



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

**Estimación del consumo energético específico de la movilidad
en transporte público y privado, de centros de educación
superior en el cantón Cuenca**

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:
INGENIERO MECÁNICO AUTOMOTRIZ

Nombre de los autores:

LUIS IVÁN PALACIOS BACUILIMA

CHRISTIAN JAVIER SARMIENTO BRITO

Nombre del Director:

MATEO COELLO SALCEDO

CUENCA-ECUADOR

2018

Dedicatoria:

A Dios por ser el guía en cada paso de mi vida, de igual manera a mis padres, Iván y Elsa que son pilares fundamentales.

Luis

Dedicatoria:

La presente tesis está dedicada a Dios por guiarme para llegar a este momento tan especial. A mis padres, Claudio y Consuelo quienes siempre me han apoyado, siendo el impulso para cada día ser mejor con su ejemplo y perseverancia.

A mis hermanas y mi abuela por estar siempre junto a mí y apoyarme en todo y ser mi motivación de cada día.

Christian

AGRADECIMINETO:

A los Ingenieros Mateo, Gustavo y Jonathan por sus consejos para el buen desarrollo del presente trabajo a través de sus experiencias, que han llevado durante su profesionalismo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIAS	ii
AGRADECIMIENTO.....	iv
INDICE DE CONTENIDOS	v
INDICE DE FIGURAS.....	vi
INDICE DE TABLAS	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
1.INTRODUCCIÓN	1
2.METODOLOGÍA	2
A. Materiales	3
1.1 ELM327 OBD II.....	3
1.2 Vehículo.....	3
B. Metodología	3
2.1 Consumo Energético	4
3. RESULTADOS.	4
4.CONCLUSIONES.....	10
5.REFERENCIAS.....	11

ÍNDICE DE FIGURAS

Gráfico I. Movilización universitaria – universidad del Azuay.....	6
Gráfico II. Sectorización universidad del Azuay.	7
Gráfico III. Sectorización universidad de Cuenca	8
Gráfico VI. Movilización universitaria – universidad de Cuenca	8
Gráfico V. Sectorización universidad Católica de Cuenca.....	9
Gráfico VI. Movilización universitaria – universidad Católica.....	10
Gráfico VII. Sectorización universidad Politécnica Salesiana.	10
Gráfico VIII. Movilización universitaria – universidad Politécnica Salesiana.....	11
Gráfico IX. Utilización del transporte privado en diferentes campus universitarios.....	12

Gráfico X. Utilización del transporte público en diferentes campus universitarios.	12
Gráfico XI. Movilización caminando en diferentes campus universitarios.....	13

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Datos Técnicos elm327.	4
Tabla II. Datos Técnicos del Vehículo.	4
Tabla III. Población Universitaria – universidad del Azuay.....	5
Tabla IV. Uso del transporte público.	6
Tabla V. Consumo energético Ruta 1 (C.H).....	7
Tabla VI. Consumo energético Ruta 2 (Monay).....	7
Tabla VII. Consumo energético Ruta 3 (Yanuncay)	7
Tabla VIII. Consumo energético Línea 22 (C.H)	7
Tabla IX. Consumo energético Línea 16 (Monay)	7
Tabla X. Consumo energético Línea 25 (Yanuncay).....	7
Tabla XI. Población Universitaria – universidad de Cuenca.....	8
Tabla XII. Uso de transporte público.....	8
Tabla XIII. Consumo energético Línea 5	8
Tabla XIV. Consumo energético Línea 16	8
Tabla XV. Consumo energético Línea 7.....	8
Tabla XVI. Población universitaria – universidad Católica	9
Tabla XVII. Uso de transporte publico.....	9
Tabla XVIII. Consumo Energético Línea 16.....	10
Tabla XIX. Consumo Energético Línea 18.....	10
Tabla XX. Consumo Energético Línea 20.....	10
Tabla XXI. Sectores con mayor número de viajes	10
Tabla XXII. Líneas de buses más utilizados.....	11
Tabla XXIII. Consumo Energético Línea 18.....	11
Tabla XXIV. Consumo Energético Línea 28.....	11
Tabla XXV. Consumo Energético Línea 100	11

ESTIMACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO ESPECÍFICO DE LA MOVILIDAD EN TRANSPORTE PÚBLICO Y PRIVADO, DE CENTROS DE EDUCACIÓN SUPERIOR EN EL CANTÓN CUENCA

RESUMEN

El presente estudio desarrolla una disección respecto a la movilidad de la población universitaria de la ciudad de Cuenca, Ecuador. De acuerdo al análisis de movilidad, el documento se enfoca en estimar el consumo energético específico de la movilidad en transporte público y privado de la muestra poblacional universitaria, basado en el consumo de combustible vehicular, el poder calorífico del combustible y el número de individuos que se movilizan por kilometro, se obtiene una magnitud dada en kWh/km P. En general la metodología utilizada fue; recopilación bibliográfica, encuestas origen – destino, recolección de datos reales de conducción, determinación de resultados y comparación de resultados. Desarrollado el análisis se pudo identificar que el consumo energético específico per cápita en transporte público consume una cuarta parte de lo que demanda la movilidad en vehículo privado.

Palabras Clave— Demanda energética, movilidad universitaria, consumo energía per cápita, transporte universitario, ELM.



Ing. Mateo Coello Salcedo, MSc.

Director de Escuela



Ing. Mateo Coello Salcedo, MSc.

Director del trabajo de titulación



Luis Iván Palacios Bacuilima

Autor



Christian Javier Sarmiento Brito

Autor

ESTIMATION OF THE SPECIFIC ENERGY CONSUMPTION OF MOBILITY IN PUBLIC AND PRIVATE TRANSPORTATION OF HIGHER EDUCATION CENTERS IN CUENCA

ABSTRACT

The present study developed an analysis on the mobility of the university population of Cuenca, Ecuador. The document focused on estimating the specific energy consumption per capita per kilometer of mobility in public and private transport of the university population sample, thus obtaining a magnitude measured in kWh/km per Person. A bibliographic analysis was developed on the methods for the determination of this consumption variable. Subsequently, a method that consisted in the determination of origin - destination trips, route selection, collection of real driving and consumption data was presented. Once the analysis was developed, it was possible to identify that the specific energy consumption per capita in public transport was four times less than the energy demand in private vehicles.

Keywords— Energy demand, university mobility, energy consumption per capita, university transport, ELM.



