antecedente se desarrolla la siguiente investigación, analizando las dos variantes de los combustibles: gasolina y GLP de un montacargas con motor N1 Nissan Dual-Gas "El gas licuado del petróleo consiste en una mezcla y estos son recuperados del gas natural en un aproximado del 60% y el otro porcentaje del 40% se obtiene al refinar el petróleo". (Ortiz, 2017), y a través de análisis de los datos basado en los límites de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) se determinará un veredicto final que permitan exhibir el cumplimiento o no a la exposición de gases contaminantes en el personal de un área confinada, estos resultados permitirán tomar la decisión del uso del combustible que contamine menos en este tipo de motor.

II. FUNDAMENTO TEORICO

Actualmente (2021) se está en discusión el cambio del clima del planeta y en la emisión del carbono y su efecto directo a la salud [1]. La contaminación del aire es un problema que aporta al efecto invernadero y en consecución a la destrucción de la capa de ozono, ocasionando efectos de salud a los humanos [7]

En movilidad la energía constituye el 25% del suministro de energía del planeta, donde la demanda a nivel mundial de

derivados de petróleo está concentrada en el sector del transporte por carretera con más del 50%. [19]

El Foro Internacional de Transporte realizado en 2019 en París anunció que las emisiones de CO₂ en el sector del transporte representan el 23% a nivel mundial y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) informó que la emisión de CO₂ en el sector del transporte representa el 30% como consecuencia de la quema de combustibles fósiles [15]

En la conferencia sobre el clima COP26 realizada entre el 1 de octubre al 12 de noviembre de 2021 en Glasgow, Reino Unido se indica que:

“...Los combustibles fósiles nos están llevando a la extinción, se advierte a los líderes de los Estados Miembros de las Naciones Unidas. El mensaje es claro: el cambio climático es un gran desafío para la salud y debemos actuar ahora” [12]

Actualmente (2021) debido aumento de la temperatura global promedio anual y al desarrollo de la tecnología, los países miembros de las Naciones Unidas (UN) buscan efectuar acciones para reducir este tipo de gases contaminantes, desarrollando combustibles alternativos de bajo costo de elaboración y adquisición que reemplacen a los combustibles fósiles como el GLP, gasolina, diésel, los combustibles en cuestión son quemados en la extracción del petróleo que están siendo utilizados para el movimiento de automóviles que emiten dióxido de carbono, aportando al calentamiento global y afectando a la Salud Pública.

En 1970, el Congreso de Estados Unidos creó la Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA¹) buscando garantizar condiciones de trabajo seguras y saludables para los trabajadores de entidades públicas y privados, estableciendo estándares, entrenamiento, capacitación, divulgación, educación y asistencia con el objetivo de “garantizar condiciones seguras de trabajo y saludables para trabajadores hombres y mujeres” [14]

OSHA forma parte del Departamento de Trabajo de los Estados Unidos. En términos generales el administrador de OSHA es el Subsecretario de Trabajo para Seguridad y Salud Ocupacional. Y el administrador de OSHA responde al secretario de Trabajo, quien es parte del gabinete del presidente de los Estados Unidos.

Los principios de OSHA cubren a un gran grupo de empleadores y empleados de varias industrias de los 50

estados de USA y algunos territorios y jurisdicciones que están a nivel de la autoridad federal.

De acuerdo con OSHA del 1 de octubre de 2019 al 30 de septiembre de 2020 (correspondiente al año fiscal 2020) presenta una lista de las 10 normas más citadas en inspecciones de los lugares de trabajo. OSHA publica el listado para alertar a empleadores y empleados de las normas más comunes para tomar medidas correctivas y preventivas para encontrar y corregir los peligros reconocidos:

