

Estudio para la Optimización del Combustible en la Operación de Taxis de la Ciudad de San Miguel de Ibarra.

STUDY FOR THE OPTIMIZATION OF FUEL IN THE TAXI OPERATION OF THE CITY OF SAN MIGUEL DE IBARRA.

Marco Ochoa, Harold Salazar

*Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, Universidad Técnica del Norte - Ibarra.
emochoab@utn.edu.ec, hasalazarg@utn.edu.ec*

Resumen

En el ciudad de Ibarra los vehículos que prestan el servicio de taxis generan consumos de combustible innecesarios, producen perdidas económicas tanto para el estado como para el propietario del vehículo, provoca una contaminación creciente al medio ambiente y al aire de la ciudad, debido a la conducción errónea que presentan; La metodología que se utiliza consiste en una recolección de información acerca de la cinemática que tienen los taxis durante su operación normal de trabajo, para luego proceder analizar los datos obtenidos. Para ello se realiza una investigación de campo por medio de encuestas y un dispositivo electrónico, aparte una investigación documental que se basa en la recopilación de información en: tesis, artículos científicos, libros, trabajos de pregrado, las cuales generan un fundamento teórico sobre el consumo del combustible en los vehículos de combustión. Los resultados de este proyecto reflejaron que en la operación de trabajo de los taxis se puede generar mayor eficiencia en el uso de recursos al realizar una conducción más eficiente.

Palabras claves: confort, déficit, emanación, hora punta y hora valle.

Abstract

In the Ibarra city, the vehicles, which provide the taxi service, generate unnecessary fuel consumption,

produce economic losses for the Government and the vehicle owner, causing a growing pollution to the environment and the air of the city, due to the wrong driving that taxi drivers present; The methodology used consists of a collection of information about the kinematics that taxi drivers have during their normal job operation, and then to proceed and analyze the data obtained. To this end, we realize a field investigation through surveys and an electronic device, apart from them, a documentary research which is based on the collection of information: theses, scientific articles, books, undergraduate works, which generate a theoretical foundation about fuel consumption in vehicles combustion. The results of this project reflected that in the normal job operation of taxis can generates greater efficiency in the use of resources to conduct a more efficient driving.

Keywords: comfort, deficit, emanation, rush hour and valley time.

1. Introducción

La ciudad de Ibarra se encuentra ubicada en la región sierra norte de Ecuador, centro de desarrollo educativo, económico y científico de la zona norte del país, muy reconocida por sus lugares turísticos, lo cual presenta un crecimiento constante vehicular y por consiguiente un incremento de unidades de taxis, en beneficio de mejorar la calidad transporte de las personas que residen y visitan la ciudad.

Actualmente el valor de la gasolina en el Ecuador varía según la calidad, estas pueden ser de: \$1.48 en extra y \$2.00 en súper, el mismo que es subsidiado por el gobierno. El valor de la gasolina que recibe nuestro país es de \$2.83 por galón, lo que significa que el estado pierde \$1.35 por galón de tipo extra.

El estado invierte alrededor del 50% del valor del combustible que consume diariamente un vehículo. Si se le añade los beneficios con los que cuentan todas cooperativas de taxis de la ciudad, se llega a tener una gran pérdida económica para el país. Sin embargo, la industria automotriz ha tenido una amplia mejora en la eficiencia del consumo de combustibles, pero los conductores profesionales no llevan a cabo una manipulación correcta de su vehículo al momento de conducirlos, con revoluciones altas en el motor, al realizar cambios de marchas bruscas y conducciones no anticipadas.

Existen un total de 59 cooperativas de taxis, entre convencionales y ejecutivos, los mismos que prestan sus servicios a la ciudadanía ibarreña, con una gran variación de modelos de vehículos.

2. Metodología

Los pasos que se debe realizar en la metodología son: Se debe realizar una caracterización del parque automotor (CNTTST, 2010)^[1] con el número total de cooperativas vigentes y taxis matriculados de la ciudad, misma que ayuda en el proceso para identificar el total de vehículos que circulan y prestan el servicio de taxis, también se adquiere la información acerca de la edad de los conductores, se puede apreciar que se tiene diferentes marcas y modelos según las cooperativas; se encuentran divididas entre taxis convencionales con 46 cooperativas y 13 en ejecutivos, 863 y 382 taxis respectivamente, dando un total de 1245 unidades en la ciudad. Luego de clasificar se observa los cinco vehículos con mayor número de presencia los cuales se tiene: hyundai accent, kia rio xcite, nissan sentra, chevrolet activo y chevytaxi.

Seguido se obtiene los datos técnicos de los vehículos (Cevallos, 2017)^[2] mismos que determinan que los modelos preseleccionados presentan similares características (Dávila, 2017-05-17)^[3] tales como: en su sistema de salida de los gases de escape tienen un catalizador y un silenciador que ayuda a disminuir la contaminación del medio ambiente,

frenos de disco ventilados delanteros y posteriores de tambor, todas las versiones presentan tracción delantera, además cuentan con una capacidad para cinco pasajeros adultos.

