

# Analysis of Vehicle's Emissions as a function of their aging in Chimbote-Peru

Lucrecia Chumpitaz, Doctoral y César Corrales, Magister<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú, lchumpi@pucp.edu.pe, ccorral@pucp.edu.pe

**Abstract—** *In this research, an assessment of four-stroke spark-ignition engines that run on 90 octane gasoline as well as converted-to-LPG vehicles is carried out. It has been considered 100 hp as an average out of 6765 units. Emissions from CO and CO<sub>2</sub> were measured, according to a classification into four categories of aging, from 0 to 5 years, from 5 to 10 years, from 10 to 15 years, and from 15 years on. Emissions from CO in units that run on 90 octane gasoline and LPG show high emissions in iddle mode and they are higher than the maximum permissible of 0.5%. However, when revolutions per minute increase then emissions reduce. At 3500 rpm, CO emissions are lower than 0.5 and do not exceed the maximum permissible. Units that run on LPG show lower emissions compared to units that run on LPG. Also, emissions of CO<sub>2</sub> are low in iddle mode but they are higher when revolutions per minute increase either in units that run on gasoline or on LPG. The amount of CO<sub>2</sub> improves at 3500 rpm, achieving acceptable values. Units that run on gasoline show more consistent values than those that run on LPG, reaching values higher than 10% of CO<sub>2</sub>. Mainly low emissions are given by units that run on gasoline and that are less than 10 years old.*

**Keywords-** *Emissions, Carbon Monoxide, Carbon Dioxide, Fuel*

Digital Object Identifier (DOI):<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2018.1.1.521>  
ISBN: 978-0-9993443-1-6  
ISSN: 2414-6390

# Análisis de emisiones de vehículos en función a su antigüedad, en Chimbote-Peru

Johnny Nahui-Ortiz, Ph.D.<sup>1</sup>, Serapio A. Quillos-Ruiz, Dr<sup>2</sup>, and Nelver J. Escalante-Espinoza<sup>2</sup>

<sup>1</sup>National University of Engineering - UNI, Peru, jnahuio@uni.edu.pe

<sup>2</sup>Universidad Nacional del Santa, Perú, s\_quillos@hotmail.com, cfpnjee@yahoo.es

**Abstract**– En la presente investigación se realiza una evaluación de los motores encendido por chispa de 4 tiempos, utilizando como combustible gasolina de 90 octanos y vehículos convertidos para utilizar GLP. Siendo el parque automotor de 100 hp en promedio de 6765 unidades, para lo cual se midieron las emisiones de CO y CO<sub>2</sub>, clasificados en cuatro rangos de antigüedad de 22.2% de 0-5 años, 47.3% entre 5 a 10 años, 26.6% entre 10 a 15 años y los mayores a 15 años el 3.9%. Las emisiones del CO en unidades que utilizan gasolina de 90 octanos y GLP presentan altas emisiones en ralentí que superan el límite máximo permisible (LMP) de 0.5%, pero al aumentar las rpm disminuyen, teniendo a 3500 rpm un valor de CO menor a 0.5% y cumplen con LMP, dando menores emisiones los motores gasolineros con respecto a los que utilizan GLP. Asimismo las emisiones de CO<sub>2</sub>, es baja en ralentí pero aumentado las rpm del motor gasolinero y los de GLP, se mejora el CO<sub>2</sub> a los 3500 rpm; lográndose valores aceptables, siendo más consistentes en los gasolineros sobre los que operan con GLP, llegando a valores superiores al 10% de CO<sub>2</sub>. Principalmente las emisiones más bajas los dan las unidades gasolineras menores a 10 años de antigüedad.

**Keywords**– Emisiones, monóxido de carbono, dióxido de carbono, combustible.

## I. INTRODUCCIÓN

El transporte automotor es una de las principales fuentes emisoras de gases contaminantes provenientes de la combustión de los motores, que provoca un doble efecto dañino, pues mientras algunos de los componentes gaseosos afectan la salud humana (CO, NO<sub>x</sub> y HC), otros conllevan al incremento de los gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O), incidentes en el cambio climático que afecta a la Tierra [1].

En los centros de revisiones técnicas de la ciudad se evalúan las emisiones de CO, CO<sub>2</sub>, Opacidad, HC y las emisiones sonoras, donde un gran porcentaje de las unidades superan los diez años de operatividad, el cual pone en duda la eficiencia de combustión por la antigüedad y el bajo mantenimiento que reciben las unidades.