Ing. Mateo Coello Salcedo, Msc
Director de Escuela



Ing. Mateo Coello Salcedo, Msc
Director del trabajo de titulación



Luis Ivan Palacios Bacuilima
Autor



Christian Javier Sarmiento Brito
Autor



Translated by
Ing. Paul Arpi

ESTIMACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO ESPECÍFICO DE LA MOVILIDAD EN TRANSPORTE PÚBLICO Y PRIVADO, DE CENTROS DE EDUCACIÓN SUPERIOR EN EL CANTÓN CUENCA

Luis Palacios
Bacuilima Facultad de
Ciencia y Tecnología,
Ingeniería en Mecánica
Automotriz.
Universidad del
Azuay Cuenca,
Ecuador.
[lu-i-
pa@hotmail.com](mailto:lu-i-pa@hotmail.com)

Christian Sarmiento
Brito Facultad de
Ciencia y Tecnología,
Ingeniería en
Mecánica Automotriz.
Universidad del
Azuay Cuenca,
Ecuador.
[cxsb_12@hotmail.c
om](mailto:cxsb_12@hotmail.com)

Mateo Coello Salcedo
Facultad de Ciencia y
Tecnología, Ingeniería
en Mecánica
Automotriz.
Universidad del
Azuay Cuenca,
Ecuador.
[mfcoello@uazuay.ed
u.ec](mailto:mfcoello@uazuay.edu.ec)

Gustavo Álvarez
Coello Facultad de
Ciencia y Tecnología,
Ingeniería en
Mecánica Automotriz.
Universidad del
Azuay Cuenca,
Ecuador.
[galvarezc@uazuay.e
du.ec](mailto:galvarezc@uazuay.edu.ec)

Jonnatan Avilés
González Facultad de
Ciencia y Tecnología,
Ingeniería en
Mecánica Automotriz.
Universidad del
Azuay Cuenca,
Ecuador.
[javiles@uazuay.edu.
ec](mailto:javiles@uazuay.edu.ec)

Abstract— Mobilization to study centers involved a large number of trips within the urban area.

In this context, this study sought to determine the specific energy consumption of the mobility of upper level students in Cuenca. The analysis focused on the modes of transportation of students and administrative staff of higher education centers with the purpose of evaluating energy consumption per kilometer and per passenger. This analysis focused on the energy expenditure of public and private transport to generate a database that could contribute to decision-making in mobility problems within the city. The average specific energy consumption demanded by the university population of Cuenca was 0.546 kWh/Km P for public transport and 2.243 kWh/km P for private transport.

Keywords- *Specific energy consumption, fuel consumption, energ, mobility, university campuses.*

Resumen— La movilización hacia centros de estudio supone un gran número de viajes dentro de una zona urbana. En este contexto, este estudio busca determinar el consumo energético específico de la movilidad estudiantil superior en el cantón Cuenca. El análisis está enfocado en los modos de transportación de los estudiantes y personal administrativo de los centros de educación superior de la ciudad de Cuenca, con el propósito de evaluar el consumo energético por kilómetro y de igual manera por pasajero, este análisis está enfocado al gasto energético del transporte público y transporte privado, generando una base de

datos que pueda aportar en la toma de decisiones de problemáticas de movilidad dentro de la ciudad de Cuenca.

El consumo energético específico promedio demandado por la población universitaria de la ciudad de Cuenca, es de 0.546 kWh/km P (pasajero) para transporte público y 2.243 kWh/ km P para transporte privado.

Palabras clave- *consumo energético, consumo de combustible, energía, movilidad, campus universitarios.*

I. INTRODUCCIÓN.

El sector del transporte tiene una problemática que asocia varios factores, uno de ellos es el incremento del parque automotor, que en los años 2005 al 2015 tuvo un crecimiento del 43% respecto a la década anterior, además, según la Organización Internacional de Constructores de Automóviles (OICA) en la actualidad existe una relación de 180 veh/1000 habitantes a nivel mundial [1].

Por lo tanto, este elevado número de vehículos por cada habitante genera, congestión vehicular, altos niveles de contaminación, estrés en los conductores y gastos excesivos de movilización, lo cual ha dado como consecuencia que existan varios estudios respecto a dicha problemática. Según el informe de la consultora internacional (INRIX) se evaluó la situación respecto a la movilización de 1360 diferentes ciudades a nivel mundial, de todas estas, la ciudad de los Ángeles EE.UU. es la más crítica, generando un elevado costo de movilización de pasajeros con 9.8 millones de dólares anuales, adicional a esto, la contaminación generada por el parque

automotor es alarmante, por los altos niveles de CO₂ [2].

El sector del transporte a nivel mundial demanda un 34% de la energía global producida, de este número el 20% es destinado a los vehículos de pasajeros, según la Agencia Internacional de Energía (IEA), esta elevada cifra de consumo energético demandado por estos vehículos generan el 16% de emisiones de CO₂ a nivel mundial [1], [3].

Para solucionar esta problemática es importante promocionar diferentes tipos de movilización más eficientes, de este modo las políticas públicas deben tener una estructura clara, debido a que los siguientes factores van a afectar directamente al desarrollo de este nuevo método de transporte y concientización de movilización, estos factores son: flujos vehiculares, factores de emisión, crecimiento del parque automotor y demanda energética específica [4].

Enfocados en el tema de estudio, una de las variables más importantes es la demanda de energía específica, que básicamente consiste en la energía consumida por un medio de transporte o una persona en una ruta determinada.

Existen diferentes maneras de calcular la demanda de energía específica, una de estas se da mediante un simulador llamado MAED, el mismo que evalúa la demanda energética en una región, país o sector donde se desee realizar dicho análisis, de este modo este simulador permite recopilar información de consumo de energía específica por un corto o largo plazo [5].

En la Universidad Técnica Federico Santa María en Chile, se analizó la tendencia de movilidad de los estudiantes mediante una encuesta de tipo origen – destino, la cual se demostró que el 50% de los viajes de un total de 1 263 663 que se realizan diariamente se los hace en vehículos motorizados, pero no se determinó cual es la demanda de energía específica de los vehículos y personas [6].

En Barcelona, de acuerdo al análisis realizado en un estudio de transporte, movilidad y consumo energético para el área metropolitana de la ciudad, el consumo de energía para el autobús es de 0,58 MJ pasajero/km y para el vehículo privado oscila entre 3,7 y 4,7 MJ pasajero/km. De esa manera se desprende una conclusión, el uso del sistema de transporte público de forma colectiva es prioritario en comparación al uso del vehículo

privado[7].

En la ciudad de Sevilla, España, se realizó un estudio sobre al tipo de movilización de los estudiantes de la Universidad de Sevilla, el mismo tuvo como base metodológica la recopilación y análisis de datos sobre el modo de movilización de la población universitaria. Diariamente dicha institución recibe 14 834 alumnos, los resultados obtenidos en este estudio muestran que el consumo de combustible diario es de 4,9 Tep (toneladas equivalentes de petróleo), con esta información se implementó una campaña en la que los universitarios obtengan un carnet de descuento anual para el uso de transporte público, el cual tenía como beneficio un descuento del 34% respecto al precio total del pasaje de bus [8].

En el cantón Cuenca, Ecuador el parque automotor tuvo un crecimiento anual del 5% dentro de los años 2013 y 2016. Según la Empresa de Movilidad de Tránsito y Transporte (EMOV), la cantidad de vehículos matriculados en el año 2016 fue de 92 446, como consecuencia del elevado número de vehículos en la ciudad, el índice de contaminación por efecto del parque automotor llegó a ser de 2,42 Ton de CO₂ por cada habitante, según el Banco Internacional de Desarrollo (BID) sobre emisiones de gases de efecto invernadero[9], [10].