2.1 Procedimiento para el levantamiento de datos

Se sigue varios pasos los cuales se despliegan a continuación:

2.1.1 Cálculo del número de seguimientos

Al obtener el resultado final del cálculo del tamaño de la muestra (Alfredo Martínez Almécija, 2004)^[4], se tiene la conclusión de que se es necesario realizar a un total de 257 taxis, un seguimiento por taxi, los vehículos tienen un rango de año de fabricación que varía entre el 2007 y el 2012.

2.1.2 Levantamiento de seguimientos

Se procede a la toma de muestras en taxis en su labor de cinco horas en los cuales contienen horas pico y punta, se toma en consideración que los horarios de congestión vehicular u hora pico es de: 06:30 a 07:30, de 12:30 a 13:30 y de 17:30 a 18:30; una vez culminado el tiempo de seguimiento requerido se procede a retirar los GPS recorder gl-770 (Controls, 2017)^[5] para luego guardar la información en un ordenador.

2.2 Obtención de consumo instantáneo

Se aplica una metodología propuesta en un estudio de flujo de combustible en buses urbanos realizado por (Rosero F)^[6] en base a los resultados obtenidos en un artículo científico realizado en china por (H.Y. Tong W. H., 2011)^[7], el cual consiste en la toma de datos del consumo de combustible por medio de un ajuste de ecuaciones y un procedimiento práctico en donde se requiere el uso de equipos con los cuales se puede medir el volumen de combustible al finalizar cada una de las pruebas y obtener un consumo promedio de combustible en unidades de mililitros. Estos equipos de medición son: jeringas de inyección y aspiración de tres cuerpos (5, 10, 20, 50 y 60ml), dos tanques porta combustible de 1gl c/u, embudo mediano y embudo grande de plástico con filtro, bayoneta medidora de nivel de combustible y dos probetas de plástico de 50ml y 100ml.

El gps (Play Store, s.f.)^[8] permite rastrear la ubicación del vehículo por medio del satélite, registra la velocidad, distancia, tiempo, lugar, tiempo de inicio, tiempo transcurrido, velocidad promedio, velocidad máxima y altitud en un intervalo de un segundo.

Se procede a realizar tres diferentes pruebas para determinar los consumos estimados en cada una de las etapas de la conducción, tales como: velocidad crucero, etapa de ralentí, aceleración y desaceleración.

Una vez obtenidos los valores en las unidades necesarias a usarse, se establece condiciones en función de la aceleración y la velocidad, (Vallejo Patricio, 2009)^[9] dando el caso de que cumpla a la condición dada marque el valor de uno y las demás debe marcar cero; ya obtenidos los valores de cero y uno se hace un promedio para cada estado del vehículo dando así el porcentaje de cada estado.

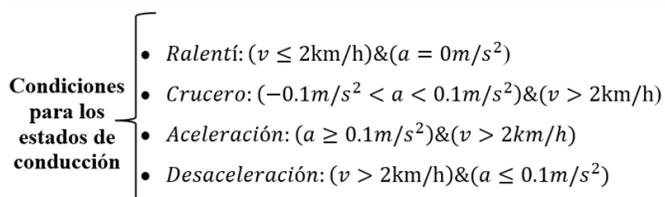


Figura 1. Condiciones para los estados de conducción
Fuente: (H.Y. Tong W., 2011, Pág. 6)

Con la obtención de las condiciones planteadas se procede a establecer las fórmulas para el software de Excel 2013, por consiguiente se procede a ejecutar en cada archivo obtenido para cada etapa de la conducción.

2.2.1 Estimación de consumo en etapa de crucero

Se calcula los datos del consumo instantáneo del vehículo en modo crucero (\dot{m}_C), la prueba se realiza con una velocidad constante de 40 km/h. Una vez terminado el recorrido definido, se detiene y apaga el motor, se vuelve a llenar el tanque para determinar el combustible que se ha consumido.

Se calcula el flujo volumétrico (Q_C) expresado en la unidad de mililitros sobre segundos [ml/seg].

$$Q_C \left[\frac{\text{ml}}{\text{seg}} \right] = \frac{\Delta V_C}{\Delta t} \quad (1)$$

Donde:

Q_C = Flujo volumétrico en la prueba de crucero [ml/s]

ΔV_C = Variación de volumen consumido en la prueba de crucero [ml]

Δt = Variación de tiempo [s]

El consumo instantáneo de combustible del vehículo (\dot{m}_C) en velocidad crucero se expresa en las unidades de miligramos sobre segundo, tal valor se estima a partir de la siguiente fórmula:

$$\dot{m}_C [\text{mg/seg}] = Q_C * d_g * 1000 \quad (2)$$

Donde:

\dot{m}_C = Consumo instantáneo másico de la prueba crucero [mg/seg]

Q_C = Flujo volumétrico en la prueba de crucero [ml/seg]

d_g = Densidad de la gasolina (0,68 g/ml)

2.2.2 Estimación de consumo en etapa de ralentí

Se calcula el consumo de combustible en estado de ralentí (\dot{m}_R), en donde se debe encender el vehículo y mantener un régimen de giro de 750 rpm aproximadamente durante treinta minutos; una vez culminado este tiempo se debe realizar el mismo método de llenado del tanque con las jeringas para saber el volumen consumido durante ese tiempo en esa prueba.

$$Q_R [\text{ml/seg}] = \frac{\Delta V_R}{\Delta t} \quad (3)$$

Donde:

