UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
Instituto de Investigación de Recursos Naturales

VENTAJAS AMBIENTALES DEL CAMBIO DE FUENTE ENERGÉTICA ENTRE EL MOTOTAXI CON MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA Y EL MOTOTAXI CON MOTOR ELÉCTRICO EN EL DISTRITO DE YARINACOCHA, PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO

Environmental benefits of the change of energy source of a mototaxi with internal combustion engine to a electric engine in Yarinacocha District, Coronel Portillo Province

José Boris Pinedo González[1]

Pucallpa, Perú
Diciembre 2016

[1] Universidad Nacional de Ucayali, Facultad de Ciencias Ambientales, Escuela profesional de ingeniería ambiental, C.F.B. km 6.300, Pucallpa, Ucayali, Perú
E-mail: josebpinedo@gmail.com (B. Pinedo)

RESUMEN

La presente investigación tuvo por objetivo evaluar las ventajas ambientales del cambio de fuente energética de los mototaxis con motor de combustión interna por el motor eléctrico, A través del uso de equipos de medición de gases y de niveles de ruido, así como el cálculo del consumo energético de ambos motores. Determinando así que un mototaxi del distrito de Yarinacocha tras el cambio de fuente energética dejaría de emitir emisiones directas, generando indirectamente 5,74 kg CO_2/día, el cambio de tecnología en el distrito resulta en una reducción de 45'881,91 t CO_2 / año igual a la reducción del 59.9% de las emisiones de CO_2. En cuanto a niveles de ruido, el mototaxi común registra valores de ruido promedio de 70.75dB hasta 80.94dB, teniendo una media de 76.57 dB. El motor eléctrico en cambio, oscila en promedio entre 66.58dB a 67.22dB, teniendo una media de 66.8dB, pudiendo apreciar una diferencia significativa de 9.77 dB. El mototaxi con motor de combustión interna supera los niveles de ruido establecidos para zona comercial (70dB) y, en relación con a la salud del conductor, supera el límite de riesgo a pérdida auditiva por exposición prolongada (>75dB). A diferencia del mototaxi con motor eléctrico que se mantiene por debajo de éstos dos parámetros. Concluyendo que el cambio de fuente energética del mototaxi con motor de combustión interna a motor eléctrico presenta ventajas ambientales significativas al reducir la generación de gases de efecto invernadero, gases contaminantes y los niveles de ruido.

Palabras clave:

mototaxi, motor eléctrico, emisiones, ruido, consumo energético

ABSTRACT

The present research was developed in Yarinacocha District, Province of Coronel Portillo, Ucayali – Perú, aimed to assess the environmental benefits of the change of energy source of a mototaxi with internal combustion engine to a electric engine, measuring with gases analyzer equipment and sonometer, also calculation of energy consumption. Determining this way that a mototaxi of Yarinacocha district generate emissions within the maximum permisible limits, emitting 14.03 Kg of CO_2/day, in contrast, the electric mototaxi don't generate emissions directly, indirectly generate 5,74 Kg CO_2/day, the change of tecnology result in a reduction of 45'881,91 t CO_2 / year or a reduction of 59.9% of CO_2 emissions. The mototaxis with internal combustión engine generate averague noise level between 70.75dB to 80.94dB, concluding in an averague value of 76.57 dB. The electric engine noise level oscillate between 66.58dB and 67.22dB, with an averague value of 66.8dB, noting a significant difference of 9.77 dB. The mototaxi with internal combustión engine exceedes the noise level limits established for a residential and commercial area (60 and 70dB) and in relation to the drivers health, excedes the risk limit to hearing loss due to prolonged exposure (>75dB). In contrast, the mototaxi with electric engine kept below these two parameters. Concluding that the change of energy source of mototaxi with internal combustion engine to electric engine presents significant environmental benefits by reducing the generation of greenhouse gases, polluting gases and noise levels.

Keywords:

mototaxi, electric engine, emssions, noise, energy consumption

I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con los registros de SUNARP (2016), en la actualidad existen en promedio de 51,359 mototaxis con motor de combustión interna en la ciudad de Pucallpa, existiendo 18,234 los mototaxis registrados en el Distrito de Yarinacocha, siendo el vehículo para transporte público predominante dado sus ventajas en el terreno tanto agreste como urbano. Crouse&Anglin (1992) establecen que el motor de una moto o mototaxi emiten contaminantes por su propio funcionamiento como hidrocarburos (HC), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx), entre otros dependiendo del tipo de combustible, a la par Mozombite & Roncal (2015), corroboran la incidencia del parque automotor en los niveles de ruido urbano en el cercado de Pucallpa, obteniendo valores que superan en promedio en un 7 dB, el valor estándar de calidad ambiental establecido para la zona Comercial (70 dB) concluyendo que el parque automotor está degradando la calidad de aire del cercado de Pucallpa. Por lo que nos encontramos ante un medio significativo con respecto a la contaminación ambiental tanto por la emisión gases y ruido. Estas afirmaciones y antecedentes justifican la búsqueda de otras alternativas viables y sustentables como la transformación a la propulsión eléctrica. El Proyecto "Validación Técnica y económica del mototaxi eléctrico en la ciudad de Pucallpa", financiado por INNOVATE Perú, propone un modelo de mototaxi eléctrico para su implementación en la ciudad de Pucallpa como una alternativa que ofrece ventajas económicas, ambientales y a la salud, requiriendo dentro de sus componentes validar las ventajas ambientales del cambio de fuente energética del motor de combustión interna al motor eléctrico, desarrollando el presente estudio teniendo por objetivo: determinar la concentración de las emisiones de gases emitidas por el mototaxi con motor de combustión interna; determinar y comparar el consumo energético entre ambos motores estimando la generación de CO2 directa e indirecta; determinar y comparar los niveles de ruido generados por ambos motores

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1.Método de investigación

Se realizó una **Investigación aplicada**, realizando ensayos en condiciones reales con los mototaxis sin alterar su sistema y se analizó los resultados obtenidos con valores numéricos.