Del total de viajes en la zona urbana de Cuenca, un 19% es consecuencia de la movilidad estudiantil, por lo tanto los centros de educación superior serán analizados a lo largo de este estudio [11].

El objetivo de este estudio será estimar el consumo energético específico de la movilidad en transporte público y privado, en centros de educación superior en el cantón Cuenca.

Para ello se ha estructurado este trabajo de la siguiente manera; en la sección de materiales y métodos se explicará el proceso metodológico que se utilizó para llevar a cabo la determinación de la demanda energética específica, posteriormente se detallará cuáles fueron las actividades para el levantamiento y procesamiento de los datos. En la sección de resultados se mostrará los datos tabulados de manera gráfica y finalmente se discutirá y concluirá sobre la relevancia de la determinación de la demanda energética específica en la ciudad de Cuenca.

II. METODOLOGÍA

En esta sección se definirán los materiales y métodos que se utilizan para el estudio sobre la estimación de consumo energético específico que es demandado por la población universitaria de la ciudad de Cuenca. En una primera parte se realiza encuestas en cada una de las instituciones de educación superior, sobre el tipo de movilización. Posterior a esto se levantarán datos de consumo de combustible en las distintas rutas del casco urbano de la ciudad, tanto en transporte privado como en transporte público, los mismos serán evaluados en términos energéticos, al final del estudio se expondrá el consumo específico per-cápita de energía utilizado.

A. Materiales.

ELM327 OBD II.

El dispositivo ELM327 es un componente electrónico que ayuda a monitorear distintos parámetros del vehículo, los mismos que serán utilizados para calcular el consumo de combustible del vehículo, las variables a considerar son: Consumo instantáneo de combustible, tiempo total de recorrido, distancia recorrida y velocidad del vehículo. La utilización del dispositivo se da mediante la colocación directa en el conector OBDII del vehículo. Este dispositivo se conecta vía bluetooth a un teléfono móvil que cuenta con la aplicación precargada llamada "TorquePro", el mismo guarda archivos de tipo ".CSV", los datos que se recopilan segundo a segundo en el teléfono móvil, se descargan en un ordenador y se los exporta a una hoja de cálculo, utilizándolos para la estimación de consumo energético.

La validación del dispositivo de medición ELM327, se realiza mediante pruebas físicas de consumo de combustible, en un dinamómetro de chasis, bajo las normas SAEJ2263 siguiendo ciclos de conducción de carretera (HWFET) y urbanos (FTP75).

Tabla I. Datos Técnicos elm327.

Conexión	Bluetooth
Resolución	0.01 Km / h
Compatibilidad	SAE J1850 y CAN BUS
Velocidad de actualización	1 Hz

Vehículo.

En esta parte se muestra los datos técnicos del vehículo que será utilizado para el levantamiento de información del consumo de combustible que servirá para el cálculo del consumo energético en ruta para las instituciones de educación superior.

Tabla II. Datos Técnicos del Vehículo.

Marca	Chevrolet
Vehículo	Captiva Sport
Año	2016
Cilindraje	2400 [cm3]
Potencia	182 [HP]
Consumo urbano	8.5 [Km/l]
Combustible	Gasolina

B. Metodología

Para la primera parte de la investigación, se indagó sobre el número de personal administrativo, docentes y estudiantes, de cada una de las instituciones de educación superior de la ciudad de Cuenca, de esta manera se determinó la población universitaria por cada facultad y carrera dentro del campus universitario a realizar el análisis.

Una vez determinada la población universitaria, se calcula una muestra poblacional representativa (1), en cada carrera y facultad, de esta manera se procede a realizar encuestas de forma aleatoria en los diferentes horarios (Matutino, Vespertino y Nocturno) a los administrativos, docentes y estudiantes que asisten al campus que se analizará en cada institución.

$$n = \frac{Z^2 p q N}{(e^2 (N-1)) + Z^2 p q}$$

(1)

Muestra Poblacional.

n = Tamaño de la muestra.

N = Población o universo.

Z = Nivel de confianza.

p = Probabilidad a favor.

q = Probabilidad en contra.

e = Error muestral.

Al momento de estructurar la encuesta que consta de 4 preguntas, las mismas que engloban la forma de movilización, sector de la ciudad desde donde se movilizan, tipo de movilización

y el número de veces que cada individuo se dirige hacia el campus universitario. Dicha encuesta tiene como finalidad conocer cuál es la forma de movilización de la población universitaria y cuáles son los sectores de la ciudad desde donde existe mayor generación de viajes, ya que según el GAD municipal de la ciudad existen 21 sectores definidos en el casco urbano de Cuenca [12].

Una vez filtrada toda la información recopilada de las encuestas, se obtendrán resultados que reflejarán: el tipo de transporte que más se utiliza, el sector desde donde existe mayor generación de viajes y la línea de bus más demandada. De acuerdo a esto, si la población universitaria prefiere más el transporte privado, se trazará una ruta por la red vial de la ciudad, que se comprenderá entre el sector desde donde hay mayor generación de viajes y el campus universitario que está siendo estudiado. En cuanto al transporte público, si existe un mayor uso de este medio de transporte, se seleccionará la línea de bus que tenga una demanda más alta, la misma que a lo largo de su recorrido cubra la ruta del sector desde donde existe mayor generación de viajes hasta el campus universitario que está siendo estudiado.

Al momento de observar que existe un mayor uso del transporte privado se procede a trazar una ruta de llegada al campus de estudio, al seleccionar la ruta de llegada a la universidad se toma en cuenta las vías de mayor aglomeración vehicular, al igual que se consideran las vías principales que cubren la ruta entre el sector de mayor generación de viajes y la institución de educación superior.

Una vez trazada la ruta, se procede a levantar los datos de consumo de combustible del vehículo con la ayuda de ELM327 como se explicó anteriormente, al tener filtrada toda la información de los recorridos se calcula el consumo energético demandado por el medio de transporte con las fórmulas que se muestran a continuación.

Consumo energético.

"Los motores basan su funcionamiento en el proceso de combustión, cuyo resultado es la liberación de la energía contenida en los enlaces químicos en forma de energía térmica"

En base a lo mencionado anteriormente utilizamos el enunciado de la potencia térmica

liberada. Dónde:

$$\dot{Q}_{lib} = mf PC \quad (2)$$

Potencia Térmica

Q_{lib} = Potencia térmica liberada.

mf = Gasto de combustible.

Z = Poder calorífico del combustible. (MJ/l)

Al hacer una relación entre consumo de combustible por kilómetro recorrido y poder calorífico en función de energía liberada, obtenemos la siguiente ecuación:

$$a \frac{\text{kWh}}{\text{L}} \quad b \frac{\text{L}}{\text{km}} = c \frac{\text{kWh}}{\text{km}} \quad (3)$$

Donde a, b y c son valores que se van obteniendo con cada recorrido en ruta, dependiendo el consumo de combustible.