Q_R = Flujo volumétrico en la prueba de ralentí [ml/seg]

ΔV_R = Variación de volumen consumido en la prueba de ralentí [ml]

Δt = Variación del tiempo [s]

El consumo instantáneo de combustible del vehículo (\dot{m}_R) en ralentí debe ser expresado en las unidades de miligramos sobre segundo [mg/seg], tal valor se estima a partir de la siguiente fórmula:

$$\dot{m}_R [\text{mg/seg}] = Q_R * d_g * 1000 \quad (4)$$

Donde:

\dot{m}_R = Consumo instantáneo másico de la prueba ralenti [mg/s]

Q_r = Flujo volumétrico en la prueba de ralenti [ml/s]

d_g = Densidad de la gasolina [0,68 g/ml]

2.2.3 Estimación de consumo en etapa de aceleración y desaceleración

Una vez que se haya obtenido todos los datos nombrados anteriormente, se ejecuta las operaciones necesarias para encontrar los consumos promedios para los estados de aceleración y desaceleración respectivamente, para ello se parte de la ecuación 5.

(5)

$$\dot{m}_R * t * \%_R + \dot{m}_C * t * \%_C + \dot{m}_A * t * \%_A + \dot{m}_D * t * \%_D = C_C$$

Donde:

\dot{m}_R = Caudal másico en ralenti [mg/s]

\dot{m}_C = Caudal másico en crucero [mg/s]

\dot{m}_A = Caudal másico en aceleración [mg/s]

\dot{m}_{DA} = Caudal másico en desaceleración [mg/s]

$\%_R$ = Porcentaje ralenti [%]

$\%_C$ = Porcentaje crucero [%]

$\%_A$ = Porcentaje aceleración [%]

$\%_D$ = Porcentaje desaceleración [%]

t = Tiempo [s]

C_C = Consumo_{combustible} [mg]

Para realizar todo esto se toma en consideración la variante de 2,21 que está dentro del artículo titulado “On-Road-Motor-Vehicle-Emissions-and-Fuel-Consumption” (Tong-Hung-Cheung, 2014), en donde establece que la relación existente entre la aceleración y la desaceleración es de 2,21, es decir, la aceleración es 2,21 veces la desaceleración.

$$\dot{m}_D \left[\frac{\text{mg}}{\text{seg}} \right] = \frac{\dot{m}_A}{2.21} \quad (6)$$

Debido a que en la ecuación 3.7 se tiene dos incógnitas, se debe reemplazar la ecuación 3.8 en la misma, una vez despejada la incógnita de caudal másico \dot{m} [mg/s] de la aceleración, dando como resultado la siguiente fórmula:

(7)

$$\dot{m}_A \text{ [mg/seg]} = \frac{2.21[C_C - (\dot{m}_R * t * \%_R) - (\dot{m}_C * t * \%_C)]}{t(2.21 * \%_A + \%_D)}$$

Donde:

C_C = Consumo_{combustible} [mg]

\dot{m}_R = Caudal ralenti [mg/s]

\dot{m}_C = Caudal crucero [mg/s]

\dot{m}_A = Caudal aceleración [mg/s]

$\%_R$ = Porcentaje ralenti [%]

$\%_C$ = Porcentaje crucero [%]

$\%_A$ = Porcentaje aceleración [%]

$\%_D$ = Porcentaje desaceleración [%]

t = Tiempo [s]

Una vez obtenido el valor de “ Q_A ”, se procede a reemplazar este dato en la relación mencionada anteriormente en la ecuación 3.8 para obtener el valor restante del caudal másico del estado de desaceleración (\dot{m}_D)

Una vez realizado todo lo antes descrito, se procede a iniciar el cálculo del consumo de combustible de cada uno de los 257 archivos de seguimientos, mediante el uso del dispositivo GPS ubicado en los taxis. Todo lo mencionado anteriormente se aplica para los cinco modelos de vehículos seleccionados.

2.3 Consumo promedio

Para adquirir el valor acerca del consumo promedio de combustible diario de las marcas más usadas para el servicio de taxis en la ciudad de Ibarra, se toma en consideración la siguiente fórmula, la cual contiene los valores obtenidos a partir de la encuesta realizada anteriormente, misma que se detalla a continuación.

$$C_{PROM DIARIO} \sum_{i=1}^{n=41} [\text{km/g}] = \frac{C\$ * gl}{\Delta k * Pg} \quad (8)$$

[Ec. 3.5]

Donde:

$C_{PROM DIARIO}$ =

Consumo de combustible promedio diario

$C\$$ = Combustible consumido en dólares [“\$”]

Δk = Variación del kilometraje recorrido [km]

Pg = Precio de la gasolina [1.50\$]

gl = Galón de combustible [gl]

3. Análisis de resultados

Se presenta los resultados de los análisis de la flota de taxis(257 unidades), las cuales se encuentran detalladas en diferentes aspectos como se puede apreciar a continuación.

3.1 Estados de conducción

A continuación se presenta los estados de conducción de la muestra de taxis.

3.1.1 Estados de conducción general

En la Tabla 4.1 se observa el porcentaje de los estados de conducción de toda la flota de taxis que ha producido durante su trabajo normal de cinco horas, en los cuales se toma en consideración a los conductores de todas las edades, el servicio que prestan y la franja horaria completa.