2.2.Instrumentos de Recolección de datos

Para la recolección de datos relacionados al funcionamiento y operación de los mototaxis (consumo de combustible, horas de trabajo y otros datos adicionales) se desarrolló un formato de encuesta, posteriormente para la medición de niveles de ruido y generación de emisiones gaseosas se utilizó un sonómetro marca AIHUA modelo AWA6228 y un equipo de análisis de gases marca CAPELEC modelo CAP3201 respectivamente.

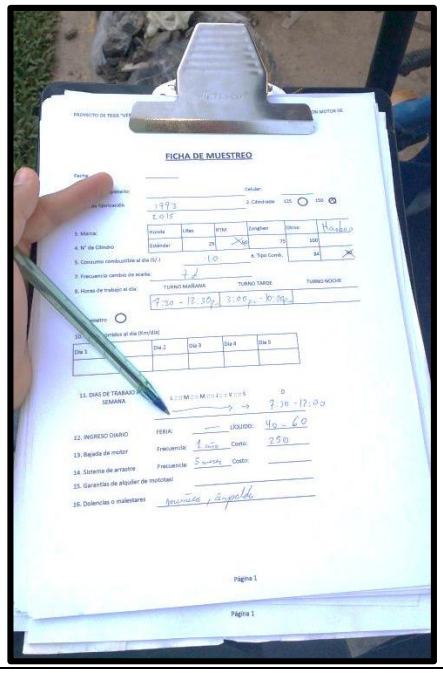
2.3.Procedimiento de Recolección de Datos

La investigación se desarrolló en el distrito de Yarinacocha, tomando como población a tratar el parque automotor de mototaxis del distrito, en vista de que sería el punto en donde se realizarán las pruebas iniciales con el prototipo del mototaxi eléctrico, siendo un total de 18 234 mototaxis de combustión interna registrados en el distrito de Yarinacocha, según SUNARP (2016). No obstante, debido a las limitaciones logísticas y de disponibilidad de los conductores, se tomó como muestra treinta mototaxis con motor de combustión interna de 125cc y antigüedad no mayor a 6 años, procurando éstas características por ser las más representativas de acuerdo a los registros de SUNARP (69% de los mototaxis registrados fueron fabricados entre 2010 a 2016) y cuatro vehículos con motor eléctrico dado que son los únicos existentes. No pretendiendo realizar un análisis con alta precisión si no aproximar una comparación entre las diferencias de ambos motores

2.3.1. Encuesta._

La encuesta recopiló distintos datos para estudios posteriores. Dada la variabilidad del consumo de acuerdo al recorrido de los vehículos, se utilizó un formato encuesta para determinar la tendencia de consumo entre otros datos relevante, como se muestra en la Tabla 1

Tabla 1
Variables del formato de encuesta y evidencias

Variables de la encuesta	Evidencias
• Año de fabricación • Cilindraje • Marca • N° de cilindraje • Frecuencia de cambio de aceite • Frecuencia de cambio de sistema de arrastre • Frecuencia de bajada de motor • Cantidad de combustible consumido al día • Horas de trabajo al día • Días de trabajo a la semana • Ingreso diario percibido.	 Ficha de encuesta información básica  Proceso de encuesta a mototaxistas

2.3.2. Medición de la intensidad de ruido-_

Para la evaluación se tomó como muestra a los mototaxistas miembros de una asociación de mototaxistas determinada, se utilizó un sonómetro modelo AWA6228 de la marca AIHUA.

La medición de ruido se realizó con el vehículo fijo, con una llanta levantada, realizando tres mediciones de los distintos tipos de marcha o modo, de acuerdo al vehículo:

- Medición al exterior del vehículo en neutro o modo Eco
- Medición al exterior del vehículo en primera marcha o modo Normal
- Medición al exterior del vehículo en tercer marcha o modo Buzz

El sonómetro se ubicó en un rango entre 60 cm a 1 m alrededor de la ubicación del conductor para medir tanto el ruido del motor como el nivel de ruido al cual se expone el mototaxista durante las 11 horas de trabajo al día (dato inicial obtenido de la encuesta), con el fin de comparar los datos tanto con la legislación de ruido ambiental vigente como con la norma NIOSH sobre límites de exposición en relación a la salud del mototaxista.