Para obtener el consumo energético per cápita (por persona), se divide el valor encontrado en la ecuación 2, para el número de pasajeros que se movilizan en el medio de transporte que es analizado.

$$c \frac{\text{kWh}}{\text{km}} / n \text{ pasajeros} = \frac{\text{kWh}}{P \text{ km}} \quad (4)$$

III. RESULTADOS.

En esta sección se mostraran los resultados de cada una de las instituciones de educación superior que fueron estudiadas.

Para el cálculo de consumo energético específico en el vehículo privado es tomado en cuenta solo si el uso del mismo es mayor que el del transporte público.

El plan de movilidad de la ciudad de Cuenca, muestra que la tasa de ocupación del transporte público es de 6 Pasajeros / veh-km. Haciendo una relación con respecto al número de unidades, kilómetros recorridos por todas las unidades y pasajeros movilizadas anualmente se obtiene un promedio de ocupación de 35 pasajeros por unidad. Siendo las líneas de bus 7, 22 y 28 las más utilizadas para la movilización de la población de la ciudad de Cuenca.

De esta forma con una relación dada entre kJ y kWh obtenemos que 1 kWh es igual a 3,600 kJ y por cada litro de combustible se tiene 8,220

kWh de energía contenida, esto cuando es gasolina y 10,111 kWh cuando se trata de diésel, esto con los combustibles locales que son utilizados en los medios de transporte de este estudio.

A. Universidad del Azuay

La institución consta con un total de 7 473 personas divididas entre personal administrativo y estudiantes. De los cuales se considera el 94% del total de la población corresponden al campus localizado en la Av. 24 de mayo y Hernán Malo.

Tabla III. Población Universitaria – Universidad del Azuay.

Personal administrativo	Estudiantes	Total	Total considerados
724	6749	7473	7018

Movilización Universitaria.

El gráfico I muestra la división porcentual de la movilización de la población universitaria, donde el transporte privado tiene una ponderación de 55%, el transporte público cuenta con el 40%, el uso de bicicleta llega al 3% y el restante porcentual corresponde a los individuos que llegan caminando al campus universitario.

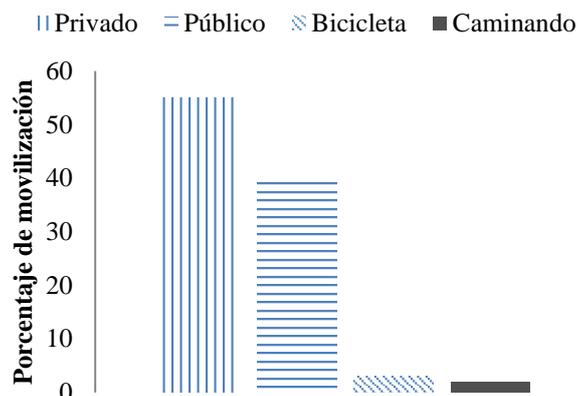


Gráfico I. Movilización universitaria – Universidad del Azuay.

Transporte Público.

Para los usuarios de este medio de transporte existen tres diferentes líneas de bus que llegan hasta el campus universitario, las cuales se muestran en la tabla IV, aquí se observa la división porcentual respecto al uso y necesidad de la población universitaria, tomando la línea 16 como la más utilizada para moverse hacia la Universidad del Azuay con un 45%.

Tabla IV. Uso del transporte público.

Línea 16	Línea 22	Línea 25	Otras.
45%	36%	19%	0%

Sectorización de movilización.

Al observar el gráfico II, se puede apreciar la sectorización de la ciudad de Cuenca, los tres sectores con mayor ponderación corresponden a Monay con un 14%, Yanuncay con un 13% y finalmente el Centro Histórico con un 12%, el porcentaje restante se divide entre los 18 sectores restantes correspondientes a la delimitación territorial del casco urbano de la ciudad.

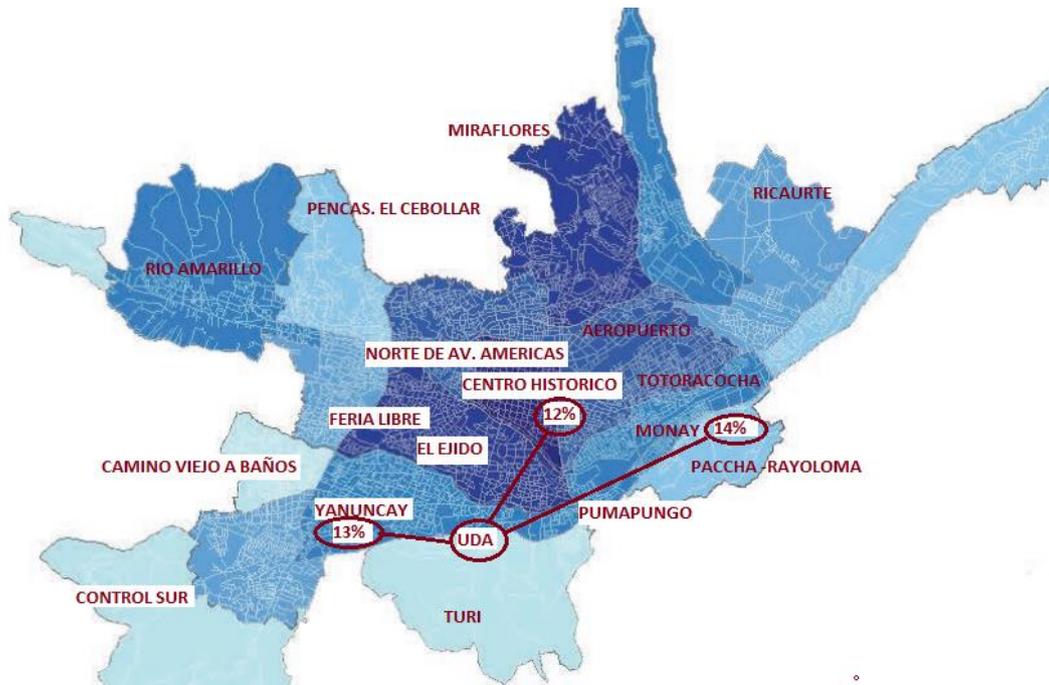


Gráfico II. Sectorización universidad del Azuay.

Una vez filtrada toda la información de las encuestas realizadas en la Universidad del Azuay y verificando que el transporte privado fue el más utilizado en esta institución, se procede a calcular el consumo energético en ruta.

Según Ordoñez, (2016) se plantearon rutas con punto de inicio y final para la Universidad del Azuay de esta manera existen varias opciones de recorridos que cubran todas las macro zonas de Cuenca: Yanuncay, El Ejido, Centro Histórico (C.H), Aeropuerto, Miraflores y Parque Industrial. Las rutas varían entre los 5 y 7 km aproximadamente debido a que la composición vehicular refleja que los automóviles livianos son los principales elementos que circulan por las vías de la ciudad representando un 90.08% del total, 2.70% buses, 3.57% carga, 2.94% motos y tan solo un 0.71% se desplaza en bicicletas [13].