1. Protecciones contra caídas, construcción (29 CFR 1926.501)
2. Normativa de comunicación de peligros, industria general (29 CFR 1910.1200)
3. Protecciones respiratorias, industria general (29 CFR 1910.134)
4. Andamios, requisitos generales, construcción (29 CFR 1926.451)
5. Escaleras, construcción (29 CFR 1926.1053)
6. Controles energéticos peligrosos (bloqueo / etiquetado), industria general (29 CFR 1910.147)
7. Camiones motorizados industriales, industria general (29 CFR 1910.178)
8. Protecciones contra caídas: requisitos de entrenamiento (29 CFR 1926.503)
9. Protecciones oculares y faciales (29 CFR 1926.102)
10. Protecciones de maquinaria, máquinas, requisitos generales (29 CFR 1910.212)

En el análisis se utilizará la norma 29 CFR 1910.134 que hace referencia a protección respiratoria, industria general, que busca el control de enfermedades ocupacionales causadas por respirar aire con gases contaminantes como el dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), polvos, humos, nieblas, humos, aerosoles o vapores nocivos.

Esto se debe lograr en la medida de lo posible mediante medidas de control de ingeniería aceptadas (por ejemplo, ventilación general y local, sustitución de materiales menos tóxicos, utilización de combustibles alternativos, entre otros). Cuando los controles de ingeniería no sean factibles o no sean pertinentes, se deben usar respiradores que ayuden a proteger la salud o la vida.

En la Tabla 1 se registran algunos contaminantes gaseosos que con más frecuencia se encuentran en los ambientes industriales.

¹ OSHA: Occupational Safety and Health Administration

Tabla 1. Características de los contaminantes gaseosos en el aire

Contaminantes	Concentraciones permitidas por la OSHA (ppm)
Dióxido de carbono (CO ₂)	5,000
Monóxido de carbono (CO)	50
Sulfuro de hidrogeno (H ₂ S)	-

Fuente: Tabla Z1 de la OSHA [11]

OSHA establece como valor límite para el monóxido de carbono (CO) 25 puntos por millón (ppm) para un periodo de tiempo de exposición de 8 horas. Los efectos sobre la salud o la vida de los gases contaminantes dependerán de forma exclusiva en el tipo de gas que se encuentra en el ambiente de un área confinada.

III. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

A. Método

La metodología aplicada en la investigación tiene un enfoque cuantitativo, el tipo de estudio fue investigación exploratoria con la técnica de observación de campo. Este estudio analiza los factores y características de gases contaminantes producidos por el uso de los combustibles empleados por el montacargas motor N1 Nissan Dual-Gas (gas y gasolina), se pretende cuantificar parámetros y métodos de evaluación del impacto de consumo y contaminación con los diferentes combustibles postulando tablas, gráficos comparativos e interpretaciones entre emisiones calculadas de cada combustible con base en las limitaciones de la OSHA para concluir cuál de los dos combustibles analizados tiene menor cantidad de emisiones contaminantes.

B. Materiales

En el proceso investigativo se considera algunos materiales para la toma de muestras y posterior análisis de gases contaminantes:

Montacargas: Un montacargas es un vehículo utilizado para mover, levantar y transportar carga, esto gracias a un sistema de dos contrapesos ubicados en diferentes extremos al punto de giro. La carga que se transporta se balancea debido a los contrapesos y a su bajo centro de gravedad. El montacargas también puede mover la carga de manera vertical mediante sus horquillas. Este tipo de vehículo de trabajo generalmente funciona con diferentes tipos de combustible como gasolina, gas (GLP) o diésel [10]

Figura 1. Montacargas marca Nissan



Fuente: [10]

Motor Dual-Gas (GASOLINA-GLP): El sistema Dual Fuel consiste en un motor de combustión que funciona de forma simultánea con gas licuado de petróleo (GLP) e hidrocarburos (derivados del petróleo: gasolina, diésel). Para el caso de utilizar dos fuentes de energía, existe un switch que se van alternando en función de las circunstancias de la conducción y las circunstancias del vehículo. [4]

Figura 2. Motor Dual-Gas



Fuente: Los autores, 2021; Generac

El motor de combustible dual-gas permite tener dos combustibles en un vehículo como motores diésel o gasolina y GLP. El cual permite el cambio de combustible para garantizar el uso del consumo del combustible que se ha seleccionado.