Figura 1– Instalación del sonómetro
Elaboración propia



Figura 2– Medición y registro de datos en mototaxi con motor de combustión interna
Elaboración propia



Figura 3 Prototipo moto eléctrica
Elaboración propia



Figura 4 Medición de ruido en Mototaxi eléctrico
Elaboración propia

2.3.3. Medición de las emisiones._

Se procedió a medir las emisiones de acuerdo a lo especificado en el anexo del D.S. N°009 – 2012 MINAM *Procedimiento de prueba y análisis de resultados*:

- **Procedimiento de medición:**

  - El escape debe permitir el ingreso de la sonda de medición al escape a una profundidad mínima de 0,30 metros (Norma OIML R 99-1, artículo 6.1 .2)
  - En ralentí a revoluciones mínimas (solo para vehículos menores de las Categorías L3 a L5): Efectuar una aceleración encima de 2,500 revoluciones por minuto, manteniendo ésta durante un mínimo de 30 segundos. Si se observa emisión de humo negro o azul, (solo para motores de cuatro tiempos) y éste se presenta de manera constante por más de 10 segundos, no se debe continuar con el procedimiento de medición y se deberán dar por rebasados los Límites Máximos Permisibles. Se procede a desacelerar el motor del vehículo a las revoluciones mínimas especificadas por su fabricante (no mayor a 1,500 revoluciones por minuto) y se inserta la sonda del equipo al tubo de escape, manteniéndolo así durante un minimo de 30 segundos. Una vez estabilizadala lectura, se procede a su registro.

Para desarrollar lo cual se gestionó el apoyo del taller de inspección de técnica vehicular JARPEL S.A.C para el uso de sus equipos de medición.



Figura 5 Taller de inspección de técnica vehicular JARPEL S.A.C
Elaboración propia



Figura 6 Equipos de mediciones de gases CAPELEC modelo CAP 3201
Elaboración propia



Figura 7 Instalación de sonda de medición en motor
Elaboración propia



Figura 8 Instalación de la sonda de medición en el tubo de escape
Elaboración propia



Figura 9 Pantalla digital del medidor de gases
Elaboración propia

2.3.4. Medición de consumo energético y proyección de kilogramos de dióxido de carbono emitido._

Para cada uno de los casos se tomaron distintos medios para estimar el consumo energético y la producción de kilogramos de dióxido de carbono producido:

2.3.4.1.Motor de combustión interna:

El consumo de combustible se determinó a través del gasto diario manifestado por los transportistas y el precio promedio por galón manifestado en el mercado y el tipo de combustible adquirido (84 o 90 octanos), dado que resultado de la encuesta, los transportistas no suelen mantener un control sobre los galones que consumen, sino que compran combustible en base al precio monetario (S./5, 10, 15, 20), a continuación a galones por día.
Posteriormente a través de la fórmula química de combustión de la gasolina:

2 C8H18 (gasolina) + 25 O2 --> 16 CO2 + 18 H2O + energía

Se determinó la cantidad de kilogramos de dióxido de carbono por litro convirtiéndolo a kilogramos por galón. Lo que permitió determinar teóricamente la generación diaria de CO_2, proyectándose posteriormente a la generación diaria y anual en el distrito a través de la cantidad de mototaxis registrados en SUNARP.

2.3.4.2.Motor de eléctrico

El consumo energético del motor eléctrico se determinó por la cantidad de baterías utilizadas. En este caso el prototipo cuenta con ocho (8) baterías de 12 Voltios y 70 Amperios

La potencia requerida por cada batería se determina mediante la siguiente fórmula:

Potencia (Watts)=Voltaje×Amperaje

Energía consumida:

*Energía (kW.h)= Potencia(kW)*Tiempo (h)*

Para el cálculo de emisiones de CO_2 indirectas se tomó en cuenta que cuando uno recarga una batería, aparecen otros consumos que también deben considerarse: fluctuaciones de la red de

energía, eficiencia de la recarga y consumo del cargador mismo. Todo lo anterior demanda un incremento de potencia de hasta un 50%.

Posteriormente se utilizó el factor de conversión de emisiones del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) : 0.569 tCO_2 / Mwh (FONAM, 2010)

$$kg\ CO2/dia\ =\ Energía\ (kW.h) * 1.5 * 0.569$$

Proyectando en relación a la cantidad de mototaxis registrados en el distrito de Yarinacocha de cambiar su sistema por un motor eléctrico, para la proyección de potencial de producción anual en el distrito de Yarinacocha se tomó en cuenta los días a la semana trabajados por los mototaxistas resultado del proceso de encuestas.

2.4.Tratamiento de Datos

2.4.1. Procesamiento de los Datos

Los datos se procesaron mediante el software de MS EXCEL, con el cual se hicieron los cálculos respectivos y se determinaron los resultados mediante cuadros, tablas y diagramas, de acuerdo a las variables determinadas previamente.

2.4.2. Análisis de Datos

- Se utilizó el software SPSS para determinar y analizar la varianza según Tukey de acuerdo a los resultados obtenidos Finalizada la medición, se procedieron a descargar los datos para su procesamiento en el software SPSS Stadistics.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Determinación de concentración de emisiones de gases de un mototaxi con motor de combustión interna del distrito de Yarinacocha

Tabla 2

Análisis descriptivo niveles de concentración de gases

		CO % VOL	CO2 % VOL	HC PPM VOL
N	Válido	14	14	14
	Perdidos	0	0	0
Media		3,7093	4,2214	874,9286
Mediana		3,6700	3,6000	418,5000
Moda		,34[a]	2,80	130,00[a]
Desviación estándar		1,91818	2,00353	1572,42294
Mínimo		,34	2,60	130,00
Máximo		7,64	9,80	6260,00
Suma		51,93	59,10	12249,00

Elaboración propia – Procesado con SPSS Stadistics ®

La tabla 2 muestra los valores estadísticos de las mediciones de gases, registrando medias de 3,71 ± 1,92 %Vol CO, 4,22±2 %Vol CO2 y 874,93 ppm HC, así también se registraron valores máximos de 7,64 % Vol CO, 9,8 %Vol CO2 y 6260 ppm HC.

Comparando con investigaciones similares, Toledo (2016) en Ecuador y Giraldo & Toro (2008) en Colombia, en cuanto a %Vol CO, encontraron 3.68% y 3,84% en estado inicial; respectivamente resultando valores similares con el obtenido en el presente estudio (3,71%), sin embargo, luego de la calibración del motor Giraldo&Toro obtuvieron un valor de 2,78%. Es decir, el %Vol CO se mantiene constante en promedio en el funcionamiento de un motor de 4 tiempos y probablemente pueda reducirse con un adecuado mantenimiento.

En cuanto a HCppm, Toledo obtuvo un 472.4 ppm, mientras que Giraldo&Toro obtuvieron 841ppm en estado inicial, similar al obtenido en el presente estudio (874.93 ppm) y 685 luego de la calibración acercandose al valor obtenido por Toledo. Probablemente, esta variación en los valores puede deberse a la calidad de combustible, condiciones de altura, condiciones de uso, estado del motor y tipo del vehículo analizado (mototaxis versus moto lineal).

Finalmente en cuanto %Vol de CO2, Toledo obtuvo un valor de 5.34%, mientras que Giraldo&Toro obtuvieron 7,41% y luego de la calibración del motor 8,32%, observando que ambos valores son mayores a lo obtenido en el presente estudio (4.2%), presumiendo que el aumento del %CO2 se debe a una combustión más eficiente y completa como se aprecia en los resultados de Giraldo&Toro luego de la calibración del motor.

Tabla 3

Comparación con límites máximos permisibles según legislación vigente

Variables	LMP* (A)	Valor promedio (B)	Excedente al LMP (B-A)/A	Valor máximo (C)	Excedente al LMP (C-A)/A
%Vol CO	4,5	3,79	-16%	7,64	70%
Ppm HC	2000	874,92	-56%	6260	213%

Nota: *LMP:Límite máximo permisible DS- 009-2012-MINAM
Elaboración propia

La tabla 3 muestra la comparación de los valores promedio y máximo en relación a la legislación vigente, en el cual se observa que los valores promedio están dentro de los límites pues no excede los LMP (color verde), sin embargo existen valores máximos que exceden los LMP, 70% en % Vol CO y 213% en HC ppm (color rojo). La concentración de %CO2 no está considerada dentro de los LMP en la legislación peruana. Al respecto de los NOx, en correspondencia con lo indicado por Crouse&Anglin (1992) citado por Toledo Montaleza (2016), concluyen que en los gases de escape aparecen emisiones de HC y CO, a causa de la combustión incompleta de la gasolina en los cilindros del motor y la alta temperatura de combustión produce óxidos de nitrógeno (NOx). Los automóviles tienen que cumplir normas de emisión relativa a los tres contaminantes (HC, CO y NOx); sin embargo, las emisiones totales de NOx de todas las motocicletas son tan pequeñas que las autoridades competentes no establecen normativas correspondientes, dada su baja significancia.

3.2. Determinación y comparación del consumo energético y generación de CO_2 entre un mototaxi con motor de combustión interna y un mototaxi con motor eléctrico

3.2.1. Consumo energético y proyección de generación de kg CO_2 del mototaxi con motor de combustión interna.

Procesando los datos se obtuvo un valor promedio de consumo de **S/.14.56 de combustible al día**, fluctuante de acuerdo al tiempo de trabajo del mototaxista y así también de acuerdo al precio del combustible, siendo otras dos tendencias el consumo de S/.20.00 y S/.10.00, esto se debe también a la intensidad de trabajo de los mototaxistas, pudiendo observar también un valor máximo de S/. 25.00 y un mínimo de S/. 5.00. Se determinó que el tipo de combustible predominante para el caso de los mototaxis es gasolina, la cual se comercializa regularmente en 2 tipos de acuerdo a su octanaje: 84 y 90 octanos. Resultado de las encuestas se puede apreciar una preferencia mayor en un 86% por la gasolina de 90 octanos la cual, los entrevistados manifiestan, es mucho más limpia y contiene menor cantidad de impurezas que comúnmente obstruyen el carburador y la manguera de combustible.

Según referencias de OSINERGMIN, (2017), en el Distrito de Yarinacocha, en Enero de 2017, el precio de la gasolina de 90 octanos osciló desde S./ 8.50 hasta S./ 10.01 en los distintos grifos, aproximadamente S/. 9.00 por galón (S/. 9.25 por galón).

$$\text{N° Galones Utilizados} = \frac{S/.15.00 \ / dia}{\text{S/.9.00/galón}} = \mathbf{1.67gl/dia}$$

De acuerdo a la fórmula de combustión química:

Cálculo químico de emisión de CO2 por combustión de Gasolina muestra que

1 litro de gasolina produce 2.22 kg de CO_2.

Conversión litros a galones: **1 galón = 8.4027 kg CO_2**

Entonces:

kg CO_2 producidos al día por mototaxi = **14.033 kg CO_2/día**

De acuerdo a los registros de **Sunarp (2016),** en el distrito de Yarinacocha se encuentran registrados hasta *marzo 2016*: **18,234 Mototaxis.**

Pudiendo proyectar lo siguiente 255,877.722 kg CO_2 /día

Para la proyección de potencial de producción anual en el distrito de Yarinacocha: Se tomará en cuenta los días al mes trabajados por los mototaxistas (25.27 días /mes) y transformando de kilogramos a toneladas al año: **77,592.360 t CO_2/año** .

3.2.2. Consumo energético y proyección de generación de kg CO2 del mototaxi con motor eléctrico

La energía consumida por el mototaxi eléctrico para una carga completa de 8 baterías es: 6.72 kW.h, al costo de S/. 0.5856 por kW.h especificado por el tarifario de Electro Ucayali (Octubre 2016), siendo el costo de carga diaria de S./ 3.935 para un recorrido de 100 Km.

Teniendo en cuenta el factor de conversión de emisiones del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN),: 0.569 TCo2 / MWh (FONAM, 2010), Se determinó que la recarga diaria de un mototaxi eléctrico con 8 baterías mediante el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional sería equivalente a producir **5.735 kg de CO2**.

Si los mototaxis actuales del distrito de Yarinacocha tuvieran motor eléctrico podríamos estimar que emitirían: **104,571.99 kg CO_2 /día** y la proyección de potencial de producción anual en el distrito de Yarinacocha en relación a los días trabajados por los mototaxistas es igual a **31,710.41 t CO_2/año.**

Minguela Benito (2016) en el estudio "Diseño eléctrico y electrónico de una motocicleta eléctrica infantil 2x2", encontró que el gran problema que tiene el motor eléctrico, para sustituir al de combustión interna, es la capacidad de acumulación de energía eléctrica, ya que es muy baja en comparación con la capacidad de acumulación de energía en forma de combustible. Alrededor de 1 kg de baterías puede almacenar tanta energía como unos 20 gramos de

combustible, lo que supone una barrera tecnológica importante". En el Perú "los vehículos eléctrico han empezado a incorporarse a partir del 2010", según AIMA-PERU (2014), no obstante aún no hay mucha difusión e iniciativas de *puntos de recarga* (PDR) que limitan el recorrido de las motos a las zonas urbanas, más aún en el Distrito de Yarinacocha en donde muchos recorridos atraviesan zonas rurales.

3.2.3. Comparación de generación de CO_2 entre el mototaxi con motor de combustión interna y el mototaxi con motor eléctrico

Tabla 4

Generación de kg CO_2 del mototaxi con motor de combustión interna y mototaxi con motor eléctrico

	Mototaxi con motor de combustión interna	Mototaxi con motor eléctrico	Reducción emisiones por cambio de tecnología a eléctrica	Porcentaje de reducción por cambio de fuente energética
Generación Kg CO2 por mototaxi al día	14.03 kg CO_2 / día	5,74 kg CO_2 / día	8,29 kg CO_2 / día	**59.09%**
Estimación y proyección de generación de Kg Co2/ día en el distrito de Yarinacoha	255,877.722 kg CO_2 / día	104'571,99 kg CO_2 / día	151'305,73 kg CO_2 / día	
Proyección de generación de TnCO2 anual en el distrito de Yarinacocha	77,592.360 tCO_2 / año	31'710,41 tCO_2 / año	45'881,91 tCO_2 / año	

Elaboración propia

En la tabla 4 podemos observar que en base a los resultados anteriores, el cambio de fuente energética permitiría una reducción de 45'881,91 tCO_2/año sólo en el distrito de Yarinacocha, constituyendo una reducción de 59,09% de emisiones de CO2, que podría incrementarse a un 100% si las baterías fueran recargadas por una fuente de energía renovable.

3.3.Determinación y comparación de los niveles de ruido entre un mototaxi con motor de combustión interna y un mototaxi con motor eléctrico

3.3.1. Análisis de dispersión de niveles de ruido entre el mototaxi con motor de combustión interna y el mototaxi eléctrico.

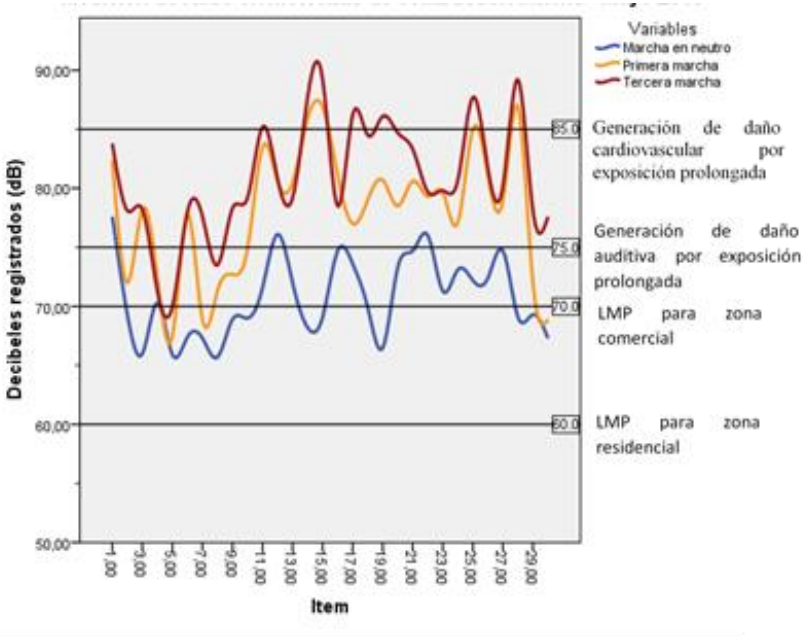


Figura 10 Medición de niveles de ruido de mototaxi con motor de combustión interna
Elaboración propia

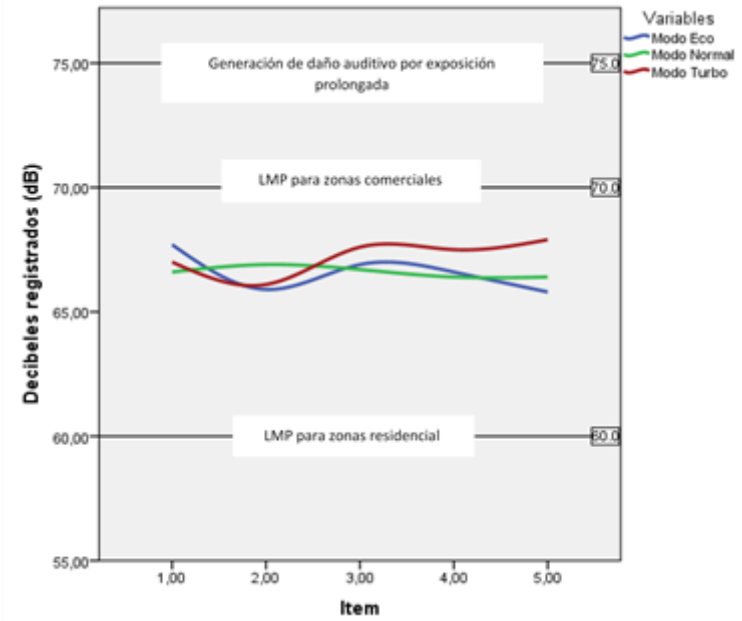


Figura 11 Medición de niveles de ruido de mototaxi con motor eléctrico

Fuente Elaboración propia

La figura 10 y 11 muestra la dispersión de los niveles de ruido de acuerdo a los cambios, "marchas" o modos del motor. Así también el límite ECA (**70 dB**) para zona comercial y los límites de afectación a la salud: riesgo de daño auditivo **>75dB** por tiempo sostenido, afectación cardiovascular **>85dB**. Pudiendo observar que el aumento de "marchas" o "cambios" tiene influencia directa en el aumento de los decibeles en el mototaxi con motor de combustión interna, los cuales superan en gran parte el límite de 70 dB, es decir que los niveles de ruido aumentaran en relación al aumento de las revoluciones, pudiendo suponer que en los puntos estacionarios, como cruces con semáforos, el ruido de los mototaxis será elevado dado el arranque y aumento de cambios de neutro en adelante, y el mototaxi eléctrico en cambio mantiene niveles de ruido indistintos del modo en el que esté, manteniéndose aún por debajo del límite de **70dB**

3.3.2. Análisis de frecuencia de niveles de ruido entre el mototaxi con motor de combustión interna y el mototaxi eléctrico

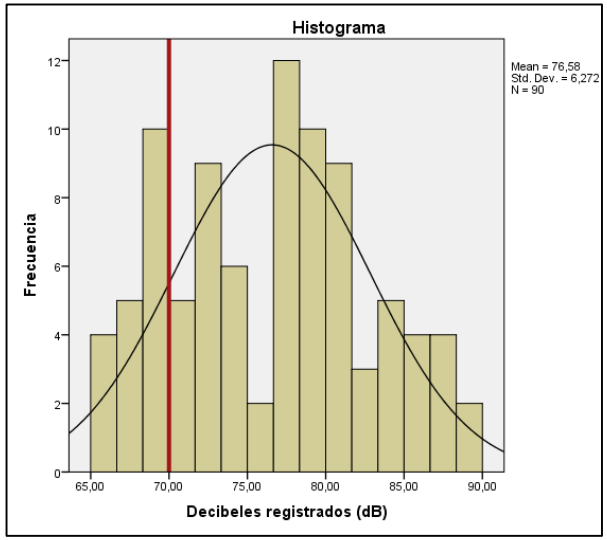


Figura 12 Histograma de mediciones de ruido registradas en el motor de combustión interna
Elaboración propia

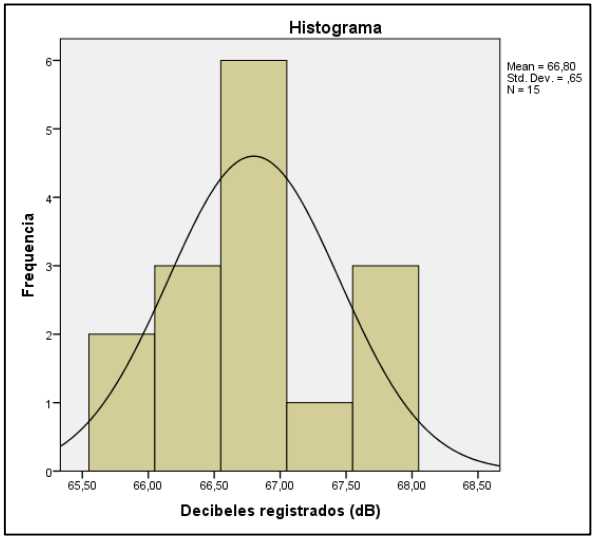


Figura 13 Histograma de mediciones registradas en general en el motor eléctrico
Elaboración propia

La figura 12 y 13 muestran la frecuencia de los niveles de ruido registrados durante el total de mediciones, lo cual podríamos comparar con el funcionamiento normal de un mototaxi alternando entre sus distintas marchas (o cambios). Se puede apreciar que la mayor parte de las mediciones del motor de combustión supera los **70 dB**, Estando por encima de los límites que implican riesgo de daño auditivo (>75dB), considerando que la media es **76,58dB.** Mientras que las mediciones registradas por el motor eléctrico no superan los 70 dB, considerando que la media es **66.80dB**.

En comparación con estudios anteriores, Mozombite & Roncal, (2015) , determinaron un promedio de 77.61 dB en su estudio realizado en el distrito de Callería, superior en 1.1dB del valor obtenido en éste estudio, siendo un valor que va acorde con estudios de combinación de decibeles en los cuales "los decibeles aumentan entre 1 a 3 dB de acuerdo a la cantidad de fuentes de ruido similares" (NIOSH), que en relación al resultado obtenido en éste estudio 76.57 dB (por unidad móvil) podría ser superado fácilmente dado que Mozombite & Roncal realizaron el estudio en puntos de concentración en horas punta, registrando valores en base a 66,000 vehículos, siendo mototaxis el 60%. En un estudio similar, León (2012), encontró un promedio de 70.94 dB, menor en 5dB al promedio de nuestro estudio, siendo un valor menor dado que se promedia de los resultados de todo el distrito de Callería, siendo también una medición de ruido ambiental que depende de la frecuencia de transito de los mototaxis. Una referencia similar en la ciudad de Juanjui, Departamento de San Martin, obtenida por el estudio de Rengifo Pinedo (2011) identifica que "la unidad móvil que mayor frecuencia de transitabilidad son los motokar, seguido de las motos lineales", obteniendo valores desde 70.49 a 95.59 dB. Por lo que determinamos que los niveles de ruido excesivos son propios del funcionamiento del mototaxi y superan los ECA para ruido en zona residencial (60dB) y comercial (70dB) los cuales se presume incrementaran en puntos de gran afluencia de vehículos, afirmación que debe ser corroborada, dado que Rengifo Pinedo menciona que "no se ha encontrado una relación directa entre la cantidad de vehículos que circulan en su ciudad y los niveles de ruido, dado que en sus puntos de monitoreo se muestran que no necesariamente en donde hubo mayor cantidad de vehículos existió un mayor nivel de ruido".

Los tres estudios mencionadas tomaron datos desde puntos estacionarios durante el tránsito de los vehículos, por lo que tienen valores o promedios inferiores al presente estudio, el cual midió los niveles de ruido directamente a 1 metro de distancia del motor, esto permite adicionar que aparte del efecto ambiental, el uso prolongado del vehículo puede producir alteraciones en la

salud del conductor por la exposición prolongada (10 horas o más) a niveles de ruido elevados (NIOSH), que comparando con el mototaxi eléctrico, éste genera niveles de ruido mucho menores, presumiendo que el motor eléctrico genera menor ruido dado que se elimina el proceso de explosión que posee el motor de combustión interna y reduce los movimientos de las piezas mecánicas, quedando netamente el ruido de los rotores.

3.3.3. Niveles de ruido registrados

Tabla 5
Comparación de medias de mediciones de ruido entre mototaxi con motor eléctrico y con motor de combustión interna

	Modo / Marcha	Mínimo	Máximo	Media	Media total
Mototaxi con motor eléctrico	Modo Eco	65,80	67,70	66,58	66.80
	Modo Normal	66,40	66,90	66,60	
	Modo Buzz	66,10	67,90	67,22	
Mototaxi con motor de combustión°5 interna	Marcha en neutro	65,70	77,60	70,75	76.57
	1era Marcha	67,50	86,90	78,04	
	3era Marcha	70,00	89,20	80,94	

La tabla 5 se puede apreciar las comparaciones de las mediciones de ruido entre el mototaxi con motor eléctrico y el mototaxi con motor de combustión interna. Inmediatamente se puede distinguir que efectivamente el mototaxi eléctrico genera menos ruido que el mototaxi con motor de combustión interna, pudiendo observar las medias de sus distintas modalidades 66.58dB, 66.6 dB y 67.22dB en el motor eléctrico, y 70.75dB, 78.04dB y 80.94dB en cuanto al motor de combustión interna, así como las medias totales: **66.8 dB para el motor eléctrico** y **76.57 dB para el motor de combustión interna.** Se añade también que éstos valores indican que **el mototaxi eléctrico está por debajo de los umbrales de los LMP (70 dB)** y **el límite de exposición de riesgo de daño auditivo (>75 dB)**, los cuales por el contario son sobrepasados

totalmente por el mototaxi con motor de combustión interna. Siendo los resultados del presente estudio concordantes con Miguellas (2016) quien menciona que “el vehículo eléctrico tiene la ventaja de no producir emisiones contaminantes locales, siendo importante en el entorno humano, así como a penas emitir ruido y vibraciones.”

CONCLUSIONES

El presente estudio demuestra las ventajas ambientales del cambio de fuente energética del motor de combustión interna por el motor eléctrico en los mototaxis del distrito de Yarinacocha, al evitar la generación de emisiones contaminantes de CO y HC, sustituyendo el consumo de 1.67 galones de gasolina al día equivalente a S./ 14.56 , por un consumo 6.72 kWh equivalente a S./3.93, implicando un costo económico menor en 73%, y una reducción de 45'881,91 t CO_2 / año igual a un 59.9% de reducción de gases de efecto invernadero y reducir en 9.77 dB la generación de ruido del mototaxi, por debajo de los límites máximos calidad ambiental y los límites de riesgo de daño auditivo, los cuales son superados por el motor de combustión interna

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Ucayali, por el apoyo en el financiamiento de la presente investigación.

Al Dr. Grober Panduro Pisco y el ing. Kelsen Arbaiza Peña por su soporte en el desarrollo de la investigación

A los ingenieros Gerd Seidler y Andres Seidler por la oportunidad de participar en el proyecto del desarrollo del mototaxi eléctrico.

A mis padres y amigos Ivet, Zabier, Abel entre otros que brindaron soporte para evaluaciones y el desarrollo logístico del presente estudio.

A los conductores que participaron en la evaluación por el tiempo brindado

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. AIMA-PERU. (30 de Abril de 2014). http://www.aimatech.com.pe. Obtenido de http://www.todomotos.pe/: http://www.todomotos.pe/evento/3053-motos-electricas-peru
2. Chen, K., Wang, W., Chen, H., Lin, C., Hsu, H., Kao, J., & Hu, M. (Agosto de 2003). Motorcycle emissions and fuel consumption in urban and rural driving conditions (Emisiones de motocicletas y consumo de combustible en condiciones de manejo rural y urbana). (Sciencedirect, Ed.) Science of Total Environment, 312, 113 - 122. Recuperado el Noviembre de 2016, de http://dx.doi.org/10.1016/S0048-9697(03)00196-7
3. Crouse, W. H., & Anglin, D. L. (1992). Mecánica de la motocicleta. Madrid.
4. Ecoenergy S.A.C. (2015). Resultados de encuestas - Proyecto "Validación Técnica y económica del mototaxi eléctrico en la ciudad de Pucallpa". Pucallpa, Coronel Portillo, Perú.
5. EPA. (20 de Noviembre de 2013). Unites States Environmental Protection Agency (EPA). Obtenido de http://epa.gov/climatechange/ghgemissions/gases.html
6. Fitzgerald, A. K. (2003). Electric Machinery (Sexta ed.). Mc.Graw Hill.
7. FONAM. (2010). Herramienta para la estimación de reducciones de emisiones. Obtenido de http://www.fonamperu.org/general/mdl/herramienta.php Recuperado en Octubre 2016
8. Giraldo Aristizabal, W. A., & Toro Gomez, M. V. (2008). ESTIMACIÓN DE LA EMISIÓN DE CONTAMINANTES POR MOTOCICLETAS EN EL VALLE DE ABURRA. DYNA, 75(156), 241-250. Recuperado en Diciembre de 2016, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532008000300024&lng=en&tlng=es.
9. Harding, S., & Rojesh, S. (2014). "Battery Rickshaws in New Delhi and the Regulation Conundrum". Economic and Political Weekly, 35.
10. MINAM. (2012). D.S. N° 009-2012-MINAM-Modifican-DS-047-2001-MTC sobre LMP de emisiones contaminantes para Vehículos Automotores. Lima: República del Perú.
11. Minguela Benito, I. (2016). Diseño eléctrico y electrónico de una motocicleta eléctrica infantil 2x2. (U. d. Industriales, Ed.) Valladolid. Recuperado el 30 de Noviembre de 2016, de http://uvadoc.uva.es/handle/10324/17666
12. Montes, P. (02 de Julio de 2014). El comercio. Obtenido de http://elcomercio.pe/tecnologia/actualidad/motos-electricas-futuro-mas-inteligentes-y-eficientes-noticia-1740097
13. Mozombite, G. A., & Roncal Diaz, J. J. (2015). Evaluación de la calidad del aire por influencia del parque automotor en el Cercado de Pucallpa Distrito de Callería, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali, 2015. Pucallpa: Universidad Nacional de Ucayali.
14. MTC. (2003). D.S. N°058-2003-MTC Reglamento Nacional de Vehículos. Lima: República del Perú.
15. OSINERGMIN. (Enero de 2017). Precio de Gasolina y Diesel en Estaciones de Servicio y Grifos formales. Obtenido de Facilito.gob.pe: http://www.facilito.gob.pe/facilito/actions/PreciosCombustibleAutomotorAction.do
16. PCM. (2003). D.S. 085-2003 Estandar Nacional de Calidad Ambiental de Ruido. Lima: República del Perú.
17. Quispe, E. (2011). Historia de la llegada del mototaxi al Perú.
18. Rengifo Pinedo, K. (2011). Influencia del tráfico vehicular en los niveles de inmision de ruidos en la ciudad de Juanjui-departamento de San Martin. Juanjui, San Martín, Perú. Recuperado el Noviembre de 2016, de http://tesis.unsm.edu.pe/xmlui/handle/11458/310
19. Toledo Montaleza, D. A. (Diciembre de 2016). Estudio de contaminación de motocicletas de 4 tiempos en la ciudad de Cuenca. Cuenca, Ecuador: Universidad politécnica Salesiana. Recuperado el Enero de 2017, de http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/13160