La mayor saturación en la red vial de la ciudad de Cuenca se da en los horarios de 18:00 a 19:00 horas, por lo tanto, el levantamiento de datos para calcular el consumo energético para la Universidad del Azuay se lo realizó en el horario mencionado, ya que este es el escenario más crítico, donde se ve un incremento en el tráfico vehicular del 92% con respecto a una hora valle [14].

Consumo Energético Transporte privado.

Tabla V. Consumo energético Ruta 1 (C.H)

Energía consumida en ruta	Energía consumida en ruta por pasajero
0.670 kWh/km	0.335 kWh/km P
3.885 kWh/5.800 km	1.942 kWh/5.800 km P

Tabla VI. Consumo energético Ruta 2 (Monay)

Energía consumida en ruta	Energía consumida en ruta por pasajero
0.876 kWh/km	0.438 kWh/km * P
5.855 kWh/6.680 km	2.927 kWh/6.680 km P

Tabla VII. Consumo energético Ruta 3 (Yanuncay)

Energía consumida en ruta	Energía consumida en ruta por pasajero
0.834 kWh/km	0.417 kWh/km * P
3.723 kWh/4.45 km	1.861 kWh/4.45 km P

Consumo Energético Transporte público.

El plan de movilidad de la ciudad de Cuenca, muestra que la tasa de ocupación del transporte público es de 6 Pasajeros / veh-Km.[15]

Tabla VIII. Consumo energético Línea 22 (C.H)

Energía consumida en ruta	Energía consumida en ruta por pasajero
3.829 kWh/km	0.109 kWh/km P
18.383 kWh/4.800 km	0.525 kWh/4.800 km P

Tabla IX. Consumo energético Línea 16 (Monay)

Energía consumida en ruta	Energía consumida en ruta por pasajero
3.829 kWh/km	0.109 kWh/km P

22.596 kWh/5.900 km	0.645 kWh/5.900 km P

<i>en ruta</i>	<i>por pasajero</i>
3.829 kWh/km	0.109 kWh/km P
16.468 kWh/4.300 km	0.470 kWh/4.300 km P

Tabla X. Consumo energético Línea 25 (Yanuncay)

<i>Energía consumida</i>	<i>Energía consumida en ruta</i>
--------------------------	----------------------------------

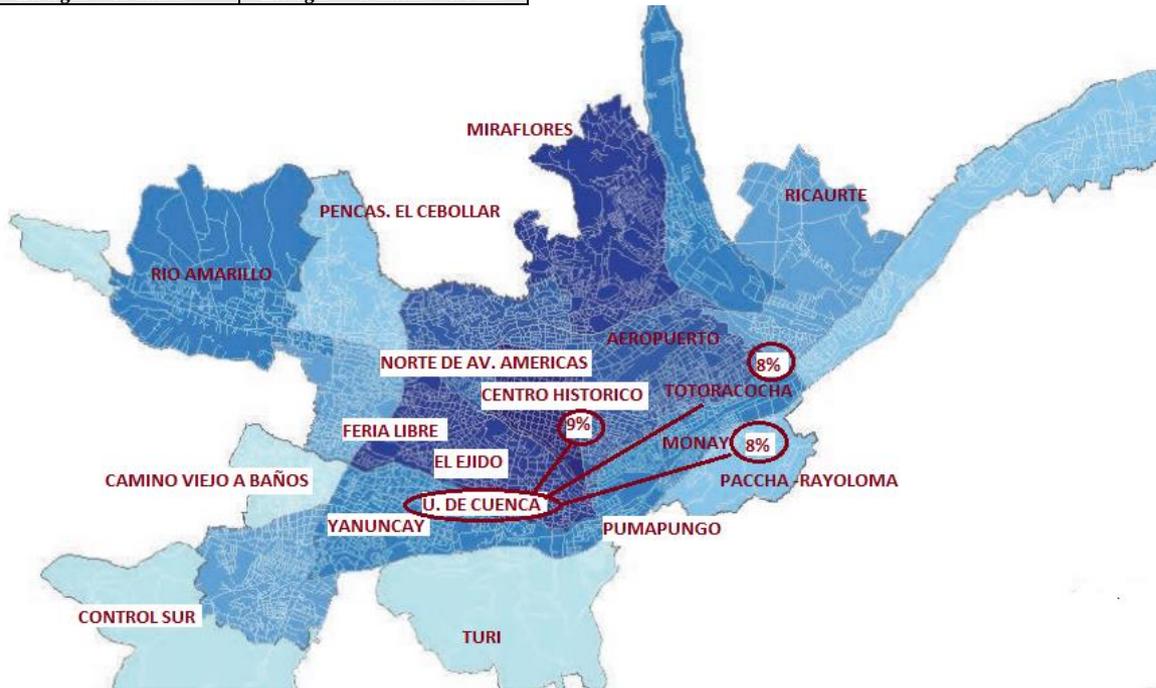


Gráfico III. Sectorización universidad de Cuenca

B. Universidad de Cuenca

En la tabla XI se muestra la población universitaria de la Universidad de Cuenca, se considerará un total de 9 976 individuos que asisten frecuentemente al campus ubicado en la Av. 12 de Abril y Av. Loja, esta localidad engloba la mayor cantidad de facultades y oficinas.

Tabla XI. Población Universitaria – Universidad de Cuenca

<i>Administrativos y Docentes.</i>	<i>Estudiantes</i>	<i>Total</i>	<i>Población Considerada</i>
1928	15097	17025	9976

Movilización Universitaria.

El gráfico III muestra la división porcentual de la movilización de la población universitaria, donde el transporte privado tiene una ponderación de 21%, el transporte público cuenta con el 67%, el uso de bicicleta llega al 1% y el restante porcentual corresponde a los individuos que llegan caminando al campus universitario.

▨ Privado ▨ Público ■ Bicicleta ▨ Caminando

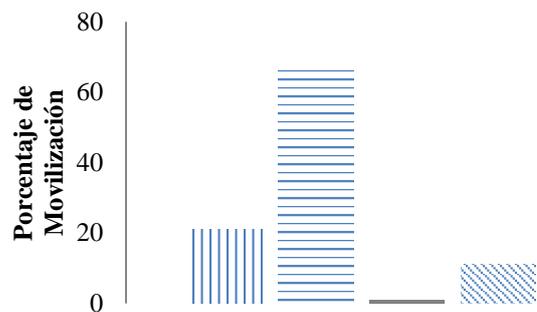


Gráfico VI. Movilización universitaria – universidad de Cuenca Transporte Público.

Para los usuarios de este medio de transporte existen 20 diferentes líneas de bus que llegan hasta el campus universitario, la tabla XIV muestra las tres líneas más utilizadas por la población universitaria, tomando la línea 7 como la más demandada para movilizarse hacia la Universidad de Cuenca con un 34%.

Consumo Energético Transporte público.

Las líneas de bus con mayor ponderación, que coinciden con los sectores que generan el mayor número de viajes hacia el campus son:

líneas 5, 7 y 16.

Tabla XII. Uso de transporte público

Línea 5	Línea 7	Línea 16	Otras
23%	34%	13%	30%

Sectorización de movilización.

Al observar el gráfico IV, se puede apreciar la sectorización de la ciudad de Cuenca, los tres sectores con mayor ponderación corresponden a Monay con un 8%, Totoracocha con un 8% y finalmente Centro Histórico con el 9%, el porcentaje sobrante se divide entre los 18 sectores restantes correspondientes a la delimitación territorial del casco urbano de la ciudad.

En éste campus el transporte público tiene

mayor demanda, por lo tanto, el consumo energético específico se obtiene de las tres líneas de bus más representativas.

Tabla XIII. Consumo energético Línea 5

Energía consumida en ruta	Energía consumida en ruta por pasajero
3.829 kWh/km	0.109 kWh/km P
26.426 kWh/6.900 km	0.755 kWh/6.900 km P

Tabla XIV. Consumo energético Línea 16

Energía consumida en ruta	Energía consumida en ruta por pasajero
3.829 kWh/km	0.109 kWh/km * P
34.086 kWh/8.900 km	0.973 kWh/8.900 km P

Tabla XVI. Consumo energético Línea 7

Energía consumida en ruta	Energía consumida en ruta por pasajero
3.829 kWh/km	0.109 kWh/km P
36.384 kWh/9.500 km	1.039 kWh/9.500 km P

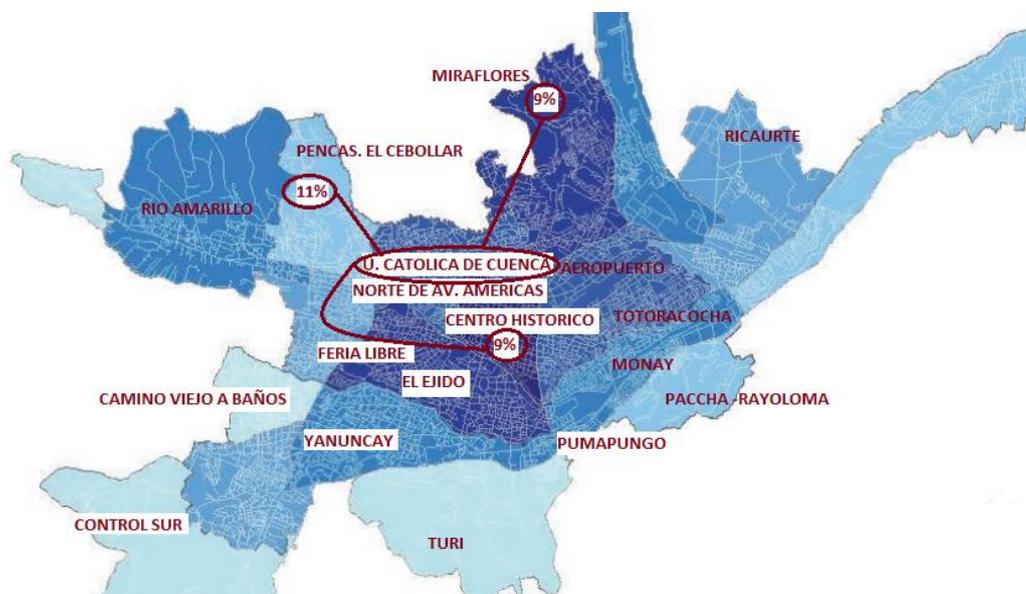


Gráfico V. Sectorización universidad Católica de Cuenca.

C. Universidad Católica de Cuenca

En esta institución la población es de 9 293 personas, pero, tiene diferentes campus en la ciudad, por lo que el análisis se consideró únicamente en el lugar con mayor afluencia de personas siendo el 52,2% de la población.

Movilización Universitaria.

El gráfico V muestra la división porcentual de la movilización de la población universitaria, donde el transporte privado tiene una ponderación de 36%, el transporte público

Tabla XV. Población Universitaria – Universidad Católica

Personal administrativo	Estudiantes	Total	Total considerados
821	8472	9293	4850

cuenta con el 46%, el uso de bicicleta llega al 1% y el restante porcentual corresponde a los individuos que llegan caminando al campus universitario.

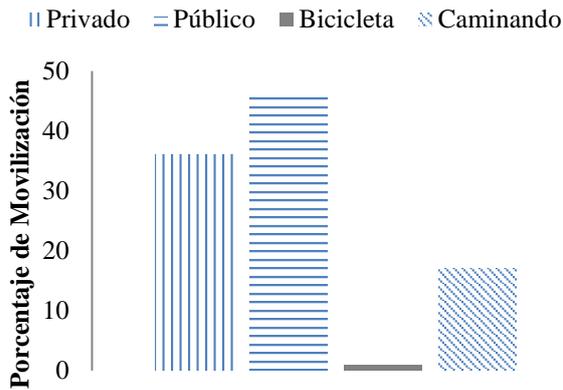


Gráfico VI. Movilización universitaria – universidad Católica

Transporte Público.

Para los usuarios de este medio de transporte existen 16 diferentes líneas de bus que llegan hasta el campus universitario, la tabla XVII muestra las tres líneas más utilizadas por la población universitaria, tomando la línea 18 como la más demandada para movilizarse hacia la Universidad Católica de Cuenca con un 35%.

Consumo Energético Transporte público.

Las líneas de bus con mayor ponderación, que coinciden con los sectores desde donde se genera el mayor número de viajes hacia el campus son: líneas 16, 18 y 20.

Línea 16	Línea 18	Línea 20	Otras
19%	35%	22%	24%

Sectorización población Universitaria.

Al observar el gráfico VI, se puede apreciar la sectorización de la ciudad de Cuenca, los tres sectores con mayor ponderación corresponden a Basílica con un 11%, Miraflores con un 8% y finalmente Centro Histórico con el 9%, el porcentaje sobrante se divide entre los 18 sectores restantes correspondientes a la delimitación territorial del casco urbano de la ciudad.

Tabla XVIII. Consumo Energético Línea 16

Energía consumida en ruta	Energía consumida en ruta por pasajero
3.829 kWh/km	0.109 kWh/km P
15.69 kWh/4.100 km	0.448 kWh/4.100 km P

Tabla XIX. Consumo Energético Línea 18

Energía consumida en ruta	Energía consumida en ruta por pasajero
3.829 kWh/km	0.109 kWh/km P
11.94kWh/3.120 km	0.341 kWh/3.120 km P

Tabla XXI. Consumo Energético Línea 20

Energía consumida en ruta	Energía consumida en ruta por pasajero
3.829 kWh/km	0.109 kWh/km P
11.86kWh/3.100 km	0.338 kWh/3.100 km P