Tabla 1. Estados de conducción de la flota de taxis

Etapas de la conducción				
Porcentaje	Ralentí	Aceleración	Desaceleración	Crucero
	34%	26%	24%	16%

Se observa que los taxis de la ciudad, durante su trabajo normal se encuentran mayor tiempo en modo ralentí o parados con un total del 34%, esto se produce debido a que la ciudad de Ibarra cuenta con un número excesivo de semáforos o porque los conductores esperan pasajeros en sus paradas por mucho tiempo. Seguido está el estado de aceleración con una diferencia del 8% de la anterior etapa, ya que para poner en marcha los vehículos se realiza una aceleración repetitiva, por lo cual al llegar a cada intersección o semáforo se encuentran obligados a reducir la velocidad considerablemente, mismo que genera una desaceleración con una diferencia de 2% con respecto a la aceleración.

En último está el estado de crucero con una diferencia del 18% con respecto al ralentí, esto indica que no existe un tramo de velocidad constante dentro de la ciudad, esto puede ser debido a las intersecciones, rompe velocidades y semáforos existentes dentro de la ciudad de Ibarra.

3.1.2 Etapas de conducción por servicio

Se tiene las etapas de conducción en función al servicio que prestan, convencional o ejecutivo.

En la Figura 1., se observa que el estilo de conducción que presentan ambos tipos de servicio es

similar uno del otro, ya que la diferencia mínima es del 1%, esto indica que ambos tipos de servicio trabajan a un mismo ritmo dentro de la ciudad, lo cual no debe presentarse así, ya que según MOVILDELNOR EP los taxis con servicio ejecutivo deben ejercer su trabajo de puerta a puerta, al contrario un taxi convencional que pasa circulando por las calles de la ciudad en busca de pasajeros.

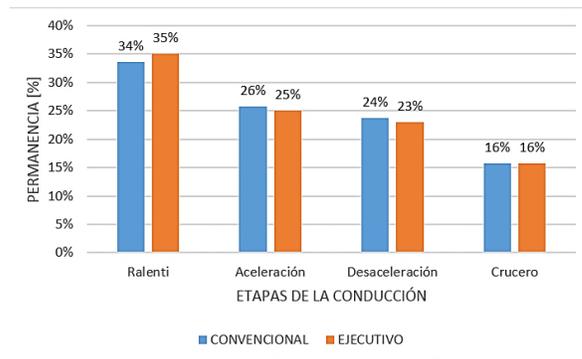


Figura 2 Etapas de la conducción vs el servicio que prestan

3.1.3 Estados de conducción por edades

Los estados de conducción de toda la flota de taxis existentes en la ciudad de Ibarra en función de las edades de los conductores de los taxis.

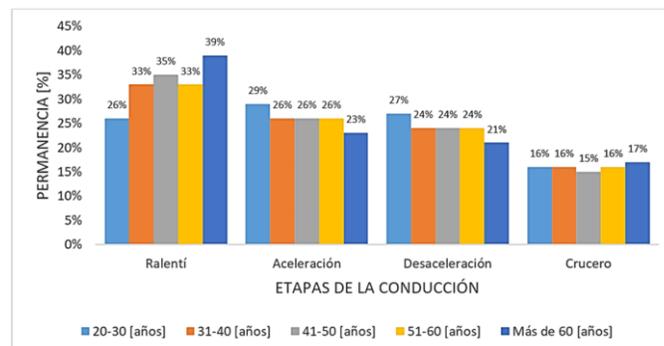


Figura 3 Estados de conducción vs la edad del conductor

Como se observa en la Figura 2., los conductores de 20 a 30 años tienen un estilo de conducción más agresivo en diferencia de los demás conductores, los resultados muestran que aceleran y desaceleran con mayor frecuencia en 2% en comparación con las personas de edad entre 31 a 60 años, esto se puede dar debido a que la mayoría de conductores no tienen experiencia en este campo laboral, ya que la mayoría son jóvenes bachilleres que aún no toman conciencia. Las personas mayores a 60 años tienen un mayor tiempo de ralentí, esto quiere decir que pasan mayor tiempo parados, con una diferencia del 13% en

relación con los jóvenes entre 20 y 30 años, en comparación a las personas de 31 a 60 años existe una diferencia del 7% de ralentí, este resultado abarca un tipo de conducción más anticipada, resultado de años de experiencia al volante. Los conductores de 31 a 60 años tienen similares características de conducción, esto se puede dar por el tipo de enseñanza que han recibido anteriormente los conductores por parte de los instructores en las escuelas de conducción de choferes profesionales y por la experiencia adquirida durante sus años de trabajo. No se observa niveles altos de velocidad crucero, esto se puede dar por la geografía que presenta la ciudad, también influye la calibración de los semáforos o de las intersecciones las cuales no son realizadas con un estudio previo de flujo vehicular.

3.1.4 Estado de conducción por franja horaria

Se detalla a continuación cada etapa de la conducción de la flota de taxis vs la franja horaria, ya sea esta en hora pico o en hora valle, los cuales se observa de la siguiente manera.

