

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)



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i4>

Ingeniería, Industria y construcción
Artículo de investigación

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).

Comparative analysis of emissions from an N1 Nissan Dual-Gas (gas and gasoline) engine and their impact on the exposure of these pollutant gases to personnel in a confined area based on OSHA (Occupational Safety and Health Administration).

Análise comparativa das emissões de um motor N1 Nissan Dual-Gas (gás e gasolina) e o seu impacto na exposição destes gases poluentes ao pessoal numa área confinada com base nas limitações da OSHA (Occupational Safety and Health Administration).

Pablo Andrés Cazar Chávez^I
pacazarch@uide.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-4686-8107>

Juan David Enriquez Rosales^{II}
juenriquezro@uide.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-0169-9311>

Juan Carlos Rubio Terán^{III}
jrubio@uide.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-5815-0154>

Correspondencia: pacazarch@uide.edu.ec

***Recibido:** 25 mayo de 2022 ***Aceptado:** 02 de junio de 2022 * **Publicado:** 07 de julio de 2022

- I.** Ingeniero en Mecánica Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador.
- II.** Ingeniero en Mecánica Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador.
- III.** Ingeniero en Mecánica Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador.

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).

Resumen

Las emisiones de gases contaminantes de motores de gasolina y GLP y su directo efecto en la salud humana son discusiones actuales en el cambio climático, en la conferencia sobre el clima COP 26 realizada en Glasgow, Reino Unido, 2021 sostienen que “los combustibles fósiles nos están llevando a la extinción ... y el cambio climático es un gran desafío para la salud y debemos actuar ahora”. La siguiente investigación se realizó con el *objetivo* de determinar grado de contaminación de un motor dual-gas que opera con diferentes tipos de combustible, 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 hidrógeno (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 con motor N1 Nissan Dual-Gas (gasolina y GLP) que mediante la utilización de los equipos ALTAIR 4XR, TEKCOPLUS COTK-57, TEMTOP M2000C se realizaron 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. Se *Concluyó* 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 cuando 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 (GEI) que ocasionan el calentamiento global.

Palabras clave: gases contaminantes, cambio climático, calentamiento global, OSHA.

Abstract

The emissions of polluting gases from gasoline and LPG engines and their direct effect on human health are current discussions on climate change, in the COP 26 climate conference held in Glasgow, UK, 2021 argue that "fossil fuels are driving us to extinction ... and climate change is a major health challenge and we must act now". The following research was carried out with the objective of

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).

determining the degree of contamination of a dual-gas engine that operates with different types of fuel, gasoline and LPG and its incidence to the exposure of polluting gases such as carbon dioxide (CO₂), carbon monoxide (CO) and hydrogen sulfide (H₂S). In order to carry out the present study, a literature review was conducted to summarize them in a descriptive manner. The methodology applied in the research has a quantitative approach, the type of study was exploratory research with the technique of field observation, the study conducted for the comparative analysis of emissions was with the use of a forklift with N1 Nissan Dual-Gas engine (gasoline and LPG) that through the use of ALTAIR 4XR, TEKCOPLUS COTK-57, TEMTOP M2000C equipment, measurements were taken; The free acceleration technique of static test was used as stipulated by the Ecuadorian Technical Standard INEN 2203, to find the results an analysis of the data was performed based on the limits of the Occupational Safety and Health Administration (OSHA) trying to determine compliance or not to the exposure of pollutant gases in the personnel of a confined area. It was concluded that when the forklift operates with LPG the CO₂, Co and H₂S level is below the OSHA baseline. And in the case of forklifts operating with gasoline, the level of CO and CO₂ is above the OSHA base and its incidence is direct to the health of the personnel working in a confined area that adds to the Greenhouse Effect (GHG) that cause global warming.

Key words: pollutant gases, climate change, global warming, OSHA.