Analizador de gases - ALTAIR 4XR: Es un analizador configurado para trabajos en espacios confinados, permite realizar mediciones de concentraciones de Oxígeno (O₂), monóxido de carbono (CO), ácido sulfhídrico (H₂S) y explosividad (LEL), incorpora una alarma que alerta situaciones de riesgo a personas ubicadas a metros de distancia, incorpora tecnología bluetooth para conectarse con Smartphone.

Figura 3. ALTAIR 4XR



Fuente: [5]

Analizador de gases - TEKCOPLUS COTK-57: Es un medidor que mide el nivel de CO₂, el punto de rocío (DP), temperatura del aire, temperatura húmeda de bulbo (WB) y

humedades (RH) y es un instrumento para diagnosticar la calidad del aire interior (IAQ).

Figura 4. TEKCOPLUS COTK-57



Fuente: [17]

Analizador de gases - TEMTOP M2000C: Analizador multifuncional de calidad del aire, permite detectar partículas + PM2.5 + PM10 + CO₂ + temperatura + humedad. Mide concentración de dióxido de carbono CO₂, temperatura y humedad, adecuado para medición de la contaminación en cualquier lugar de trabajo u hogar.

Figura 5. TEMTOP M2000C



Fuente: Los autores, 2021; [18]

Sistemas de alimentación de combustible: Los sistemas de alimentación de combustible están configurados en función de las necesidades y prioridades para obtener la formación de la mezcla aire- combustible. En motores duales pueden utilizar dos combustibles independientes en sus sistemas de alimentación, mismos que presentan algunas características:

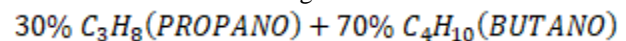
Sistema de alimentación de gasolina: Dispone de un depósito plástico o metálico donde almacenar el combustible líquido, además de una bomba que permite transportar el combustible y un filtro que retiene todas las impurezas, este combustible filtrado se envía hacia una válvula reguladora de presión antes de ser entregado a un sistema dosificador que puede ser un carburador o inyectores. [3]

Sistema de alimentación de GLP: Este sistema requiere de tanques especiales que almacenan el combustible gaseoso, se necesita de una válvula de seguridad que permita el paso o el cierre del gas, además dispone de una válvula reguladora de presión para mantener una presión constante de alimentación, el sistema dispone de un mezclador que permite la homogeneización del aire y el combustible gaseoso que ingresará al cilindro. [3]

Fórmula y características de los combustibles:

El gas licuado de petróleo o también conocido como GLP tiene su origen entre el año 1900 a 1912 en los Estados Unidos este es un mix de dos tipos de gases inflamables, 70% de butano y 30% de propano los cuales lo convierten en un combustible ideal para la automoción, por sus componentes que son menores a la gasolina o diésel hace que tenga un costo menor de producción, también se supone que tiene un porcentaje menor de emisiones de gases contaminantes a su contrapartes (gasolina, diésel); en tal sentido el GLP es considerado muy atractivo en las industrias.

La fórmula de este mix de gases es:



La gasolina es un producto del petróleo, fue descubierta por el año de 1857, esto se obtuvo mediante la destilación fragmentada de petróleo, es un líquido muy volátil e inflamable, con un determinado olor característico, tiene una densidad de 680 g/l, es uno de los combustibles más usados en el sector de la automoción, en la actualidad algunas industrias buscan variantes o mezclas que reemplacen este tipo de combustible para reducir la contaminación que deja la combustión de este hidrocarburo.

La fórmula química más común de la gasolina es:

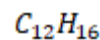


Figura 6. Dispensor GLP / Dispensor de gasolina



Fuente: [10]

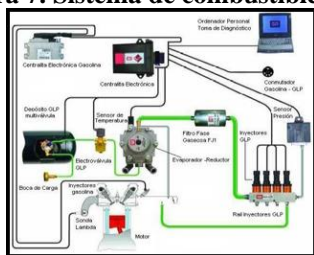
Funcionamiento del proceso de combustión en el motor

dual-gas: El GLP se encuentra en estado líquido en el depósito y, después, en un reductor de presión, es evaporado y llevado a la presión idónea para su uso en un vehículo. Durante el proceso de evaporación y de expansión, el gas tiende a enfriarse considerablemente, de ahí que el reductor se calienta con el agua de refrigeración del motor, de lo contrario podría llegar a helarse y a perder sus funciones. (Vegas, 2020)