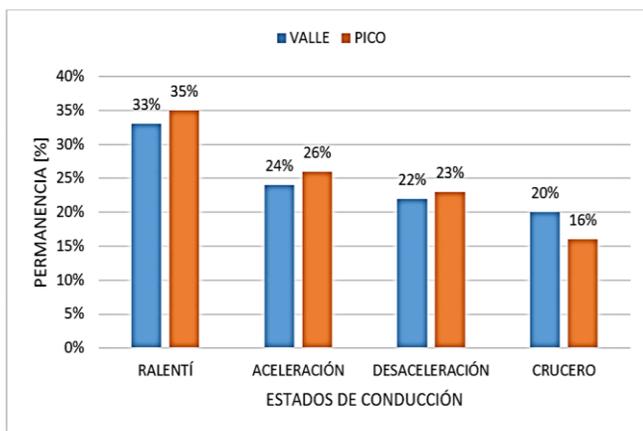


Figura 4 Etapa de conducción vs franja horaria

Se observa en la Figura 3., que la flota de taxis opera con mayor presencia de ralentí con 35% en horas pico, esto se debe a que en la hora de mayor tráfico los vehículos limitan la circulación y por ende reduce la distancia de recorrido normal, a diferencia de las horas valle, en donde se pasa en ralentí un 2% menos que en horas pico.

Con respecto a la aceleración los conductores presentan un estilo poco prolongado pero repetitivo en la hora pico ya que se tiene una mayor presencia de vehículos que limitan conseguir un incremento de la velocidad, es por esto que se tiene un 26% en este

estado, al tratar de salir de las congestiones vehiculares que se presentan en la ciudad, a diferencia en las horas valle que se cuenta con un 2% menos, esto se debe a que en las horas valle ya no existe mucha congestión vehicular en las calles, lo cual permite obtener una aceleración más prolongada.

Para el caso del estado de crucero viene a ser mayor en las horas valle que cuenta con un 20%, en comparación a las horas pico que cuenta con una diferencia del 4%, esto se debe al mismo caso de aceleración y desaceleración, en donde la mayor presencia de vehículos en la vía limita a una circulación con una velocidad constante.

3.2 Valores de la velocidad de la muestra de taxis

A continuación se detalla los valores de la velocidad en base a la edad y franja horaria.

3.2.1 Velocidad máxima por edad

Se aprecia en la Figura 4., las velocidades máximas en consideración a las edades de los conductores de taxis y el tipo de servicio que prestan, con la cual determina que rango de edades realiza mayores velocidades altas.

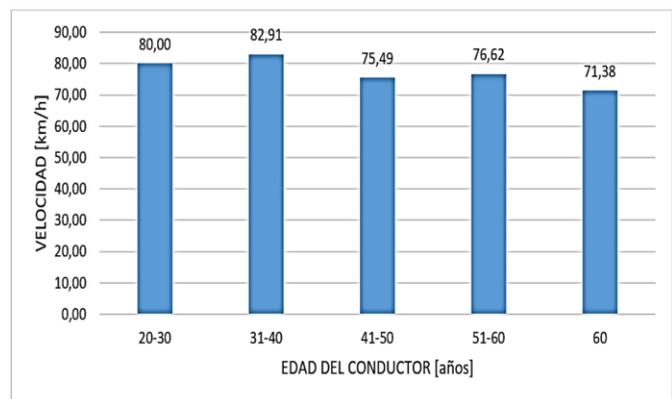


Figura 5 Velocidad máxima por edades

Se observa que las personas entre los 20 a 40 años en los taxis tienen una velocidad más elevada con un 10% que los demás conductores, esto se puede dar debido a que este tipo de conductores poseen mayor destreza para realizar los recorridos con mayor agilidad o son choferes encargados de los taxis, por ende, buscan mayores carreras para solventar su pago, los cuales generan mayor esfuerzo al motor. Al contrario, los conductores de 60 años en adelante son las personas con velocidad máxima poco elevada que

el resto, la mayoría de conductores de edad mayor no presentan apuro al conducir, ya que conocen de mejor manera las vías de la ciudad o tienen un estilo de conducción anticipada; los conductores de 40 a 60 años tienen una velocidad máxima intermedia, ya que al tener una edad adulta promedio se desenvuelven a su propio estilo de conducción.

3.2.2 Velocidad máxima por franja horaria

A continuación, se describe la velocidad a la que han operado expresada en km/h según la edad de los conductores vs la franja horaria en la que haya transitado.

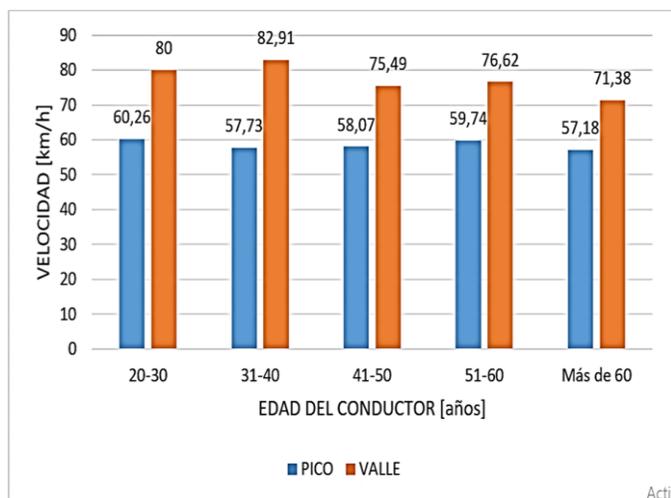


Figura 6. Velocidad máxima por franja horaria

Como se puede observar en la Figura 5, una comparación de las velocidades máximas que han llegado a tener los conductores en la franja horaria según las edades seleccionadas para este estudio, en la cual se determina que los vehículos tienen una menor velocidad máxima cuando se encuentran en la franja horaria de las horas pico, con un rango promedio de 58.59km/h, esto se debe a que existe un gran número de semáforos y señales de pares en cada intersección en las calles de la ciudad, al igual que el incremento de vehículos, los cuales generan una mayor congestión vehicular; al contrario, en hora valle los conductores llegan a velocidades más altas de hasta un máximo de 77.28 km/h, con una diferencia del 24% entre los rangos. Todas las velocidades que se han obtenido en este estudio sobrepasan los límites de velocidad establecidos por la ley de tránsito dentro y fuera de las carreteras y calles de la ciudad.

3.3 Valores de aceleración

Se detalla los valores de aceleración y desaceleración que ha presentado la muestra de taxis.

3.3.1 Aceleración y desaceleración por edades

Se determina las aceleraciones que realizan los conductores de los taxis en base a las edades que tienen.

La Tabla 2 demuestra que los conductores de 20 a 30 años son los más jóvenes, los cuales producen mayores aceleraciones máximas y promedios, esto se debe a que carecen de conocimiento en las vías y no tienen experiencia sobre la conducción anticipada; para los señores conductores de 31 a 40 años se observa que ejecutan similares aceleraciones promedio y una diferencia menor de 7.4% en la aceleración máxima en comparación con los más jóvenes, esto se observa debido a que la mayoría de conductores tienen mayor seguridad al momento de circular con sus vehículos, además conocen todas las calles de la ciudad y a su mismo vehículo. Seguido se encuentra las personas de 41 a 50 años con una nivel de aceleración intermedio, mismos que presentan un estilo de conducción más tranquilo en diferencia al primero; en cuarto lugar están los conductores de 51 a 60 años con una menor aceleración promedio y una máxima más alta, esto se determina debido a que se ha observado que los conductores realizan mayores aceleraciones en una misma marcha, lo cual exige más al motor y por ende presenta mayor este dato; en el último rango de edades se tiene a los adultos, los cuales presentan un estilo de conducción anticipado y preventivo, lo cual demuestra en su valor de aceleración.

Tabla 2. Aceleración y desaceleración por edad del conductor

Edad [años]	Aceleración Prom. [m/s ²]	Aceleración Máx. [m/s ²]	Desaceler. Prom. [m/s ²]	Desaceler. Máx. [m/s ²]
20-30	0.61	8.55	-0.67	-7.17
31-40	0.61	7.91	-0.66	-12.22
41-50	0.58	8.45	-0.63	-11.97
51-60	0.54	10.54	-0.59	-10.85
Más 60	0.54	7.30	-0.60	-11.53

3.3.2 Aceleración máxima por franja horaria

La aceleración máxima generada por el rango de edad de los conductores en función de la franja

horaria, esto se puede observar de una mejor manera en la Figura 6.

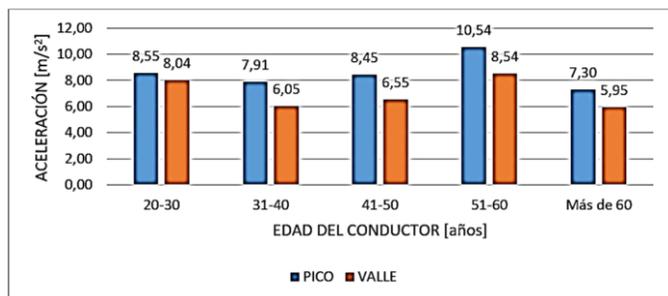


Figura 7. Aceleración máxima por franja horaria

Los valores de las aceleraciones máximas son mayores para la franja horaria de pico (Yujie Zhanga, 2016)^[10], superando este con el 24% en comparación con las aceleraciones de horas valle, para las horas pico se observa que las personas de 51 a 60 años tienen una aceleración máxima de 10.54 m/s², al contrario se tiene que los conductores de edad adulta o 60 años en adelante generan una aceleración menor de 7.30m/s². Para las aceleraciones máximas en horas valle se tiene que el comportamiento es similar para los de 20 a 30 años, con una diferencia del 6% a la hora pico; el mismo caso se tiene para el rango de edades de 51 a 60 años, los cuales tiene la diferencia de 19%.

3.4 Consumo de combustible

A continuación se tiene detallado el consumo de combustible, este se puede observar de la siguiente manera.

3.4.1 Consumo instantáneo por estados en función del modelo vehicular

Se presenta los consumos de combustible por estados en función del modelo del vehículo, con ello se logra determinar que auto tiene mayor y menor consumo de combustible en base a los consumos instantáneos.

Tabla 3. Consumos instantáneos por modelo del vehículo

Modelo	Ral.	Cruc.	Aceleración	Desaceleración	Total [mg/s]
	[mg/s]	[mg/s]	[mg/s]	[mg/s]	
Accent	124	272	317,86	143,83	858,36
Sentra	147	331	348,96	157,9	985,2
Activo	173	274	467,55	211,56	1 127,9
Chevy	117	262	338,97	153,38	872,18
Xcite	81,2	259	330,86	149,71	821,43

Como resultado de los consumos de combustible instantáneo en base al modelo del vehículo se observa que el chevrolet aveo activo presenta un mayor consumo de combustible en sus estados de conducción con 1127.95 mg/s, luego se tiene que el nissan sentra un consumo de 246.30 mg/s, esto indica una diferencia de consumo del 13 % en referencia al primero, ya que estos dos autos presentan la misma cilindrada de 1600 cc; seguido está el chevrolet chevy taxi con un motor de 1500 cc y un consumo de 872.18 mg/s que implica una diferencia del 23% en comparación al aveo activo. En penúltimo lugar se tiene al hyundai accent con 858.36 mg/s y una diferencia del 24% con respecto al que mayor consumo tiene, cuenta con un motor de 1600 cc, el cual indica ser superior en rendimiento, en par motor y potencia como se indica en las gráficas 4.1 y 4.2 respectivamente; por último, se tiene el kia rio xcite con un consumo de 821.43 mg/s con diferencia del 27 % y tan solo con un motor de 1400 cc, dando como resultado ser el más económico según los datos obtenidos mediante las pruebas piloto.

3.4.2 Consumo por periodo de tiempo

El consumo estimado de chevrolet activo 1600 cc es el más elevado en comparación con los otros modelos de vehículos, genera un consumo estimado diario de 5.36 gl. Este consumo es el más alto a diferencia de los demás modelos ya que el motor de este vehículo no cuenta con muchos avances tecnológicos a diferencia de los demás.

El consumo diario estimado de un nissan sentra 1600 cc es uno de los más elevados después del chevrolet activo, este consumo difiere en un 3 % ya que su motor presenta una mejora en su motor, con un valor promedio diario de 5.22 gl.

Se puede observar que para el caso del consumo diario estimado chevrolet chevy taxi 1500cc se encuentra en el rango intermedio de consumo de combustible, en comparación con el modelo de chevrolet activo existe una diferencia del 5 %, con un consumo estimado diario de 5.08 gl.

El consumo diario estimado para el kia rio xcite 1400 cc ocupa el penúltimo lugar con una estimación de 5.01 gl, esto es gracias a que su motor trae similares avances tecnológicos al igual que el hyundai accent dando una diferencia del 11 % entre estos dos modelos y con una diferencia del 7 % en cuanto al modelo de chevrolet activo.

Para el caso del hyundai accent 1600 cc, es el vehículo con un consumo estimado diario de 4.55 gl, con lo cual da una diferencia del 15 % con respecto al vehículo que más consume cual es el chevrolet activo y así éste llega a ser el vehículo que menos consumo de combustible genera gracias a los avances tecnológicos que presenta su motor.

Tabla 4. Consumos instantáneos por periodo de tiempo en galones

Periodo	Activo	Sentra	Chevy	Xcite	Accent
[gl/día]	5,36	5,22	5,08	5,01	4,55
[gl/semana]	32,16	31,32	30,48	30,06	27,3
[gl/mes]	128,64	125,28	121,92	120,24	109,2
[gl/año]	1543,68	1503,36	1463,04	1442,88	1310,4

3.4.3 Estimación de ahorro de combustible en base a la muestra de vehículos

En la tabla 4.12 se estima el consumo promedio de los 257 seguimientos realizados en este estudio, para lo cual se toma una hora de trabajo normal para todos los vehículos ya que no todos tienen el mismo tiempo de trabajo, se inicia aplicando una regla de tres simple en donde se involucra al consumo en mililitros, al tiempo de cada taxi y los 3600 segundos que constan de una hora.

$$(v[\text{ml}]) / (t[\text{s}]) * 3600[\text{s}] / 1000[\text{ml}] * 1[\text{l}] / 1[\text{h}] = [\text{l/h}]$$

Por consiguiente, el resultado de los datos viene dado en función de litros sobre hora [l/h], luego se obtiene un promedio total estimado del consumo de los 257 taxis.

Luego de esto se procede a encontrar el consumo para cada uno de los estados de conducción e identificar al vehículo con menor consumo, tomamos los consumos de este vehículo eficiente y los reemplazamos para todos los 257 seguimientos para encontrar los consumos en [l/h], los ordenamos de mayor a menor para poder reconocer a los 25 vehículos con menor consumo y por ende una conducción más eficiente, sacamos un promedio entre estos 25 seguimientos obteniendo así que los porcentajes para una conducción eficiente deben ser los siguientes: 18 % en ralentí, 32 % en el estado de aceleración, 30% en desaceleración y un 20 % para el estado de cruceo.

Una vez identificados los porcentajes eficientes, los reemplazamos para el 20 % de seguimientos y cada uno con sus consumos actuales para cada estado

de conducción, al realizar los cálculos y obtener los consumos en [l/h], se procede a realizar el mismo procedimiento para el 40% de los seguimientos y de igual manera llegar al consumo estima en [l/h]. Una vez ya obtenidos los consumos estimados promedios para los 3 casos se obtiene lo indicado en la Tabla 5.

Tabla 5. Consumo actual vs concientización del 20% y 40%

Taxis	Consumo actual	Concientizar el 20%	Concientizar el 40%
Unidad (1)	1,16 [l/h]	0,94 [l/h]	0,76 [l/h]
Flota (1245)	1 444,20 [l/h]	1 170,30 [l/h]	946,20 [l/h]
Flota diaria	15 886,20 [l/d]	12 873,30 [l/d]	10 408,20 [l/d]
Flota anual	4 575 225,60 [l/año]	3 707 510,40 [l/año]	2 997 561,60 [l/año]

3.4.4 Comparación de conducciones actuales y eficientes estimadas

En la Tabla 6 se logra apreciar la comparación de consumo de combustible por galones, se toma en consideración la conducción actual de los conductores de taxis vs la simulación de una conducción eficiente, esta es tomada a partir de los estilos de conducción recomendados, los que permiten generar un ahorro del 13% diario en galones consumidos.

Tabla 6. Consumo actual vs conducción eficiente estimada (gl)

Cons. [gl]	Conducción actual	Flota total	Conducción eficiente	Flota total
Diario	5,04	6 274,80	4,36	5 428,20
Semana	30,24	37 648,80	26,16	32 569,20
Mes	120,96	150 595,20	104,64	130 276,80
Anual	1 451,52	1 807 142,40	1 255,68	1 563 321,60

4. Conclusiones

Los conductores de 20 a 30 años tienen un estilo de conducción más agresivo en diferencia de los demás conductores, los resultados muestran que aceleran y desaceleran con mayor frecuencia en 2% en comparación con las personas de edad entre 31 a 60 años, las personas mayores a 60 años tienen un mayor tiempo de ralentí, esto quiere decir que pasan mayor tiempo parados, con una diferencia del 13% en relación con los jóvenes entre 20 y 30 años, en comparación a las personas de 31 a 60 años existe una diferencia del 7% de ralentí, este resultado abarca un tipo de conducción más anticipada, resultado de años de experiencia al volante.

Los conductores de 31 a 60 años tienen similares características de conducción, esto se puede dar por el tipo de enseñanza que han recibido anteriormente

los conductores por parte de los instructores en las escuelas de conducción de choferes profesionales y por la experiencia adquirida durante sus años de trabajo.

Se estima que, si se llegase a concientizar un promedio del 20% de la flota de taxis de la ciudad de Ibarra, se lograría ahorrar hasta un 14% de gasto económico diario, es decir, \$1 142.91 dólares en el subsidio que el estado pierde en total para toda la flota.

Referencias

1. Comisión Nacional de Tránsito Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial. (2010). *Agencia Nacional de Tránsito*. Obtenido de <https://www.ant.gob.ec/index.php/transito-7/resoluciones-de-transporte/resoluciones-de-vida-util>
2. Cevallos, V. (2017). "ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO DEL TREN DE POTENCIA PARA EL SERVICIO DE TAXIS URBANOS DE LA CIUDAD DE IBARRA. En V. Cevallos. Ibarra.
3. Dávila, A. (2017-05-17). *Curvas Torque y Potencia*. QUITO: CCICEV.
4. Alfredo Martínez Almécija, J. M. (2004). *Tamaño de la Muestra y Presición Estadística*. Almería : Joaquín López Cruces.
5. Controls, G. S. (2017). *Gill Sensors & Engine Controls*. Obtenido de <https://www.gillsc.com/products/flow-sensors/fuel-flow-meter-2/>
6. Rosero F, I. C. (2017). Análisis del Consumo de Combustible en Autobuses Urbanos por Efecto de las Intersecciones Semaforzadas. Caso de Estudio Ciudad de Ibarra. *Desarrollo Local Sostenible DELOS*, 1-22.
7. Tong-Hung-Cheung. (2014). On-Road Motor Vehicle Emissions and Fuel . En Tong-Hung-Cheung.
8. *PlayStore*. (s.f.). Obtenido de https://play.google.com/store/apps/details?id=com.pnn.obdcardoctor&hl=es_419
9. Vallejo Patricio, Z. J. (2009). *Física Vectorial tomo I*. Impreso en Ecuador: RODIN.
10. Yujie Zhanga, H. G. (2016). Which one is more attractive to traveler, taxi or tailored taxi? *An. ScienceDirect*, 9.

Biografía

Marco Ochoa nació el 28 de mayo de 1993 en la ciudad de Atuntaqui Imbabura Ecuador, sus estudios primarios los realizó en la escuela Alfredo Albuja Galindo y en la escuela 28 de Septiembre en la ciudad de Ibarra, sus estudios secundarios los realizó en el colegio Teodoro Gómez de la Torre Sus estudios superiores los realizó en la Universidad Técnica del Norte siguiendo la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz dentro de la cual se siente muy a gusto con esta decisión.

Harold Salazar nació el 9 de marzo de 1994 en la ciudad de Atuntaqui Imbabura Ecuador, sus estudios primarios los realizó en la escuela Oscar Efrén Reyes en la ciudad de Ibarra, sus estudios secundarios los realizó en el colegio Teodoro Gómez de la Torre Sus estudios superiores los realizó en la Universidad Técnica del Norte siguiendo la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz dentro de la cual se siente muy orgulloso y a gusto.