En la Ciudad de Chimbote, los automóviles comprende más de 7000 unidades con motor de cuatro tiempos y cuatro cilindros, que realizan las actividades de transporte público y particular y es el rublo mayoritario del parque automotor de la Ciudad, entonces se requiere conocer los niveles de emisiones que genera un motor de combustión interna y por el tipo de combustible (gasolina, Diésel, GLP o gas natural), porque este

influye directamente en las emisiones que se genera en la combustión.

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### A. Contaminación Ambiental

La combustión de combustibles fósiles suministra alrededor del 95% de la energía comercial utilizada en la economía mundial. Su uso aumenta a nivel global a una tasa aproximada de 20% por decenio, y su combustión constituye la fuente más grande de emisión a la atmósfera de gases invernadero que alteran el clima. Los científicos han concluido que se necesitaría una reducción del 60% de las emisiones de bióxido de carbono a fin de estabilizar las concentraciones de dicho gas en la atmósfera en los niveles actuales. En consecuencia, proteger el clima de la tierra puede requerir disminuciones significativas en la utilización global de combustible fósil, aunque la economía mundial se extienda, la otra alternativa, la expansión continua del uso de combustible fósil en las proporciones actuales, duplicará los niveles atmosféricos mucho antes de mediados del siglo XXI y de ese modo aumentará el riesgo de un cambio climático existente [2].

### B. Combustibles de uso vehicular

En la Ciudad de Chimbote tenemos, tenemos principalmente tres tipos, que son: Gasolinas, Gas licuado de petróleo (GLP) y Gas natural vehicular (GNV).

La gasolina que se ha estado produciendo por simple destilación del crudo tiene un índice de octano de aproximadamente cincuenta, demasiado bajo para utilizarlo en vehículos modernos. Sin embargo cuando se le añaden a la gasolina en pequeñas cantidades el tetrametilplomo, Pb(CH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>, y su equivalente con etilo, evitan la detonación del motor, y en consecuencia incrementan significativamente el índice de octano de la gasolina [3].

El gas licuado de petróleo (GLP) está compuesto por propano (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) en 40% y butano (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>) en 60% y puede contener además pequeñas cantidades de impurezas como polipropileno y butileno.

Es un gas incoloro e inodoro, por lo que para percibir su presencia en el ambiente se le añade un odorizante y lo establece la Norma Técnica Peruana [4].

### C. Emisiones Vehiculares

En la Ciudad de Chimbote, una de las principales fuentes de contaminación, se debe a la combustión que se realiza en los motores de combustión interna de los vehículos de servicio público y residencial.

Generando emisiones de compuestos orgánicos volátiles, monóxido de carbono y partículas en suspensión en cantidades distintas, dependiendo de la cilindrada del motor y el tipo de combustible, el combustible usado en Chimbote son: gas licuado de petróleo (GLP), gas natural vehicular (GNV) y gasolinas (de 84, 90, 95 y 98 octanos) principalmente.

Cuando se realiza la explosión de la mezcla de aire-gasolina cercana al final de la carrera de compresión; se transforma, mediante un proceso químico en diferentes gases contaminantes que depende de la producción de aire, la relación que da lugar a la máxima conversión del carbono del hidrocarburo a  $\text{CO}_2$  se denomina denominada relación estequiometría [5].

### D. Emisiones de dióxido de carbono

La estimación del incremento de la temperatura debido al aumento de los niveles atmosféricos de  $\text{CO}_2$  no es una tarea fácil, ya que pueden suceder otros procesos asociados a dicho evento que contrarresten o bien alimenten este incremento de temperatura. Por ejemplo, el aumento de  $\text{CO}_2$  da lugar a una aceleración en el ritmo de la actividad fotosintética que al mismo tiempo propicia un aumento en la velocidad de producción de biomasa; por el contrario, un aumento de temperatura, además de disminuir la solubilidad en el agua oceánica del  $\text{CO}_2$ , aumenta la evaporación de agua y la formación de nubes, en este caso dependiendo de la altitud en que se formen las nubes su efecto será uno u otro [6].

### E. Emisiones de monóxido de carbono

El peligro del monóxido de carbono es cuando es inhalado, y al unirse fuertemente con la hemoglobina de la sangre de la persona llega a perjudicar el pase del oxígeno a las células. Existe una afinidad de la hemoglobina con el CO a 234 veces mayor la que tiene por el oxígeno, y una vez el CO se ha enlazado con una molécula de hemoglobina, la velocidad de liberación de las moléculas de oxígeno remanentes queda reducida [6].