El sistema de combustible gasolina o diésel será el mismo de acuerdo con cada fabricante, mientras tanto, el sistema GLP es un sistema de combustible que consta de un tanque adicional, un módulo de control, válvulas de control y sus inyectores correspondientes. Cuando un vehículo se enciende lo hace mediante su combustible original gasolina o

diésel, permitiendo que el motor de combustión llegue a su temperatura normal de funcionamiento, una vez que los módulos de control detectan que se encuentra a una temperatura de trabajo se realiza el cambio de combustible en este caso GLP, el cual inicia por tanque el cual almacena el GLP en estado líquido, después es dirigido a un filtro para retener las partículas contaminantes, siguiendo a un evaporador el cual con la ayuda de refrigerante del motor se incrementa la temperatura en el evaporador permitiendo un cambio de estado de líquido a gaseoso del GLP ,además, esté es regulado a una presión de trabajo, y el cual es dirigido hacia a los inyectores los cuales son comandados por un módulo de control el cual determina la abertura de los inyectores hacia cada cilindro, además, de que el usuario puede realizar el cambio manualmente de acuerdo a sus preferencias o este se puede realizar el cambio automático, los gases emitidos de la combustión son dirigidos al sistema de escape los cuales son monitoreados por el sensor NOx, que mide directamente la concentración de gas en el motor.

Figura 7. Sistema de combustible GLP



Fuente: [4]

Emisiones que se emiten en la combustión: Los gases residuales más comunes producto de la combustión del combustible con el oxígeno son los siguientes:

Dióxido de carbono (CO₂): Es el principal residuo que deja la reacción de combustión, es producto de la unión del carbono presente en el combustible y del oxígeno que forma parte del aire admitido por el motor, tiene la propiedad de no ser tóxico, sin embargo su efecto en la atmósfera produce que los rayos UV que ingresan al planeta se concentren y no puedan ser disipados hacia el espacio aumentando la temperatura de la superficie, por lo que se lo conoce al CO₂ como gas de efecto invernadero. [9]

Monóxido de carbono (CO): la formación de este gas es consecuencia de una combustión incompleta del combustible, es un gas inodoro, incoloro y altamente tóxico para la salud humana por tal motivo es uno de los gases más controlados en regulaciones anticontaminación. [9]

Óxidos de nitrógeno: Son el resultado de la reacción indeseada del nitrógeno con el oxígeno, es un grupo de dos

sustancias el NO y NO₂, ambas moléculas son responsables de la formación de lluvias ácidas además son de los principales contaminantes de las zonas urbanas que forman el smog o niebla contaminante. [6]

Óxidos de azufre: Son productos de la reacción del azufre presente en el combustible con el oxígeno, al igual que los NOx es un grupo de moléculas el SO₂ y SO₃ que influyen directamente en la formación del ácido sulfúrico principal responsable de las lluvias ácidas y de la afección a las mucosas y pulmones [16]

Hidrocarburos no combustionados: Son los residuos no combustionados o quemados parcialmente de las principales cadenas de moléculas del combustible. Algunas de estas cadenas como las del grupo de los aromáticos son cancerígenas y estos vapores pueden quedar en el ambiente como residuos hasta evaporarse. [9]

Material particulado: se originan por la ineficiencia en la combustión que genera residuos sólidos provenientes de las cadenas de carbono, su tamaño varía en función de la complejidad de la estructura del combustible, sin embargo, si son muy pequeñas puede quedarse suspendidas en el aire hasta ingresar a los pulmones y depositarse en ellos provocando afecciones a la salud. [9]

Vapor de agua: Es otro producto deseado de una combustión completa, se puede evidenciar en las mañanas como vapor blanco y no tiene efecto alguno sobre la salud (Pérez, 2018).