Tabla XVII. Uso de transporte publico

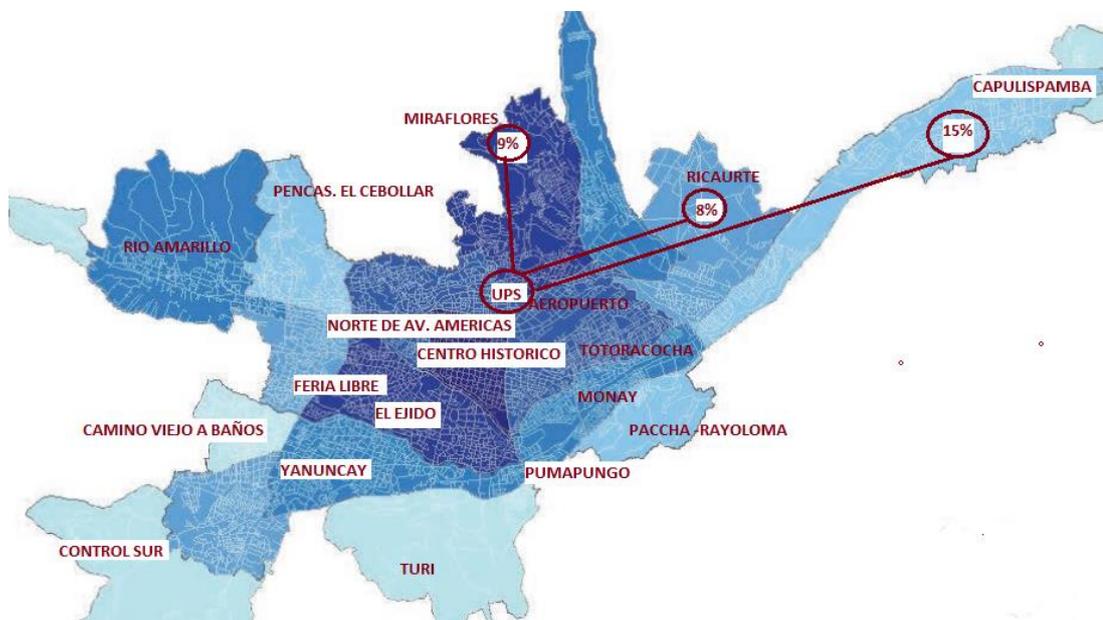


Gráfico VII. Sectorización universidad Politécnica Salesiana.

D. Universidad Politécnica Salesiana

En la base de datos de la universidad existe un total de 7.288 individuos entre personal administrativo, docentes y estudiantes. Al tener todas las escuelas en un solo campus se consideró el mismo número total de población.

Tabla XX. Sectores con mayor número de viajes

Personal administrativo	Estudiantes	Total	Total considerados
465	6.823	7.288	7.288

Movilización Universitaria.

El gráfico VII muestra la división porcentual de la movilización de la población universitaria, donde el transporte privado tiene una ponderación de 22%, el transporte público cuenta con el 64%, el uso de bicicleta llega al 1% y el restante porcentual corresponde a los individuos que llegan caminando al campus universitario.

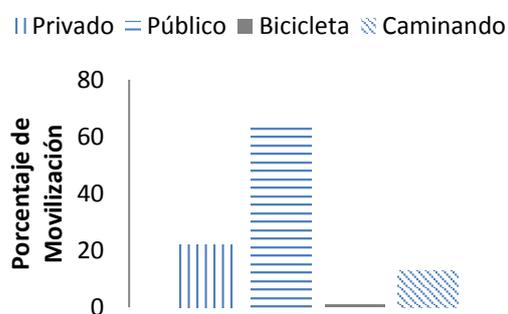


Gráfico VIII. Movilización Universitaria – Universidad Politécnica Salesiana

Transporte Público.

Para los usuarios de este medio de transporte existen 7 diferentes líneas de bus que llegan hasta el campus universitario, la tabla XXI muestra las tres líneas más utilizadas por la población universitaria, tomando la línea 19 como la más demandada para movilizarse hacia la Universidad Politécnica Salesiana con un 19%.

Consumo Energético Transporte público.

Las líneas de bus con mayor ponderación, que coinciden con los sectores que generan el mayor número de viajes hacia el campus son: líneas 100, 18 Y 28.

La línea de bus con número 100 es la más representativa y mayormente utilizada debido a

que esta tiene el servicio de trasbordo.

Tabla XXII. Líneas de buses más utilizadas.

Línea 18	Línea 100	Línea 28	Otros
15%	19%	7%	62%

Sectorización población Universitaria.

Al observar el gráfico VI, se puede apreciar la sectorización de la ciudad de Cuenca, los tres sectores con mayor ponderación corresponden a Capulispamba con un 15%, Miraflores con un 9% y finalmente Ricaurte con el 8%, el porcentaje sobrante se divide entre los 18 sectores restantes correspondientes a la delimitación territorial del casco urbano de la ciudad.

De igual forma, para la estimación del consumo energético específico, se toman las líneas de bus con mayor demanda de movilización de personas hacia el campus, calculado para la ruta y por pasajero.

Tabla XXIII. Consumo Energético Línea 18

Energía consumida en ruta	Energía consumida en ruta por pasajero
3.829 kWh/km	0.109 kWh/km * P
14.16kWh/3.700 km	52.39 kWh/3.700 km P

Tabla XXIV. Consumo Energético Línea 28

Energía consumida en ruta	Energía consumida en ruta por pasajero
3.829 kWh/km	0.109 kWh/km P
31.16kWh/8.140 km	0.890 kWh/8.140 km P

Tabla XXV. Consumo Energético Línea 100

Energía consumida en ruta	Energía consumida en ruta por pasajero
3.829 kWh/km	0.109 kWh/km * P
13.01kWh/3.400 km	0.371 kWh/3.400 km P

IV. CONCLUSIONES.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se realizó una comparación respecto al uso del transporte privado de cada una de las instituciones de educación superior, de esta forma se muestra que la universidad del Azuay es la que demanda mayor uso de este medio de transporte en comparación a las demás instituciones de educación superior, con el 30% de su uso, seguido por la universidad de Cuenca con el 29%, la universidad Católica con el 27%, y finalmente la universidad Politécnica Salesiana con el 14%, estos resultados se

muestran en el gráfico VIII.

Una vez obtenidos los resultados respecto al uso de transporte privado, se analizaron los mismos y se llegó a la conclusión, que el uso de este medio de transporte es directamente proporcional a las plazas de parqueo existentes en cada una de las instituciones, se identificó que la universidad del Azuay cuenta con tres parqueaderos para estudiantes que albergan alrededor de 70 vehículos cada uno, adicional a estos el campus tiene dos parqueaderos para profesores y personal administrativo de la institución, además en las calles aledañas a la universidad no existe restricción de parqueo y los estudiantes hacen uso de las vías para dejar su vehículo estacionado en dicho espacio.

El costo de aparcamiento es otro de los factores que influyen en la decisión del tipo de movilización de los estudiantes, por ejemplo, el costo de entrada a los parqueaderos de la universidad del Azuay es de \$ 1.00, el mismo que no cuenta con un tiempo límite de parqueo, a diferencia en la universidad Católica, el valor promedio que se maneja en este parqueadero es de 40 centavos la hora, y al tener una jornada completa de 8 horas de clases el pago diario puede llegar a ser de \$3.20 en promedio.

■ U.Católica ■ UDA ■ UPS ■ U.Cuenca

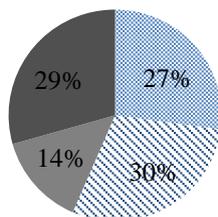
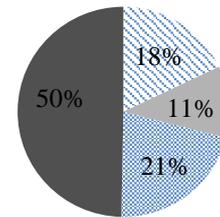


Gráfico IX. Utilización del transporte privado en diferentes campus universitarios.

La comparativa en cuanto al transporte público, muestra que en la universidad de Cuenca existe un mayor índice de uso de transporte público debido a que avenidas cercanas a esta institución transitan un mayor número de líneas de bus en comparación a las demás universidades, para la universidad Politécnica Salesiana el índice de uso de este medio de transporte es del 21%, la universidad Católica con el 18% y para la universidad del Azuay el 11%. Para esta última universidad,

existen solo tres diferentes líneas de bus que circulan por la zona donde se encuentra ubicado el campus universitario, ver en el gráfico IX.



■ U.Católica ■ UDA ■ UPS ■ U.Cuenca

Gráfico X. Utilización del transporte público en diferentes campus universitarios.

Al momento de analizar la infraestructura de cada uno de los campus universitarios y la accesibilidad que puede tener un ciclista a los mismos, se llegó a la conclusión de que tanto la universidad de Cuenca como la universidad del Azuay son las 2 instituciones más aptas para albergar a una persona que se movilice en este medio de transporte, esto se ve reflejado en los resultados que se muestran en el gráfico X, las universidades de Cuenca y del Azuay tiene una ponderación del 36% cada una respecto al de uso de bicicleta, la universidad Politécnica Salesiana con un 17% y finalmente la universidad Católica de Cuenca con un 11% de utilización de este medio de transporte. Como se dijo anteriormente esto se debe a la ubicación de las instituciones, la universidad Católica de Cuenca, se ubica en la parte alta de la ciudad, lo que significa que un ciclista debe vencer las empinadas calles de Cuenca para llegar a esta institución, además de esto, el campus de dicha universidad se encuentra al pie de una vía rápida como es la avenida de las Américas, la cual no dispone de un carril exclusivo para los usuarios de este medio de transporte.

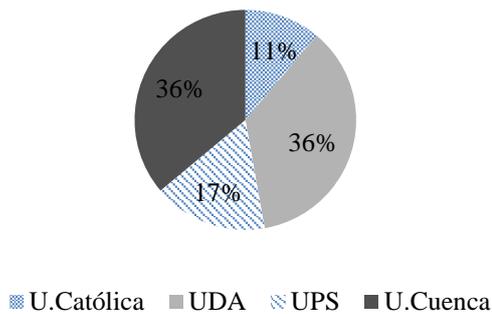


Gráfico X. Utilización de la bicicleta en diferentes campus universitarios.

El método de caminar hacia la universidad, en la siguiente comparativa, la universidad de Cuenca lidera con el 41%, la universidad Católica con un 34%, la universidad Politécnica con un 23% finalmente la universidad del Azuay con el 2%, grafico XI. En este caso la universidad del Azuay tiene una baja demanda en este modo de movilización, lo que significa que gran parte de las personas se trasladan mediante otro tipo de transporte por los motivos mencionados antes.

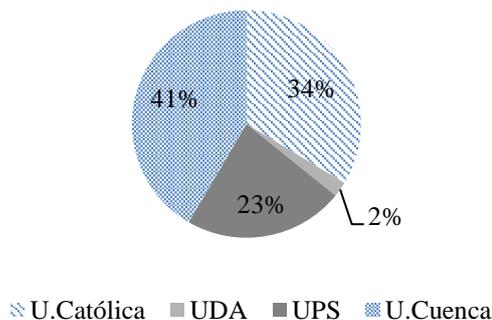


Gráfico XI. Personas que llegan caminando al campus universitario.

En promedio, el consumo energético específico entre las cuatro universidades estudiadas es de 0.546 kWh/km P para transporte público y 2.243 kWh/ km P para transporte privado, de esta manera al culminar el análisis, pudo identificar que el consumo energético específico per cápita en transporte público consume una cuarta parte de lo que demanda la movilidad en vehículo privado.

V. REFERENCIAS.

- [1] U. Kingdom and E. N. E. W. Members, "World Vehicles in Use - All Vehicles," vol. 2012, pp. 21–23, 2011.
- [2] G. Cookson and B. Pishue, "INRIX Global Traffic Scorecard," *Inrix Glob. Traffic Scorec.*, no. February, p. 44, 2017.
- [3] International Energy Agency (IEA), "Energy Efficiency Indicators Highlights (2017 edition)," *Int. Energy Agency*, p. 102, 2017.
- [4] F. M. Kreuzer and G. Wilmsmeier, "Eficiencia energética y movilidad en América latina y el Caribe," p. 305, 2014.
- [5] M. B. Martín and E. R. Ramos, "Modelo para el Análisis de la Demanda de Energía," *Univ. Sevilla*, 2014.
- [6] L. Á. a, L. S. a, M. S. C, and G. Valparaíso, "La Movilidad Cotidiana Universitaria: University Students ' Daily Commuting: Greater Valparaiso Case Study 1," no. May 2009, pp. 19–77.
- [7] V. Gozávez Pérez and J. A. Marco Molina, "Energía y territorio : dinámicas y procesos : comunicaciones," *PATRONES Movil. Y Consum. ENERGÉTICO EN LA Ciudad DIFUSA EL CASO DEL Munic. LLIÇÀ D'AMUNT EN EL ÀREA Metrop. BARCELONA**, 2011.
- [8] F. Lucas-García, J. Racero-Moreno, C. Torrecillas, and J. M. García-Sánchez, "Análisis de la movilidad en campus universitarios integrados en zonas urbanas.," *Anal. Integr. Mobil. Coll. campus urban areas.*, vol. 91, no. 3, pp. 336–345, 2016.
- [9] Empresa de movilidad, transito y transporte "EMOV 2016," *Rendicion cuentas EMOV 2016*, p. 61, 2016.
- [10] BID, "Ciudad ciudad sostenible / Plan de acción," *Bid*, 2014.
- [11] C. El Plan *et al.*, "¿ CÓMO SE MUEVEN LOS CUENCANOS ?"
- [12] K. Ojo, R. Amoako-sakyi, and W. Agyeman, "Students ' Satisfacti on of Campus Shuttling Bus Services: a Qualbus Approach," *Manag. Res. Pract.*, vol. 7, no. 1, pp. 68–79, 2015.
- [13] S. Ordoñez, "Evaluación de una

- bicicleta eléctrica como alternativa de movilidad en la ciudad de Cuenca,” p. 133, 2016.
- [14] U. D. E. L. Azuay, “Universidad del azuay facultad de medicina,” *“Etimación los sobrecostos por Congest. Veh. en rutas la Ciudad Cuenca” Fac. Cienc. y Technol. UDA, 2017*, vol. m asd, 2009.
- [15] E. O. Destino, “Plan de movilidad de cuenca,” p. 10, 2010.