El CO afecta directamente al ser humano y puede poner en riesgo su vida en altas concentraciones porque cuando ingresa al torrente sanguíneo a través de los pulmones y forma la carboxihemoglobina, un compuesto que inhibe la capacidad de la sangre para transportar oxígeno en el cuerpo humano. Una investigación realizada recientemente demuestra un aumento en los niveles de carboxihemoglobina durante el horario de alto tránsito vehicular alrededor el Club el Golf (Lima) en el horario de 19 a 21 horas. Los niveles de COHb en la sangre aumentaron levemente en forma significativa [7].

Los límites máximos permisibles de emisiones vehiculares mayores a gasolina, GLP y GNV de CO en el Perú es de 0.5 %

y el  $\text{CO} + \text{CO}_2$  % (mínimo) es 12 desde el 2003 en adelante [4].

### F. Calidad del Aire

La calidad del aire es una indicación de cuánto el aire está exento de contaminantes atmosféricos; y por lo tanto, apto para ser respirado. No gozar de un ambiente con aire de calidad es un problema que implica riesgo o daño para la seguridad y la salud de las personas, el medio ambiente y bienes de cualquier naturaleza [8].

Los principales contaminantes o contaminantes criterio, los cuales cuentan con estándares de calidad ambiental establecidos son el monóxido de carbono (CO), el dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), el dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), el ozono ( $\text{O}_3$ ), material particulado con diámetro menor o igual a 10 micrómetros ( $\text{PM}_{10}$ ), material particulado con diámetro menor o igual a 2.5 micrómetros (PM 2.5), plomo (Pb), benceno, hidrocarburos totales (HT) e hidrógeno sulfurado ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Teniendo en cuenta pruebas científicas relativas a la contaminación del aire y sus consecuencias en la salud y múltiples estudios de investigación toxicológicos y epidemiológicos, la Organización Mundial de la Salud (en adelante OMS) actualizó el 2005 las Guías para el  $\text{O}_3$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$  y PM (de 10 y 2.5 micras de diámetro), valores que han servido de base en el país, para la actualización y establecimiento de los ECA para el  $\text{SO}_2$  y PM 2.5 respectivamente [9].

## III. METODOLOGÍA

### A. Control Estático

El control estático es un procedimiento de medición de las emisiones de los gases, a la salida del tubo de escape de los vehículos automotores equipados con motores encendidos por chispa que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos. Para lo cual se utilizan los siguientes equipos para la toma de lectura:

Analizador de gas ORSAT.

Marca : E instruments

Modelo : 1500

Sensor :  $\text{O}_2\text{CO} \pm 2$

S/N : 2877

Tacómetro E instruments de 0-10000 rpm

### B. Pruebas en marcha de crucero a revoluciones elevadas

Se deberá conectar el tacómetro del equipo de medición al sistema de ignición del motor del vehículo y efectuar una aceleración a  $2550 \pm 250$  revoluciones por minuto, manteniendo está durante un mínimo de 30 segundos. Si se observa emisión de humo negro (exceso de combustible no quemado) o azul (presencia de aceite en el sistema de combustión) y éste se presenta de manera constante por más de 10 segundos, no se debe continuar con el procedimiento de medición y se deberá dar por rebasados los Límites máximos Permisibles. De no observarse emisión de humo negro o azul,

se procederá a insertar la sonda del equipo al tubo de escape y bajo estas condiciones de operación, se procederá a determinar las lecturas e imprimir los valores obtenidos, para luego procesar su registro.

**C. Pruebas de ralentí a revoluciones mínimas**

Se procede a desacelerar el motor a las revoluciones mínimas especificadas por su fabricante (no mayor a 1000 revoluciones por minuto), manteniendo éstas durante un mínimo de 30 segundos. Una vez estabilizada la lectura, se procederá a imprimir los valores obtenidos, para luego proceder a su registro.

**IV. RESULTADOS**

**A. Parque automotor de Chimbote**

El parque automotor de Chimbote con unidades de categoría M1 comprende alrededor de 6700 unidades que utilizan gasolina, GLP y GNV, que corresponde por sector.

Tabla 1. Unidades del Sector Transporte en Chimbote

Nº	Sector de transporte	Unidades	%
1	Residencial	2250	33.2
2	Taxis	1600	23.7
3	Servicio interurbano Chimbote-Nvo Chimbote	1940	28.7
4	Servicio urbano	800	11.8
5	Servicio interdistrital	175	2.6
Total		6765	100.0

**B. Antigüedad vehicular**

La antigüedad vehicular varía principalmente entre unidades nuevas y hasta de 15 años como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2. Antigüedad del parque automotor

Nº	Antigüedad vehicular	Unidades	%
1	0 - 5 años	1500	22.2
2	5 - 10 años	3200	47.3
3	10 - 15 años	1800	26.6
4	15 a más años	265	3.9
Total		6765	100.0

**C. Emisiones de las unidades vehiculares a gasolina**

Se establecieron cuatro grupos de unidades vehiculares de 0-5 años, 5 a 10 años, 10 a 15 años y 15 años a más, utilizando gasolina de 90 octanos, con motores de 100 hp de 4 tiempos encendido por chispa, los cuales fueron analizados las emisiones de CO y CO<sub>2</sub> teniendo los siguientes resultados.

Tabla 3a. Evaluación para 0-5 años de antigüedad

PARÁMETRO (%)	0-5 AÑOS (Gasolina 90 octanos)				
	RPM				
	900	1500	2500	3500	4500
O <sub>2</sub>	15.6	8.4	7.4	6.2	4.4
CO	5.9880	0.0266	0.0190	0.0086	0.0136
CO <sub>2</sub>	4.0	9.4	10.1	11.0	12.4

Tabla 3b. Evaluación para 5-10 años de antigüedad

PARÁMETRO (%)	5-10 AÑOS (Gasolina 90 octanos)				
	RPM				
	900	1500	2500	3500	4500
O <sub>2</sub>	18.6	12.3	9.4	6.4	7.5
CO	5.2	0.0574	0.0207	0.0382	0.0136
CO <sub>2</sub>	1.5	5.7	7.6	9.6	8.8

Tabla 3c. Evaluación para 10 - 15 años de antigüedad

PARÁMETRO (%)	10-15 AÑOS (Gasolina 90 octanos)				
	RPM				
	900	1500	2500	3500	4500
O <sub>2</sub>	18.2	8.1	11.4	7.5	16.4
CO	8.404	7.306	7.67	0.1990	0.0217
CO <sub>2</sub>	2.0	9.6	6.7	10.1	3.4

Tabla 3d. Evaluación para más de 15 años de antigüedad

PARÁMETRO (%)	15 a más AÑOS (Gasolina 90 octanos)				
	RPM				
	900	1500	2500	3500	4500
O <sub>2</sub>	16.5	8.9	7.0	6.5	4.6
CO	7.34	6.23	4.0667	5.234	4.334
CO <sub>2</sub>	4.6	8.4	10.4	11.2	12.8

**D. Emisiones de las unidades vehiculares a GLP**

Se establecieron cuatro grupos de unidades vehiculares de 0-5 años, 5 a 10 años, 10 a 15 años y 15 años a más, utilizando GLP, con motores de 100 hp de 4 tiempos encendido por chispa, los cuales fueron analizados las emisiones de CO y CO<sub>2</sub> teniendo los siguientes resultados.

Tabla 4a. Evaluación para 0-5 años de antigüedad (GLP)

PARÁMETRO (%)	0-5 AÑOS (GLP)				
	RPM				
	900	1500	2500	3500	4500
O <sub>2</sub>	14.4	7.3	4.2	3.4	11.1
CO	2.321	4.141	5.214	2.670	0.614
CO <sub>2</sub>	4.3	9	11	11.6	6.5

Tabla 4b. Evaluación para 5-10 años de antigüedad (GLP)

PARÁMETRO (%)	5-10 AÑOS (GLP)				
	RPM				
	900	1500	2500	3500	4500
O <sub>2</sub>	15.9	11.3	8.5	3.9	6.4
CO	0.0176	0.1910	0.0787	0.0488	0.1325
CO <sub>2</sub>	3.3	6.3	8.2	11.2	9.6

Tabla 4c. Evaluación para 10-15 años de antigüedad (GLP)

PARÁMETRO (%)	10-15 AÑOS (GLP)				
	RPM				
	900	1500	2500	3500	4500
O <sub>2</sub>	11.4	7.8	14	4.7	3.8
CO	7.22	7	6	5.6	5
CO <sub>2</sub>	6.3	8.6	4.6	10.7	11.8

Tabla 4d. Evaluación para 15 a más años de antigüedad (GLP)

PARÁMETRO (%)	15 a más AÑOS (GLP)				
	RPM				
	900	1500	2500	3500	4500
O <sub>2</sub>	9.8	6.1	5.6	4.7	4.3
CO	6.71	5.66	4.76	4.35	5.86
CO <sub>2</sub>	7.3	9.8	10.1	10.7	11.2

#### E. Análisis

La Ciudad de Chimbote en el informe del MINAM determina que la principal fuente contaminante es la industria pesquera [10] pero en los resultados obtenidos se observa que el transporte vehicular también tiene una buena participación en la contaminación por la combustión de combustibles fósiles debido a que supera el límite máximo permisible regulado por el MTC [4].

La presencia de CO en los vehículos con motores gasolineros es alta en ralentí superando el LMP de 0.5 % pero conforme aumenta las rpm disminuye considerablemente con tendencia a cero, y los valores están dentro del LPM, esto es más consistente en motores menores a 10 años, pero en los motores mayores a 10 años se logra en parte cuando trabaja en altas rpm el motor. Esto nos indica que las mezclas aire-combustible son ricas en ralentí con alto contaminante, pero esto se mejora con el aumento de las rpm, dando lugar a menor emisiones de CO.

El contenido de CO en motores gasolineros adaptados a que utilicen GLP también muestra un alto contenido de CO en ralentí, pero modificándose al aumentar las rpm del motor sin conseguir estar dentro del LMP, solamente los motores menores a 10 años consiguen llegar a estar dentro del LPM en altas rpm. Estos resultados tienen la misma tendencia a pruebas de rpm con gasolinas mezcladas con porcentajes de etanol, donde en ralentí el CO supera el LMP y luego disminuye la presencia de CO hasta los 3000 rpm al 1% y luego aumentan en 5 000 rpm a valores de 2.5 % de CO [11].

Las emisiones de CO<sub>2</sub> en los vehículos gasolineros es baja en ralentí y conforme aumenta las rpm del motor, también aumentan el CO<sub>2</sub> llegando a los LMP (mayores a 10%) y esto sucede a los 3500 rpm, lo mismo sucede con los motores gasolineros adaptados para que trabajen con GLP, bajo en ralentí el CO<sub>2</sub> y logra este valor también a los 3500 rpm, pero con la diferencia que a plena carga los valores de los de GLP disminuye contra los valores de los gasolineros que la mayoría se mantiene. En los motores gasolineros el comportamiento de las curvas son más consistentes, cabe resaltar que el motor funciona adecuadamente a valores altos de CO<sub>2</sub>, entre 12 al 15 %, porque es un buen referente de la eficiencia de la combustión. Pero debemos tener en cuenta que las emisiones del CO<sub>2</sub> es un gas de efecto invernadero que provoca un cambio climático generando y deterioro ambiental.

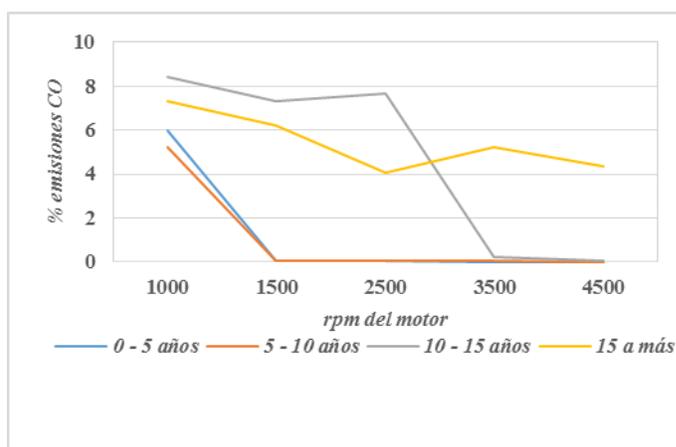


Figura 1. Curvas de CO de la gasolina de 90 octanos.

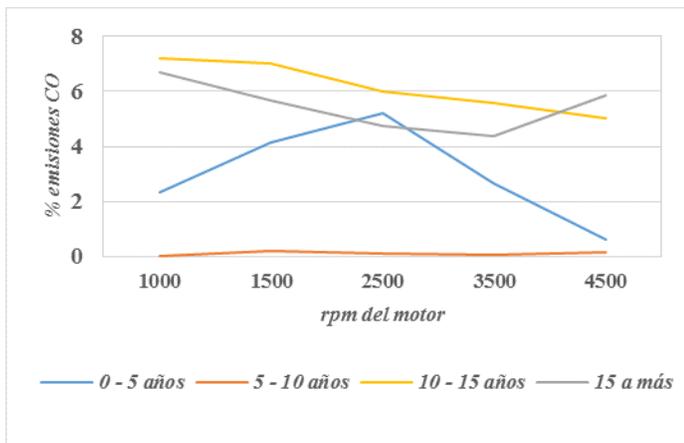


Figura 2. Curvas de CO del GLP.

## V. CONCLUSIONES

El parque automotor de la ciudad de Chimbote en el 2016 en la unidades de la categoría M1 es de 6765 unidades, distribuidas en 22.2% de 0-5 años, 47.3% entre 5 a 10 años, 26.6% entre 10 a 15 años y los mayores a 15 años representan el 3.9%.

Las emisiones de CO en unidades que operan con gasolina de 90 octanos y las de GLP tienen altas emisiones en ralentí que superan el límite máximo permisible (LMP) de 0.5%, pero conforme aumenta las revoluciones del motor mayores a 3500 rpm disminuye el CO dando mejor respuesta los motores gasolineros.

Las emisiones de CO<sub>2</sub>, es baja en ralentí pero aumentado las rpm del motor gasolinero y los de GLP, se mejora el CO<sub>2</sub> y esto se da a los 3500 rpm; lográndose valores aceptables, siendo más consistentes en los gasolineros sobre los que operan con GLP, llegando a valores superiores al 10% de CO<sub>2</sub>.

El nivel de emisiones debido al CO son altos con respecto a los LMP establecidos por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) y los niveles de CO<sub>2</sub>, si están dentro de lo normado por el MTC, las unidades que cumplen satisfactoriamente son las menores a 10 años de antigüedad.

## REFERENCES

- [1] Amarales C. (2010). Control de las emisiones para el transporte automotor. Centro de Investigación y Desarrollo del Transporte, La Habana, Cuba. Recuperado el 4 de diciembre del 2015, de [http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar23/HTML/articulo\\_02.htm](http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar23/HTML/articulo_02.htm).
- [2] Solís Segura, Luz María y López Arriaga, Jerónimo Amado (2003). Principios básicos de la contaminación ambiental. Primera edición. Universidad Autónoma del Estado de México. ISBN 9688358134
- [3] Colin, Baird y Cann, Michael (2014). Química ambiental. Segunda edición. Editorial Reverté. Barcelona-España. ISBN 970-84-291-7915-6M. King and B. Zhu, "Gaming strategies," in Path Planning to the West, vol. II, S. Tang and M. King, Eds. Xian: Jiaoda Press, 1998, pp. 158-176.

- [4] Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2001). Establecen Límites Máximos Permisibles de emisiones contaminantes para vehículos automotores que circulen en la red vial DECRETO SUPREMO N° 047-2001-MTC. Lima-Perú
- [5] Domènech, Xavier Antúnez (2014). Fundamentos de química ambiental. Volumen I. Editorial Síntesis. Madrid-España. ISBN 978-84-907705-7-3
- [6] Domènech, Xavier Antúnez (2014). Fundamentos de química ambiental. Volumen II. Editorial Síntesis. Madrid-España. ISBN 978-84-907705-9-7
- [7] Ponce Terashima Rafael Andrés, Peña Jaimes Lourdes Rocío, Ramirez Yupanqui Marco Antonio, Villena Chávez Jorge, Roe Battistini Eduardo, Villena Chávez Jaime. (2005). Variación del nivel de carboxihemoglobina en corredores aficionados en ambientes con tránsito motorizados en el distrito de San Isidro. Revista Médica Herediana V.16 n. 4. Versión on-line ISSN 1729-214x.
- [8] Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2015). Encuesta Nacional de Programas Estratégicos 2011-2014, Calidad del Aire. Capítulo VIII. Pág. 137. Lima-Perú.
- [9] Ministerio del Ambiente. (2010). Informe Nacional de la Calidad del Aire 2013 - 2014. Dirección General de Calidad Ambiental. Pág. 15-16. Lima-Perú.
- [10] Ministerio del Ambiente (2014). Informe de la calidad del aire 2013-2014 Viceministerio de Gestión Ambiental. Página web: [www.minam.gob.pe](http://www.minam.gob.pe). Lima-Perú.
- [11] Eliezer Ahmed Melo Espinosa, Yisel Sánchez Borroto, Nayvi Ferrer frontera, Noel Ferrer frontera. (2012). Evaluación de un motor de encendido por chispa trabajando con mezclas etanol-gasolina. Ingeniería energética Vol XXXIII. N° 2/2012 Mayo-Agosto P 94-102. ISSN 1815 - 5901.