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

El objetivo de este punto es presentar el procedimiento de la medición de los gases: GLP y gasolina

A. Procedimiento

Con el propósito de determinar el grado de contaminación de un motor dual-gas que opera con diferentes tipos de combustible, en este caso específico gasolina y GLP, y con la finalidad de cuantificar las emisiones contaminantes del motor cuando utiliza los diferentes combustible y generar un veredicto fundamentado en cálculos matemáticos y químicos que permitan exhibir cual combustible genera mayor contaminación, debido a que en los últimos años se ha generado un interés por la reducción de emisiones contaminantes en motores de combustión interna que usan combustibles fósiles que son de gran uso en el sector industrial y transporte (Pérez, 2018). Asimismo, se aspira encontrar una alternativa a la gasolina como combustibles gaseosos o biocombustibles que generen un menor impacto en el

ambiente al reaccionar de manera más eficiente con el oxígeno generando una combustión lo más cercana a la ideal, ya que la tendencia mundial es empezar a darle uso a los biocombustibles y no depender netamente de combustibles fósiles (Zamfirescu, 2011). Por último, esta investigación busca determinar si el uso de diferentes combustibles en el motor dual-gas afecta en el rendimiento de la máquina y en el consumo.

El ejercicio realizado para el análisis comparativo de emisiones de un motor N1 Nissan Dual-Gas (gas y GLP) y su incidencia a la exposición de estos gases contaminantes en el personal de un área confinada es el siguiente:

El día jueves 21 de octubre del 2021, se realiza la medición de gases contaminantes en el motor N1 Nissan Dual-Gas el proceso empieza a las 9 am; en primera instancia se determina el lugar adecuado para realizar la prueba de emisiones de gases contaminantes. Se calibra los analizadores de gases para proceder con una nueva medición de gases contaminantes la cual será de los combustibles (GLP y gasolina).

Medición de gases con GLP:

- El investigador posiciona el selector en la opción de GLP del montacargas.
- El técnico enciende el motor y se espera que el mismo llegue a una temperatura óptima de funcionamiento, para que la medición sea lo más real posible.
- Se determina el combustible a medirse en el analizador de gases que en este caso es el GLP; luego se coloca el medidor de gases en la cabina donde se encuentra el operario del montacargas, se observa los niveles de CO, CO₂ Y H₂S a los cuales se encuentra expuesto. Se espera que los valores de la medición de los gases contaminantes se estabilicen para una correcta lectura.
- Se procede a tomar un registro fotográfico de las mediciones resultantes de los gases contaminantes con el combustible de GLP. (ver Figura 8)
- Se desconecta el medidor de gases de la cabina del montacargas, se apaga el motor y se da como concluida la medición de gases contaminantes con el combustible de GLP. El tiempo de medición en el cual se efectuaron desplazamientos del montacargas con el combustible GLP tuvo una duración de 15 minutos.

Figura 8. Registro fotográfico de medición de gases con GLP



Fuente: Autores, 2021

Medición de gases con Gasolina:

- La medición de gases contaminantes del combustible (gasolina) se inicia a las 9h15 del día jueves 21 de octubre del 2021, para la ejecución del ejercicio se cambia el selector a la opción de combustible a gasolina y se enciende montacargas y se espera que el motor llegue a una temperatura óptima de trabajo. En el analizador de gases se selecciona el combustible al cual se le medirá el resultado de los gases contaminantes (gasolina) y se procede a colocar el medidor de gases en la cabina donde se encuentra el operario del montacargas. (encendido).
- Los valores estabilizados de la medición de gases contaminantes se reflejan en el analizador de gases. Cuando se obtienen los valores estables, se procede a la toma del registro fotográfico de los resultados de la prueba. (ver Figura 9)
- A continuación, se retira el analizador de gases de la cabina. Se procede a apagar el analizador de gases y el motor del montacargas.
- El tiempo de medición en el cual se efectuaron desplazamientos del montacargas con el combustible a gasolina tuvo una duración de 15 minutos.