Resumo

As emissões de gases poluentes dos motores a gasolina e a GPL e o seu efeito directo na saúde humana são discussões actuais sobre as alterações climáticas, com a conferência climática COP 26 em Glasgow, Reino Unido, 2021 declarando que "os combustíveis fósseis estão a levar-nos à extinção ... e as alterações climáticas são um grande desafio para a saúde e temos de agir agora". A investigação seguinte foi realizada com o objectivo de determinar o grau de contaminação de um motor a gás duplo que funciona com diferentes tipos de combustível, gasolina e GPL, e a sua incidência de exposição a gases poluentes tais como dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO) e sulfureto de hidrogénio (H₂S). A fim de realizar este estudo, foi realizada uma revisão bibliográfica para os resumir de uma forma descritiva. A metodologia aplicada na investigação tem uma abordagem quantitativa, o tipo de estudo foi exploratório com a técnica de

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).

observação de campo, o estudo realizado para a análise comparativa das emissões foi com a utilização de um empilhador com motor N1 Nissan Dual-Gas (gasolina e GPL) utilizando ALTAIR 4XR, TEKCOPLUS COTK-57, equipamento TEMTOP M2000C, foram efectuadas medições; A técnica de aceleração livre de testes estáticos foi utilizada como estipulado pela Norma Técnica Equatoriana INEN 2203, para encontrar os resultados, foi realizada uma análise dos dados com base nos limites da Administração de Segurança e Saúde no Trabalho (OSHA), tentando determinar a conformidade ou não conformidade com a exposição de gases poluentes no pessoal de uma área confinada. Concluiu-se que quando a empilhadora funciona com GPL o nível de CO₂, CO e H₂S está abaixo da linha de base da OSHA. E no caso do empilhador quando funciona com gasolina, o nível de CO e CO₂ está acima da base OSHA e a sua incidência é directa para a saúde do pessoal que trabalha numa área confinada que se soma ao Efeito de Estufa (GHG) que causa o aquecimento global.

Palavras-chave: gases poluentes, alterações climáticas, aquecimento global, OSHA.

Introducción

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 cómo el crecimiento del nivel de temperatura puede desencadenar glaciaciones en un periodo corto.

(Benavides & León, 2017) en su artículo *Información técnica en gases de efecto invernadero y el cambio del clima*, sostienen que:

“El clima de la Tierra ha sido cambiante a través de la historia.

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).

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. (Isaza & Campos, 2017)

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 hidrógeno (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.” (OSHA, 2021) (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

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).

contaminantes en el personal de un área confinada, estos resultados permitirán tomar la decisión del uso del combustible que contaminen menos en este tipo de motor.

Fundamento teórico

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 (Achour & Olabi, 2016). La contaminación del aire es un problema que aporta un efecto invernadero y en consecuencia a la destrucción de la capa de ozono, ocasionando efectos de salud a los humanos. (Holman, Harrison, & Querol, 2015)

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%. (World Energy Outlook, 2015)

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 (Rakha, Ahn, & Trani, 2015)

En la conferencia sobre el clima COP 26 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” (ONU, 2021)

Actualmente (2021) debido al 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

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).

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” (OSHA, 2021)

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 tomarán 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

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).

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, 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.

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 hidrógeno (H ₂ S)	-

Fuente: Tabla Z1 de la OSHA (Occupational Safety and Health Administration, 2021)

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 dependen de forma exclusiva en el tipo de gas que se encuentra en el ambiente de un área confinada.

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).

Materiales y Métodos

3.1. Métodos

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.

3.2. 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 (Montacargas, 2021)

Figura 1. Montacargas marca Nissan



Fuente: (Montacargas, 2021)

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).

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. (Ferrosite, 2017)

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 smartphones.

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).

Figura 3. ALTAIR 4XR



Fuente: (GME Climb Higher, 2021)

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: (TEKCOPLUS, 2021)

Analizador de gases - TEMTOP M2000C: Analizador multifuncional de calidad del aire, permite detectar Partículas + PM_{2.5} + 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.

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).

Figura 5. TEMTOP M2000C



Fuente: (Temtop, 2021)

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. (Escudero, 2011)

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. (Escudero, 2011)

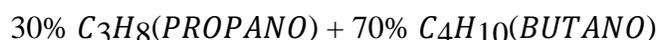
Fórmula y características de los combustibles:

El gas licuado de petróleo o también conocido como GLP tiene su origen entre el año 1900 a 1912

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).

en los Estados Unidos este es un mix de dos tipos de gases inflamables, 70% de butano y 30% de propanos 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:

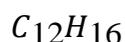


Figura 6. Dispensador GLP / Dispensador de gasolina



Fuente: Pont Grup, 2021

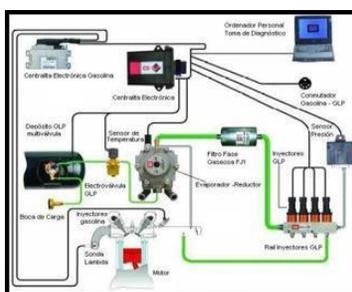
Funcionamiento del proceso de combustión en el motor dual-gas: El GLP se encuentra en estado líquido en el depósito y, después, en un reductor de presión, es evaporado y llevado a la presión idónea para su uso en un vehículo. Durante el proceso de evaporación y de expansión, el gas tiende a enfriarse considerablemente, de ahí que el reductor se caliente con el agua de refrigeración del

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).

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, éste 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 rígidos al sistema de escape en el cual se encuentra 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: (Ferrosite, 2017)

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

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).

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. (Jóvaj, 1982)

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. (Jóvaj, 1982)

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. (GreenFacts, 1999)

Óxidos de azufre: Son productos de la reacción del azufre presente en el combustible con el oxígeno, al igual que los NO_x es un grupo de moléculas el SO₂ y SO₃ que infieren directamente en la formación del ácido sulfúrico principal responsable de las lluvias ácidas y de la afección a las mucosas y pulmones (Registro estatal de emisiones y fuentes contaminantes, 2019)

Hidrocarburos no combustionados: Son los residuos no combustibles 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. (Jóvaj, 1982)

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. (Jóvaj, 1982)

Vapor de agua: Es otro producto deseado de una combustión completa, se puede evidenciar en las

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).

mañanas como vapor blanco y no tiene efecto alguno sobre la salud (Pérez, 2018).

Resultados y Discusión

4.1. 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 empezó con 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. Al montacargas se conecta el analizador de gases a una corriente de 110v y es calibrado para proceder con una nueva medición de gases contaminantes la cual será de los combustibles (GLP y gasolina).

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).

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 selecciona 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 procede a cambiar el selector a la opción de combustible a gasolina y se procede a encender el 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

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).

(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 donde se encontraba la medición de gases. Se apaga 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 de gases y se apaga el montacargas. Al montacargas se lo dirige 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.

4.1. Comparativas

Una vez finalizada 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 registran 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

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).

hidrógeno (H₂S).

Tabla 2. Resultados de medición de gases

combustible	puesto de trabajo	Parámetro (ppm)		
		Dióxido de carbono (CO ₂)	Monóxido de carbono (CO)	Sulfuro de hidrógeno (H ₂ S)
GLP	Cabina montacarga	1,814	0	0
	Fuera del montacarga	1,100	0	0
gasolina	Cabina montacarga	15,575	98	0
	Fuera del montacarga	16,220	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, TEMTOPM2000C para identificar el dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO) y sulfuro de hidrógeno (H₂S).

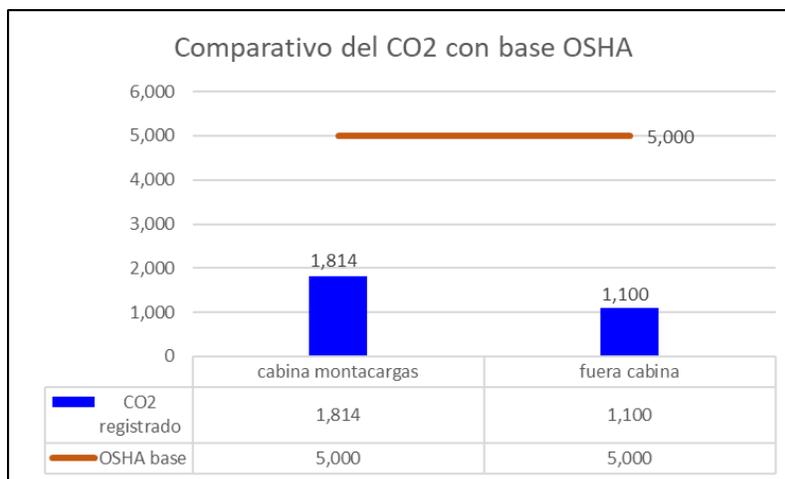
Medición de gases con GLP:

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 hidrógeno (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, por lo tanto, la emisión de CO₂ con GLP no es un nivel preocupante. (ver Tabla 3).

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).

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



Fuente: Autores 2021

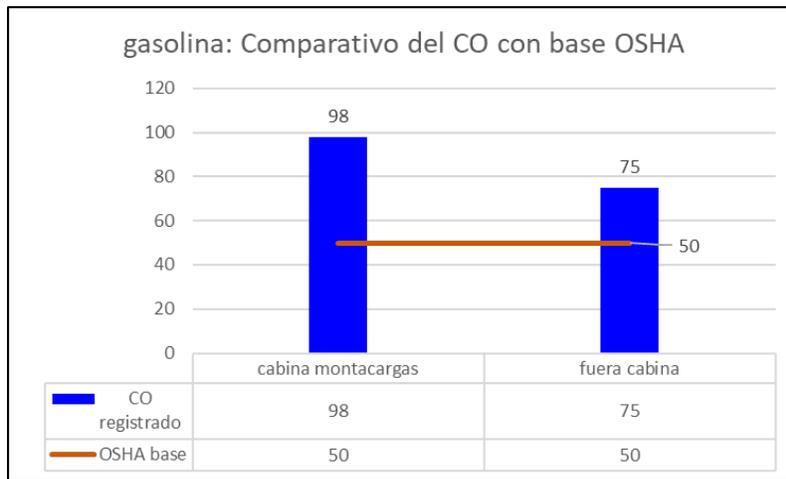
Medición de gases con gasolina:

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 hidrógeno (H₂S).

Interpretación CO con base a la OSHA: El límite permitido de la OSHA a este gas corresponde a 50 ppm, en el valor 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 Tabla4).

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).

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

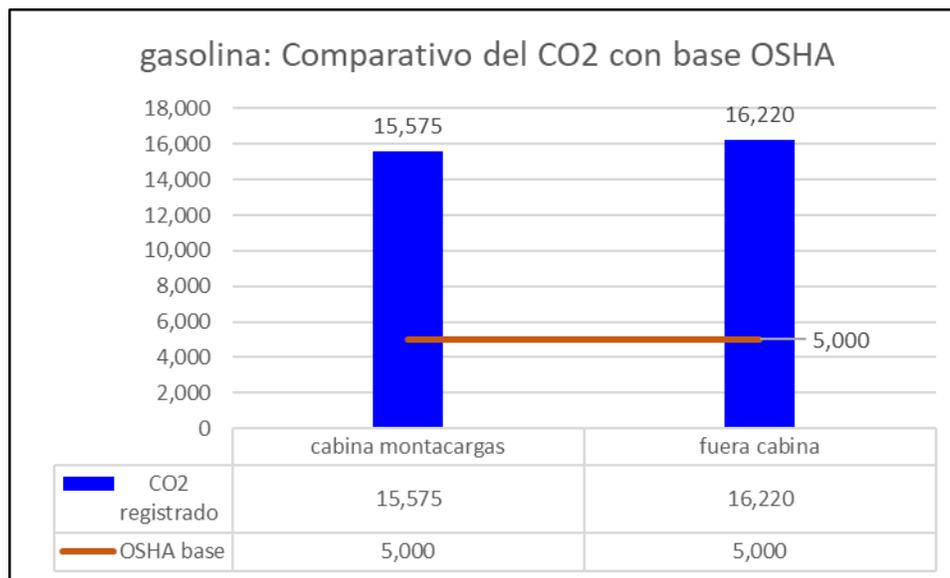


Fuente: Autores 2021

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 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

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).



Fuente: Autores 2021

Conclusiones

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 hidrógeno (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 de sulfuro de hidrógeno (H₂S). Para el caso del monóxido de carbono (CO) el límite permitido de la OSHA a estegas 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

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).

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 bibliográficas

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. doi: 10.4067/S0718-07642017000100002
2. Benavides, B. H., & León, A. G. (2017). Información técnica acerca de gases de efecto invernadero y el cambio climático. *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/> GME Climb Higher. (2021). *analizador gases ALTAIR 4XR*. Retrieved from https://www.gmesupply.com/msa-altair-4xr-multigas-detector?gclid=Cj0KCQiAkNiMBhCxARIsAIDDKNV1b0IKrSI57OPqG2lYSVgZh902TXJ3V-UUhPTeKn_e5I593jb6GoaAsDDEALw_wcB
5. GreenFacts. (1999). *Oxidos de nitrógeno (NOx)*. Retrieved from <https://www.greenfacts.org/es/glosario/mno/oxidos-nitrogeno-nox-oxido-nitrico-no-dioxido-nitrogeno-no2.htm>
6. Holman, C., Harrison, R., & Querol, X. (2015). Review of the efficacy of low emission zones

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).

- to improve urban air quality in European cities. *doi:10.1016/j.atmosenv.2015.04.009, Atmospheric Environment.*
7. Isaza, D. J., & Campos, R. D. (2017). Cambio climático. Glaciaciones y calentamiento global. *Universidad Jorge Tadeo Lozano.*
 8. Jóvaj, M. (1982). Motores del automóvil (libro traducido).
 9. Montacargas, C. (2021). *Montacargas de combustión interna de 1 a 1.8 toneladas.* Occupational Safety and Health Administration. (2021). *Occupational Safety and Health Administration.* Retrieved from <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.1000TABLEZ1>
 10. ONU. (2021). COP26. *Cobertura especial de la Conferencia sobre el Clima COP26.*
 11. Ortiz. (2017). *Asociación colombiana del GLP. ¿Qué es el GLP?* Retrieved from <https://www.gasnova.co/sobre-el-glp/que-es-el-glp/>
 12. OSHA. (2021). *Occupational Safety and Health Administration.* Retrieved from <https://www.osha.gov/aboutosha>
 13. 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.* doi/abs/10.1139/103-017
 14. Registro estatal de emisiones y fuentes contaminantes. (2019). *página web estatal del gobierno de España.* Retrieved from <https://prtr-es.es/Bienvenidos-PRTREspaña-681112007.html>
 15. TEKCOPLUS. (2021). *analizador gases TEKCOPLUSCOTK-57.* Retrieved from <https://www.tekcoplus.com/products/cotk-57>
 16. Temtop. (2021). *Analizador de gases TEMPOP M2000C.* Retrieved from <https://temtopus.com/products/temtop-m2000c-air-quality-detector-professional-co2-pm2-5-pm10-monitor>
 17. 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/>
 18. Téllez, J. , Rodríguez, A. , Fajardo, Á. (2006) *Contaminación por monóxido de carbono: un*

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).

problema de salud ambiental doi : 10.1590/s0124-00642006000100010

19. Tipanluisa L.E Remache A.P Ayabaca C.R. Reina S.W. (2017) *Emisiones Contaminantes de un Motor de Gasolina Funcionando a dos Cotas con Combustibles de dos Calidades.* doi:10.4067/S0718-07642017000100002
20. Li, Y. , Ma, Z. , Han, T. He, D. , Dong, F. *Long-term declining in carbon monoxide (CO) at a rural site of Beijing during 2006–2018 implies the improved combustion efficiency and effective emission control* doi: 10.1016/j.jes.2020.11.011
21. Villafior, G. , Morales, GV , Velasco, J. (2008) *Variables significativas en el proceso de combustión del gas natural [Variables significativas del proceso de combustión del gas natural]*doi:10.1612/inf.tecnol.3883it.07
22. Vargas Marcos F (2005) *Environmental pollution as determinant factor of health* doi: 10.1590/s1135-57272005000200001
23. McDonald J.D Reed M.D Campen M.J Barrett E.G Seagrave J.Mauderly J.L. (2007) *Health effects of inhaled gasoline engine emissions* doi: 10.1080/08958370701495279