Figura 9. Registro fotográfico de medición de gases con gasolina



Fuente: Autores, 2021

Al final del ejercicio se procede a desconectar el analizador de gases y se apaga el montacargas. Al montacargas se lo procede a llevar a su sitio habitual de parqueo o de operación. Se da como concluida la prueba de medición de gases contaminantes con los combustibles (GLP y gasolina).

El tiempo de duración de la prueba con los dos combustibles es de 30 minutos (rango de tiempo 9h00 am – 9h30 am). Al finalizar la prueba se procede a descargar y registrar los datos obtenidos.

B. Comparativas

Una vez realizada la observación de campo de la medición de gases los valores son registrados por tipo de combustible: GLP y gasolina.

En la Tabla 2 se registra los valores de los resultados del combustible GLP y gasolina y su incidencia relacionada al dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO) y sulfuro de hidrogeno (H₂S).

Tabla 2. Resultados de medición de gases

combustible	puesto de trabajo	parametro (ppm)		
		Dióxido de carbono (CO ₂)	Monóxido de carbono (CO)	Sulfuro de hidrogeno (H ₂ S)
GLP	Cabina montacargas	1,814	0	0
	Fuera del montacargas	1,100	0	0
gasolina	Cabina montacargas	15,575	98	0
	Fuera del montacargas	1,620	75	0

Fuente: Autores, 2021

Nota: Los resultados obtenidos en esta Tabla 2, son los valores medidos en el ambiente en el cual opera el montacargas en Quito – Ecuador.

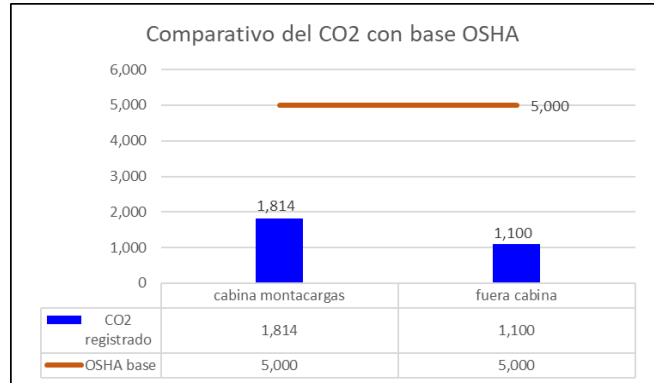
En la Tabla 2, se observa los valores registrados correspondientes a los resultados de la prueba contaminante que refleja en los analizadores de gases ALTAIR 4XR, TEKCOPLUS COTK-57, TEMTOP M2000C para identificar el dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO) y sulfuro de hidrogeno (H₂S).

Medición de gases con GLP:

Interpretación CO y H₂S con base a la OSHA: Con combustible GLP dentro del montacargas y fuera de él, los analizadores de gases no registraron niveles de los gases de monóxido de carbono (CO) y sulfuro de hidrogeno (H₂S).

Interpretación CO₂ con base a la OSHA: Con combustible GLP dentro de la cabina del montacargas se registró 1,814 ppm y fuera del montacargas se registró 1,100 ppm de dióxido de carbono (CO₂), valores registrados bajo el límite permitido de la OSHA que corresponde a 5,000 ppm, entonces la emisión de CO₂ con GLP no es un nivel preocupante. (Ver Tabla 3).

Tabla 3. GLP: Comparativo del CO₂ con base a la OSHA



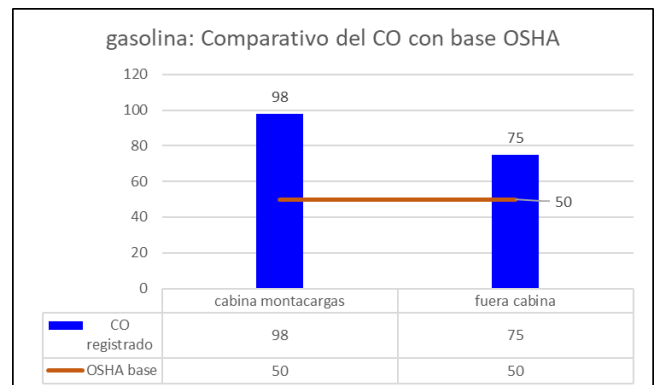
Fuente: Autores 2021

Medición de gases con gasolina:

Interpretación H₂S con base a la OSHA: Con gasolina dentro del montacargas y fuera de él, los analizadores de gases no registraron niveles de los gases de sulfuro de hidrogeno (H₂S).

Interpretación CO con base a la OSHA: El límite permitido de la OSHA a este gas corresponde a 50 ppm, entonces cuando se registró los valores con gasolina dentro de la cabina del montacargas se registró 98 ppm y fuera del montacargas se registró 75 ppm de monóxido de carbono (CO), los valores registrados están sobre los niveles permitidos por la OSHA, afectando al proceso respiratorio del operador del montacargas. (Ver Tabla 4).

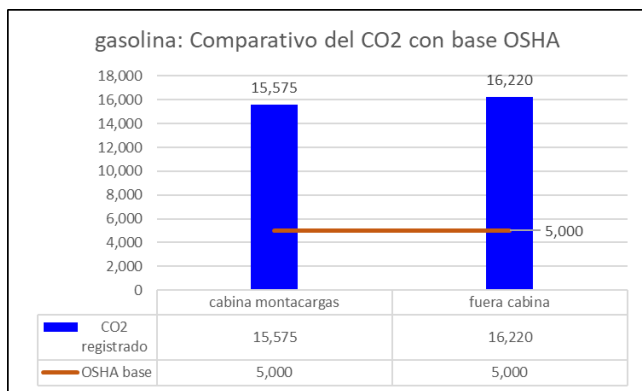
Tabla 4. Gasolina: Comparativo del CO con base a la OSHA



Fuente: Autores 2021

Interpretación CO2 con base a la OSHA: Con gasolina dentro de la cabina del montacargas se registró 15,575 ppm y fuera del montacargas se registró 16,220 ppm de dióxido de carbono (CO₂), valores registrados sobre el límite permitido de la OSHA que corresponde a 5,000 ppm, considerando entonces que la emisión de CO₂ con gasolina es un nivel preocupante y afectando al personal de un área confinada. (Ver Tabla 5).

Tabla 5. Gasolina: Comparativo del CO₂ con base a la OSHA



Fuente: Autores 2021

V. CONCLUSIÓN

Con combustible GLP dentro del montacargas y fuera de él, los analizadores de gases no registraron niveles de los gases de monóxido de carbono (CO) y sulfuro de hidrogeno (H₂S). Para el caso del dióxido de carbono (CO₂) dentro de la cabina del montacargas se registró 1,814 ppm y fuera del montacargas se registró 1,100 ppm, los valores registrados están bajo el límite permitido de la OSHA que corresponde a 5,000 ppm, la emisión de CO₂ con GLP no es un nivel preocupante, cuando el montacargas opera con GLP el nivel CO₂, Co y H₂S está debajo de la base de OSHA.

Con gasolina dentro del montacargas y fuera de él, los analizadores de gases no registraron niveles del sulfuro de hidrogeno (H₂S). Para el caso del monóxido de carbono (CO) el límite permitido de la OSHA a este gas corresponde a 50 ppm, cuando se registró los valores dentro de la cabina del montacargas fue de 98 ppm y fuera del montacargas se anotó 75 ppm, los valores registrados están sobre los niveles permitidos por la OSHA, afectando al proceso respiratorio del operador del montacargas. En el caso del dióxido de carbono (CO₂) dentro de la cabina del montacargas se registró 15,575 ppm y fuera del montacargas se anotó 16,220 ppm, los valores obtenidos están sobre el límite permitido de la OSHA que corresponde a 5,000 ppm, Se considera que la emisión de CO₂ con gasolina está en un nivel preocupante y afectando al

personal de un área confinada, cuando el montacargas opera con gasolina el nivel de CO y CO₂ está sobre la base de OSHA y su incidencia es directa a la salud del personal que trabaja en un área confinada que suma al Efecto Invernadero que ocasionan el calentamiento global.

Independientemente al porcentaje de la emisión de gases del montacargas de motor N1 Nissan Dual-Gas se debe proporcionar un respirador a cada empleado que permita proteger la salud o la vida de dicho empleado. De acuerdo a OSHA “el empleador debe suministrar los respiradores que sean aplicables y adecuados para el propósito previsto”. Además, el patrono será responsable del establecimiento y mantenimiento de un programa de protección respiratoria a la interna de la Organización.

REFERENCIAS

- [1] Achour, H., & Olabi, A. G. (2016). Driving cycle developments and their impacts on energy consumption of transportation. *Journal of Cleaner Production*, 112, 1178-1788.
- [2] Benavides, B. H., & León, A. G. (2017). Información técnica acerca de gases de efecto invernadero y el cambio del clima. ACADEMIA. Accelerating the world's research.
- [3] Escudero, J. (2011). Funcionamiento del sistema de alimentación por Gas GLP.
- [4] Ferrosite. (2017). Equipos de GLP. Retrieved from <https://www.ferrosite.com/equipos-de-glp/>
- [5] GME Climb Higher. (2021). analizador gases ALTAIR 4XR. Retrieved from https://www.gmesupply.com/msa-altair-4xr-multigas-detector?gclid=Cj0KCQiAkNiMBhCxARIsAIDDKNV1b0IKrSI570-PqG2lYSVgZh902TXJ3V-UUhPTeKn_e5I593jb6GooAsDDEALw_wcB
- [6] GreenFacts. (1999). Óxidos de nitrógeno (NO_x). Retrieved from <https://www.greenfacts.org/es/glosario/mno/oxidos-nitrogeno-nox-oxido-nitrico-no-dioxido-nitrogeno-no2.htm>
- [7] Holman, C., Harrison, R., & Querol, X. (2015). Review of the efficacy of low emission zones to improve urban air quality in European cities. doi:10.1016/j.atmosenv.2015.04.009, *Atmospheric Environment*.
- [8] Isaza, D. J., & Campos, R. D. (2017). Cambio climático. Glaciaciones y calentamiento global. Universidad Jorge Tadeo Lozano.
- [9] Jóvaj, M. (1982). Motores del automóvil (libro traducido).
- [10] Montacargas, C. (2021). Montacargas de combustión interna de 1 a 1.8 toneladas.
- [11] Occupational Safety and Health Administration. (2021). Occupational Safety and Health Administration. Retrieved from <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.1000TABLEZ1>
- [12] ONU. (2021). COP26. Cobertura especial de la Conferencia sobre el Clima COP26.
- [13] Ortiz. (2017). Asociación colombiana del GLP. ¿Qué es el GLP? Retrieved from <https://www.gasnova.co/sobre-el-glp/que-es-el-glp/>
- [14] OSHA. (2021). Occupational Safety and Health Administration. Retrieved from <https://www.osha.gov/aboutosha>
- [15] Rakha, H., Ahn, K., & Trani, A. (2015). Comparison of MOBILE5, MOBILE6, VT-MICRO and CMEM Models for Estimating Hot-stabilized Light Duty 68 Gasoline Vehicle Emissions. *Canadian Journal of Civil Engineering*.
- [16] Registro estatal de emisiones y fuentes contaminantes. (2019). página web estatal del gobierno de España. Retrieved from <https://prtres.es/Bienvenidos-PRTREspana-681112007.html>
- [17] TEKCOPLUS. (2021). analizador gases TEKCOPLUS COTK-57. Retrieved from <https://www.tekcoplus.com/products/cotk-57>

- [18] Temtop. (2021). Analizador de gases TEMPOP M2000C. Retrieved from <https://temtopus.com/products/temtop-m2000c-air-quality-detector-professional-co2-pm2-5-pm10-monitor>
- [19] World Energy Outlook. (2015). The World Energy Model: Marco Baroni, Directorate of Global Energy Economics, International Energy Agency. Paris. Retrieved from <http://www.worldenergyoutlook.org/>

Juan David ENRIQUEZ ROSALES Egresado de Ingeniería Mecánica Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador.

Pablo Andrés CAZAR CHAVEZ Egresado de Ingeniería Mecánica Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador.