	<b>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</b>			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	<b>FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO</b>	<b>F-AC-DBL-007</b>	<b>10-04-2012</b>	<b>A</b>
	Dependencia	Aprobado		Pág.
	<b>DIVISIÓN DE BIBLIOTECA</b>	<b>SUBDIRECTOR ACADEMICO</b>		<b>1(76)</b>

### RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	<b>LUISA FERNANDA NAVARRO ROSO ASBLEIDY JOHANA SARABIA MORA</b>		
FACULTAD	<b>DE INGENIERIAS</b>		
PLAN DE ESTUDIOS	<b>INGENIERIA CIVIL</b>		
DIRECTOR	<b>ANDREA STEFANNIA AREVALO TAMARA</b>		
TÍTULO DE LA TESIS	<b>MODELACION DE ELECCION MODAL EN TRANSPORTE A PARTIR DEL USO DE LA BICICLETA: ANALISIS SOBRE LA MOVILIDAD UTILIZANDO DISTRIBUCION LOGIT MULTINOMIAL</b>		
<b>RESUMEN</b> (70 palabras aproximadamente)			
<p>EL PRESENTE TRABAJO CONTIENE LOS RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN DE UN MODELO ECONÓMICO LOGIT MULTINOMIAL EN BIOGEME PARA ANALIZAR LA PROBABILIDAD DEL USO DE LA BICICLETA POR PARTE DE LA COMUNIDAD UNIVERSITARIA, CON EL FIN DE OBSERVAR LA CULTURA QUE SE TIENE FRENTE AL CICLISMO COMO UN MODO DE TRANSPORTE SOSTENIBLE.</p> <p>EL ANALISIS CONSISTIO EN APLICAR ENCUESTAS A USUARIOS DE LA UFPSO SOBRE EL MODO DE TRANSPORTE UTILIZADO PARA SUS VIAJES HACIA EL CAMPUS UNIVERSITARIO, IGUALMENTE, SE REALIZARON TRES RUTAS MODELO LLEVANDO CONSIGO UN GPS, EL CUAL MUESTRA EL RECORRIDO REALIZADO Y COORDENADAS GEOGRÁFICAS PARA SU ILUSTRACIÓN</p>			
<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
PÁGINAS: 76	PLANOS:	ILUSTRACIONES: 3	CD-ROM: 1



VÍA ACOLSURE, SEDE EL ALGODONAL OCAÑA N. DE S.  
Línea Gratuita Nacional 018000 121022 / PBX: 097-5690088  
[www.ufpso.edu.co](http://www.ufpso.edu.co)



**MODELACION DE ELECCION MODAL EN TRANSPORTE A PARTIR DEL USO  
DE LA BICICLETA: ANALISIS SOBRE LA MOVILIDAD UTILIZANDO  
DISTRIBUCION LOGIT MULTINOMIAL.**

**LUISA FERNANDA NAVARRO ROSO  
ASBLEIDY JOHANA SARABIA MORA**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA  
FACULTAD DE INGENIERIAS  
INGENIERIA CIVIL  
OCAÑA  
2015**

**MODELACION DE ELECCION MODAL EN TRANSPORTE A PARTIR DEL USO  
DE LA BICICLETA: ANALISIS SOBRE LA MOVILIDAD UTILIZANDO  
DISTRIBUCION LOGIT MULTINOMIAL.**

**LUISA FERNANDA NAVARRO ROSO  
ASBLEIDY JOHANA SARABIA MORA**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el Título de Ingeniero  
Civil**

**Director  
MSC. ANDREA STEFANNIA AREVALO TAMARA**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA  
FACULTAD DE INGENIERIAS  
INGENIERIA CIVIL  
OCAÑA  
2015**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos principalmente a Dios por darnos la oportunidad de culminar esta meta y a nuestros padres por ser guías constantes en nuestra formación.

Agradecemos a la ingeniería y magister Andrea Stefannia Arévalo Tamara, nuestra directora, por su apoyo y su ayuda para que este proyecto fuera posible, por brindarnos su tiempo, conocimientos y las bases necesarias para cumplir nuestros propósitos.

A los magister Mauricio Orozco Fontalvo y Thomas Edinson Guerrero, nuestros codirectores, por su colaboración y apoyo en la realización de nuestro proyecto de grado.

*Luisa Fernanda Navarro Roso  
Asbleidy Johana Sarabia Mora*

## CONTENIDO

	<b>pág.</b>
<u>INTRODUCCIÓN</u>	14
<u>1. MODELACION DE ELECCION MODAL EN TRANSPORTE A PARTIR DEL USO DE LA BICICLETA: ANALISIS SOBRE LA MOVILIDAD UTILIZANDO DISTRIBUCION LOGIT MULTINOMIAL.</u>	15
<u>1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</u>	15
<u>1.2 DESCRIPCION DEL PROBLEMA</u>	15
<u>1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</u>	16
<u>1.4 OBJETIVOS</u>	16
1.4.1 Objetivo general.	16
1.4.2 Objetivos específicos.	16
<u>1.5 JUSTIFICACION</u>	16
<u>1.6 DELIMITACIONES</u>	17
1.6.1 Delimitación geográfica.	17
1.6.2 Delimitación temporal.	17
1.6.3 Delimitación conceptual.	17
1.6.4 Delimitación operativa.	17
<u>2. MARCO REFERENCIAL</u>	19
<u>2.1. MARCO HISTORICO</u>	19
2.1.1 Revisión del estado del arte	19
<u>2.2 MARCO TEORICO</u>	20
2.2.1. Priorizar caminos para bicicletas en la ciudad de Belo Horizonte, Brasil.	20
2.2.2. Comprendiendo el comportamiento del interruptor de ruta.: un análisis basado en datos a través de GPS	21
2.2.3. El fomento del uso de la bicicleta en entornos educativos	21
2.2.4 Sinopsis de la demanda de bicicletas en la ciudad de Toronto.	21
<u>2.3 MARCO CONCEPTUAL</u>	22
2.3.1 Congestión Vehicular	22
2.3.2 Tarifas de transporte	22
2.3.3 Polución.	23
2.3.4 Transporte sostenible	23
2.3.5 Ciclo rutas	24
2.3.6 Transporte accesible.	24
2.3.7 Encuestas de preferencia declarada	24
2.3.8 Econometría.	24
2.3.9 Probabilidad	25
2.3.10 Muestra.	25
2.3.11 Desviación estándar.	25
2.3.12 Z estadístico.	26
2.3.13 Coeficiente de confianza	26

2.3.14 Stata	26
2.3.15 Ngene	27
2.3.16 Biogeme.	27
<u>2.4 MARCO CONTEXTUAL</u>	27
<u>2.5 MARCO LEGAL</u>	28
2.5.1. Código de Tránsito de Colombia	28
2.5.2. Decreto 319 de 2006	29
2.5.3. Ley 769 de 2002	30
<u>3. DISEÑO METODOLOGICO</u>	33
<u>3.1. TIPO DE INVESTIGACION</u>	33
<u>3.2. POBLACION Y MUESTRA</u>	33
<u>3.3. RECOLECCION DE LA INFORMACION</u>	34
<u>3.4 ANÁLISIS Y PROCEDIMIENTOS DE DATOS</u>	35
<u>4. PRESENTACION DE RESULTADOS</u>	36
<u>4.1. INFORMACION RECOLECTADA POR MEDIO DE GPS</u>	36
<u>4.2 INFORMACION RECOLECTADA ENCUESTAS DE PREFERENCIA DECLARADA</u>	43
<u>4.3 ANALISIS ESTADISTICO Y DESCRIPCION DE LA BASE DE DATOS</u>	44
<u>4.4 CALIBRACION MODELO ECONOMETRICO MEDIANTE LA DISTRIBUCIÓN LOGIT MULTINOMIAL UTILIZANDO EL SOFTWARE BIOGEME</u>	49
4.4.1 Modelos	51
4.4.2 Probabilidades	57
<u>5. CONCLUSIONES</u>	64
<u>6. RECOMENDACIONES</u>	66
<u>BIBLIOGRAFIA</u>	67
<u>REFERENCIAS DOCUMENTALES ELECTRÓNICAS</u>	68
<u>ANEXOS</u>	71

## LISTA DE GRAFICAS

	pág.
<b>Grafico 1.</b> Modo de transporte de su último viaje (en base a la encuesta realizada sobre: modo de transporte que utilizo en su último viaje realizado a la universidad)	44
<b>Grafico 2.</b> Modo de transporte elegido por la comunidad universitaria para transportarse de su sitio de destino a la Universidad y viceversa.	45
<b>Grafico 3.</b> Edad vs. Modo escogido	46
<b>Grafico 4.</b> Estrato vs. Modo escogido	47
<b>Grafico 5.</b> Sexo vs. Modo escogido	48
<b>Grafico 6.</b> Ocupación vs. Modo escogido	48
<b>Grafica 7.</b> Probabilidad que utilicen la bicicleta teniendo en cuenta el tiempo de viaje para el modelo 3 ( MNL3)	63

## LISTA DE CUADROS

	pág.
<b>Cuadro 1.</b> Tabla de apoyo al cálculo del tamaño de la muestra	33
<b>Cuadro 2.</b> Puntos escogidos de los datos recolectados por el Gps para la ilustración de la ruta Gustavo Alayón – Ufpso	37
<b>Cuadro 3.</b> Puntos escogidos de los datos recolectados por el Gps para la ilustración de la ruta Avenida circunvalar, barrio fundadores– Ufpso	39
<b>Cuadro 4.</b> Puntos escogidos de los datos recolectados por el Gps para la ilustración de la ruta Marabel – Ufpso	41
<b>Cuadro 5.</b> Combinaciones para realización de encuestas	43
<b>Cuadro 6.</b> Características de las variables observadas respecto al bus	49
<b>Cuadro 7.</b> Características de las variables observadas respecto al taxi	50
<b>Cuadro 8.</b> Características de las variables observadas respecto a la bicicleta	50
<b>Cuadro 9.</b> Características de las variables observadas respecto al mototaxi	50
<b>Cuadro 10.</b> Definición de variables mudas para la modelación	53
<b>Cuadro 11.</b> Modelos calibrados	55
<b>Cuadro 12.</b> Análisis de los modelos	57
<b>Cuadro 13.</b> Datos de las variables utilizadas para realizar el análisis	58
<b>Cuadro 14.</b> Modelo de utilidad de Logit Multinomial para MNL1	59
<b>Cuadro 15.</b> Evaluación del modelo con los valores medios de todas las encuestas para MNL1	59
<b>Cuadro 16.</b> Modelo de utilidad de Logit Multinomial para MNL2	60
<b>Cuadro 17.</b> Evaluación del modelo con los valores medios de todas las encuestas para MNL2	60
<b>Cuadro 18.</b> Modelo de utilidad de Logit Multinomial para MNL3	61
<b>Cuadro 19.</b> Evaluación del modelo con los valores medios de todas las encuestas para MNL3	61



## LISTA DE FIGURAS

	pág.
<b>Figura 1.</b> Ruta 1: Barrio Gustavo Alayón – Universidad	<b>38</b>
<b>Figura 2.</b> Ruta 2: Avenida Circunvalar, Barrio Fundadores – Universidad	<b>40</b>
<b>Figura 3.</b> Ruta 3: Barrio Marabel – Universidad	<b>42</b>

## LISTA DE ANEXOS

	<b>pág.</b>
<b>Anexo A.</b> Combinaciones en NGENE	<b>74</b>
<b>Anexo B.</b> Datos de rutas modelo con GPS	<b>75</b>
<b>Anexo C.</b> Modelo de encuesta aplicado	<b>76</b>
<b>Anexo D.</b> Base de datos digitación encuestas	<b>77</b>
<b>Anexo E.</b> Modelos	<b>76</b>

## RESUMEN

Este proyecto consiste en la calibración de un modelo econométrico Logit Multinomial en Biogeme para analizar la probabilidad del uso de la bicicleta por parte de la comunidad universitaria, con el fin de observar la cultura que se tiene frente al ciclismo como un modo de transporte sostenible.

La metodología utilizada para llevar a cabo esta investigación consiste en aplicar encuestas a usuarios de la UFPSO sobre el modo de transporte utilizado para sus viajes hacia el campus universitario, a partir de dichas encuestas se realizaron modelos de elección discreta y se identificaron las variables que tienen mayor influencia al momento de elegir el modo de transporte y calibrar el modelo econométrico en el software Biogeme que dé como resultado la proporción de la población universitaria que estaría dispuesta o no a utilizar la bicicleta para promover la movilidad sostenible y a raíz de esto tomar ciertas medidas para incentivar el uso de la misma.

Igualmente, se realizaron tres rutas modelo llevando consigo un Gps, el cual muestra el recorrido realizado y coordenadas geográficas para su ilustración, además se tomaron los datos importantes de este como el tiempo, velocidad y distancia.

Una vez analizada la información, dio como resultado que el bus tiene una mayor incidencia en los usuarios con un 59%, el mototaxi 21%, la bicicleta 17% y el taxi 3%, de igual forma se pudo observar que al calibrar los modelos tuvo más significancia el tiempo de viaje con respecto a las demás variables.

Con lo anterior, se puede concluir que el uso de la bicicleta solo resulto atractiva para una parte de la comunidad universitaria, ya que la población no cuenta con un grado de cultura que le permita escoger un modo de transporte como este que sea sostenible, además no se cuenta con la infraestructura adecuada para hacer de este medio de transporte más atractivo.

## INTRODUCCION

Este documento es importante porque es el informe final del trabajo de grado, para optar el título de Ingeniero Civil de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña mediante la investigación titulada MODELACION DE ELECCION MODAL EN TRANSPORTE A PARTIR DEL USO DE LA BICICLETA: ANALISIS SOBRE LA MOVILIDAD UTILIZANDO DISTRIBUCION LOGIT MULTINOMIAL.

Realizar una modelación a partir de la distribución Logit Multinomial permite el análisis de la situación de elección de modo de transporte para realizar un desplazamiento de acuerdo al estudio de las variaciones en los gustos dentro de la población. En este caso, para el estudio se utilizó el software BIOGEME, que se especializa en la estimación de los parámetros de modelos de elección discreta como es el caso del modelo LOGIT.

El transporte es vital para dar adecuado soporte al desarrollo económico y social, pero las tendencias actuales como el mototaxismo o el uso del vehículo particular no son sostenibles, de la misma manera la cultura ciclista en Ocaña no es influyente, ya que no se le ha dado importancia a este medio como modo de transporte, por este motivo se realiza esta investigación centrándonos en la población universitaria con el fin de conocer su punto de vista relacionado con los desplazamientos que realizan de sus hogares a la universidad y viceversa.

A fin de cumplir con los objetivos propuestos en esta investigación se lleva a cabo un estado del arte basándonos en investigaciones sobre implementación de bicicletas y modelos econométricos basados en el tema, realizadas a nivel nacional e internacional como base para enfocar nuestro proyecto.

Se pretende con este proyecto dejar una base, para una posterior investigación de cómo implementar la bicicleta como modo de transporte; las limitaciones que se presentan son la falta de información de textos en la biblioteca sobre el tema, el mal estado de las bicicletas prestadas por la Universidad y la poca colaboración de las personas así como la falta de infraestructura adecuada.

El aporte que muestra esta investigación va enfocado a la posible disminución de ciertas externalidades que se presentan en la movilidad de la ciudad pues se quiere que los usuarios tomen conciencia acerca de los diferentes modos de transporte y que le den mayor importancia a los medios sostenibles los cuales les van a ayudar de cierta manera a tener una mejor calidad de vida.

# **1. MODELACION DE ELECCION MODAL EN TRANSPORTE A PARTIR DEL USO DE LA BICICLETA: ANALISIS SOBRE LA MOVILIDAD UTILIZANDO DISTRIBUCION LOGIT MULTINOMIAL.**

## **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Actualmente no existe una cultura del uso de la bicicleta como medio de transporte, esto se ve reflejado en la poca participación de la comunidad universitaria para la utilización de esta como modo de transporte, pues las personas tienen como prioridad el uso de vehículos motorizados ya sean públicos o privados, generando así ciertas externalidades que en parte pueden ser mitigadas utilizando este transporte ya que sus efectos son más beneficiosos para la movilidad en cuanto a la reducción considerable de la presencia del tráfico, dando una sensación de armonía; en la economía ya que es un medio de transporte eficaz y barato; y en el ambiente de la ciudad ya que este no contamina, no hace ruido; además, el usuario disfruta, por lo general, de una mejor salud física y mental.

## **1.2 DESCRIPCION DEL PROBLEMA**

La Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña se encuentra ubicada a 2,8 km del casco urbano de la ciudad, a una temperatura promedio de 23°C, comprendida en un área de 160,5 hectáreas aproximadamente, esta cuenta con un personal aproximado de 6000 personas, del cual tomaremos una muestra de 196 personas entre empleados y estudiantes, con un rango de edades entre 17 y 50 años.

Debido a la quebrada topografía de Ocaña la cual presenta altas pendientes y considerables distancias, sus cambios de clima, la falta de infraestructura adecuada y la estructura cultural presente en su población, la bicicleta no es tomada como un medio de transporte alternativo, pues aunque esta es más eficaz, económica, no hace ruido y no gasta combustible, las personas prefieren utilizar vehículos motorizados para sus desplazamientos sin importarles las externalidades que estos pueden generar, pues se viene observando un crecimiento en la demanda de vehículos privados y públicos lo que incide en una movilidad con un flujo muy irregular, así mismo las frecuencias del transporte público que cubren rutas hacia la universidad sea discontinuo, además se presenta riesgo de accidentalidad, altos índices de contaminación, entre otros.

Por tal razón, es conveniente realizar encuestas de preferencia declarada (PD), en las cuales el encuestado tendrá nueve opciones llamadas escenarios hipotéticos, lo que nos permitirá conocer si los usuarios estarían dispuestos o no a utilizar la bicicleta como modo de transporte para realizar su ruta de viaje de la universidad a sus sitios de destino y viceversa.

Para esta investigación, se busca calibrar un modelo de elección modal con distribución Logit Multinomial por medio de Biogeme, un software estadístico gratuito de código abierto, diseñado para la estimación de modelos de elección discreta, que de acuerdo a los resultados que se puedan obtener, nos permita realizar un análisis en cuanto a la movilidad sostenible, y así potenciar el uso habitual de la bicicleta como medio de transporte.

### 1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Por qué se observa poca participación de la comunidad universitaria en el uso de la bicicleta como medio de transporte sostenible?

¿Por qué conviene utilizar la bicicleta como medio de transporte sostenible en la comunidad universitaria?

### 1.4 OBJETIVOS

**1.4.1 Objetivo general.** . Calibrar un modelo de elección discreta para identificar las principales variables que inciden en la elección modal considerando la bicicleta como medio de transporte desde y hacia la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.

**1.4.2 Objetivos específicos.** Recolectar la información necesaria por medio de GPS a los usuarios del servicio de préstamo de bicicletas de la Universidad Francisco de Paula Santander.

Recolectar la información necesaria por medio de encuestas de PD a la comunidad Universitaria

Elaborar un análisis estadístico descriptivo de la información recolectada mediante gráficos y tablas.

Calibrar el modelo econométrico mediante la distribución Logit Multinomial utilizando el software Biogeme con los datos recolectados de las características de viaje de los usuarios que estarían o no dispuestos a utilizar la bicicleta como medio de transporte desde y hacia la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.

### 1.5 JUSTIFICACION

Debido a la poca participación que se ha venido observando en la comunidad universitaria acerca del uso de la bicicleta como su medio de transporte, es necesario realizar un estudio por medio de encuestas de PD para conocer en qué situación las personas estarían dispuestas o no a utilizar la bicicleta dependiendo de diferentes variables, contando con la vía actual o una posible ciclo ruta. Estas encuestas nos muestran las preferencias de selección de un modo sobre otro a partir de situaciones hipotéticas.

Para la descripción de los datos se realizó un análisis estadístico por medio de gráficas y tablas, las cuales nos ayudaron a analizar los datos recolectados en las encuestas PD, lo que hizo más sencillo calibrar el modelo por medio de la distribución Logit Multinomial.

Este estudio es muy importante porque permitirá demostrar que el uso de la bicicleta como medio transporte es un modo ventajoso para compensar de cierta forma las externalidades

producidas por el excesivo número de viajes en auto particular dadas las características y tamaño del municipio.

En algunos países como Holanda, Dinamarca, Brasil, Canadá, Noruega, entre otros, han implantado planes que fomentan el uso de la bicicleta, pues esta se considera un vehículo que juega un papel importante en la vida de las personas y se ha constituido como un medio de transporte alternativo, beneficioso y al mismo tiempo una opción interesante para la organización del tráfico en los distintos países.

Las ventajas de esta modalidad son muchos y las desventajas escasas y relativas. El principal beneficiado es el propio usuario de la bicicleta, en aspectos tales como salud y economía, igualmente, en lo que respecta al cuidado del medio ambiente y movilidad dentro de la ciudad. Entre las desventajas se encuentra que no es posible el transporte de equipaje en la bicicleta convencional, el uso de este medio puede llegar a resultar cansado puesto que las bicicletas convencionales se mueven propulsadas por el propio usuario, además, el conductor se expone a cualquier cambio climático y en caso de accidentes suele tener mayor riesgo y sufrir heridas de consideración.

En la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña se cuenta con un sistema gratuito de préstamos de bicicletas. Este servicio ofrece un total de cuarenta (40) bicicletas, y los usuarios las pueden utilizar en tiempos menores o iguales a una semana.<sup>1</sup>

## **1.6 DELIMITACIONES**

**1.6.1 Delimitación geográfica.** El sitio en estudio está ubicado en la ciudad de Ocaña Norte de Santander, por las diferentes vías que conducen desde cualquier punto de la ciudad hacia la Universidad Francisco de Paula Santander que se encuentra ubicada en el sector nororiental del país, específicamente a 2.8 km del casco urbano de la ciudad. El problema que se aborda en desarrollo en este proyecto de grado está relacionado con el estudio de la implementación de un transporte sostenible para la comunidad universitaria.

**1.6.2 Delimitación temporal.** El tiempo para el desarrollo del proyecto es de 5 meses en el cual se desarrollaran las actividades necesarias.

**1.6.3 Delimitación conceptual.** Se tendrán en cuenta los siguientes conceptos: Congestión vehicular, tarifas de transporte, polución, transporte sostenible, ciclo rutas, transporte accesible, encuestas de preferencia declarada, econometría, probabilidad, muestra, desviación estándar, Z estadístico, coeficiente de confianza, Stata, Ngene, Biogeme.

**1.6.4 Delimitación operativa.** Las posibles dificultades que se puede encontrar en este proyecto son:

---

<sup>1</sup> VENTAJASDESVENTAJAS.COM. prestamos de bicicletas (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 07 de julio de 2015.]. Disponible en internet en: <http://www.ventajasdesventajas.com/tener-bicicleta/>

La poca colaboración de las personas para dedicar su tiempo a responder la encuesta.

Dificultad para encuestar debido a problemas acerca de la interpretación.

En la biblioteca Argemiro Bayona Portillo de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, no se encuentran textos, proyectos investigativos relacionados con el tema, debido a que es un proyecto pionero, que innova en la movilidad sostenible de la comunidad.

La universidad no cuenta con bases de datos especializadas para la investigación de artículos científicos.

Las bicicletas con las que cuenta la universidad se encuentran en muy mal estado.



## 2. MARCO REFERENCIAL

### 2.1. MARCO HISTORICO

**2.1.1 Revisión del estado del arte. En bici, hacia ciudades sin malos humos.** Cada día resulta patente no solo la conveniencia sino la viabilidad de reducir el uso del vehículo privado en las ciudades europeas. Ámsterdam, Barcelona, Bremen, Ferrara, Graz y Estrasburgo incentivan el transporte público, el uso compartido de vehículos y la bicicleta, al tiempo que restringen el tráfico de vehículos en el centro sin que ello afecte al crecimiento económico ni dificulte el acceso a las zonas comerciales. De hecho están fomentando esas medidas porque son conscientes de que el uso desenfrenado del coche para desplazamientos individuales es ya incompatible con la movilidad de la mayoría de los ciudadanos.<sup>2</sup>

**El mobiliario urbano destinado al uso de la bicicleta en la ciudad de Bogotá.** Se investiga el entorno objetual de las personas que se movilizan en bicicleta dentro de la ciudad de manera habitual a fin de dar cuenta cuáles son sus necesidades y percepciones, centrándose en el análisis del mobiliario urbano que fue incorporado en los años 1999-2009 de la mano del Plan Maestro de Ciclo rutas (PMC) .

Las primeras ideas de esta investigación nacen en la calles y bici-sendas de Buenos Aires, pero se remontan a la capital de Colombia Bogotá, puesto que como se mencionó anteriormente en este sentido la ciudad de Bogotá ha desarrollado e implementado el PMC, un plan de incentivo de la bicicleta realizando una inversión en infraestructura para tal efecto.<sup>3</sup>

**Ciclo vía recreativa, Cúcuta para grandes cosas, cada día gana más deportistas.** La ciclo vía cucuteña que presta su servicio desde las 6:00 am a 1:00 pm todos los domingos en una de las principales vías de la ciudad, el Malecón, ubicado en la avenida Libertadores a orillas del río Pamplonita, gana día tras día más deportistas. Cuenta con un extenso trayecto de más de 7 kilómetros donde sus visitantes pueden disfrutar de varias alternativas para recrearse y respirar un ambiente sano.

Su infraestructura permite que muchas personas salgan de manera segura de sus casas a practicar los diferentes tipos de actividad física, entre ellos: patinar, trotar, caminar, jugar voleibol, montar en bicicleta y participar en la clase de aeróbicos.

---

<sup>2</sup> DEKOSTER, J., & U. SCHOLLAERT. En bici, hacia ciudades sin malos humos. (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 07 de julio de 2015.]. Disponible en internet en: [http://ec.europa.eu/environment/archives/cycling/cycling\\_es.pdf](http://ec.europa.eu/environment/archives/cycling/cycling_es.pdf)

<sup>3</sup> M. R. Yamile. El mobiliario urbano (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 07 de julio de 2015.]. Disponible en internet en: [http://www.palermo.edu/dyc/maestria\\_diseno/pdf/tesis.completas/102-Melo-eliana.pdf](http://www.palermo.edu/dyc/maestria_diseno/pdf/tesis.completas/102-Melo-eliana.pdf)

El Instituto Municipal de Recreación y Deporte, IMRD, estuvo presente supervisando la seguridad de los cucuteños. La fundación congrega, también apoyo el programa recreo deportivo promoviendo la actividad física y el aprovechamiento del tiempo libre.

En un promedio de cuatro horas según el conteo del personal del IMRD habían 800 personas en bicicleta, 200 trotando y 2026 caminando.<sup>4</sup>

**La dependencia de Bienestar Universitario de la UFPSO realiza el préstamo de bicicletas.** La dependencia de Bienestar Universitario, realiza el préstamo de bicicletas a todos aquellos estudiantes y administrativos que presenten dificultades para desplazarse o transportarse a la universidad, o que deseen adoptar este medio de transporte ágil y no contaminante.

Con el proyecto, se adelantan actividades al aire libre, cumpliendo con las normas de seguridad, y realizando actividad física.

La dependencia cuenta actualmente con 40 bicicletas, acondicionadas que pueden ser requeridas en préstamo, por lo que se les informa a los interesados que pueden realizar la solicitud en Bienestar; a través de la firma de una carta de compromiso y de esta manera, podrán acceder a este servicio, que se presta de manera gratuita.<sup>5</sup>

## **2.2 MARCO TEORICO**

**2.2.1. Priorizar caminos para bicicletas en la ciudad de Belo Horizonte, Brasil.** Análisis basado en las preferencias del usuario y la voluntad considerando la heterogeneidad individual. El uso de la bicicleta como modo de desplazamientos ha demostrado ser beneficioso para ambas condiciones de tráfico urbano y la salud de los viajeros. Para diseñar de manera eficiente servicios y las condiciones que estimulen el uso de bicicletas, es necesario entender primero las actitudes de la gente hacia el uso de la bicicleta, y los factores que pueden influir en sus preferencias. Tal entendimiento permitirá predicciones fiables de uso de la bicicleta a nivel de voluntad, basado en que las instalaciones de ciclismo de construcción pueden ser priorizados razonables.

Los datos fueron recolectados a través de la encuesta sobre el uso de la bicicleta en 2010 en la ciudad de Belo Horizonte. Los resultados muestran que, en primer lugar, la voluntad de utilizar la bicicleta se ve favorecida por medio de los hogares de clase de ingresos, y negativamente relacionado con el tiempo de trayecto. En segundo lugar, las personas que alquilan apartamentos tienden a estar más dispuestos a utilizar las bicicletas. En tercer

---

<sup>4</sup> ALCALDÍA DE CÚCUTA - NORTE DE SANTANDER. Sitio oficial de Cúcuta en Norte de Santander, Colombia. (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 07 de julio de 2015.]. Disponible en internet en: <http://cucuta-nortedesantander.gov.co/noticias.shtml?apc=ccx-1-&x=1381903>

<sup>5</sup> COMUNICACIONES LA UFM.9. La dependencia de Bienestar Universitario de la UFPSO realiza el préstamo de bicicletas (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 07 de julio de 2015.]. Disponible en internet en: [www.ufpso.edu.co](http://www.ufpso.edu.co). Recuperado el 17 de marzo de 2015, de [http://laufm.ufpso.edu.co/index.php?id\\_noticia=1820](http://laufm.ufpso.edu.co/index.php?id_noticia=1820)

lugar, si una persona está caminando un largo tiempo para trabajar, él o ella estarían más dispuestos a viajar con una bicicleta en el futuro. Aquellos que actualmente tienen un trayecto a una distancia relativamente corta en moto y autobús siguen este grupo en términos de disposición a viajar en bicicleta en el futuro. Los usuarios de coches parecen ser difíciles de convertir a los usuarios de la bicicleta. Con el modelo calibrado, la voluntad de utilizar los desplazamientos en bicicleta residentes se estima entonces para toda la ciudad de Belo Horizonte con el Censo de 2010 y los datos de la encuesta 2012.<sup>6</sup>

**2.2.2. Comprendiendo el comportamiento del interruptor de ruta.: un análisis basado en datos a través de GPS.** El objetivo de este trabajo es estudiar el comportamiento del interruptor de ruta para detectar que viaje y las características individuales que más influyen para la elección de varias rutas en el mismo viaje origen-destino (OD). En este estudio se utilizó una base de datos de 361 viajes, trabajando por la mañana, relativas a 66 usuarios, recogidos en el área metropolitana de Cagliari (Italia). Los datos se recogieron durante un período de 14 días a través de un sistema de sonda personal, un Smartphone que integra un registrador de GPS para la adquisición de las rutas y un diario de actividades de viajes. Se estiman modelos logit mixtos, para tener en cuenta la variabilidad de la percepción del usuario. Los resultados muestran que el comportamiento de interruptor de ruta se ve influida por el número de los semáforos por km, porcentaje de las carreteras, la percepción del tiempo, género, edad, ingreso individual y experiencia en relación de conducción con los minutos por km.<sup>7</sup>

**2.2.3. El fomento del uso de la bicicleta en entornos educativos.** El objeto de estudio de este trabajo es realizar una revisión bibliográfica de la evolución de la bicicleta desde su aparición hasta la culminación en los distintos entornos educativos. Dando un recorrido por los distintos sistemas públicos de bicicletas en otras ciudades y países europeos y que han culminado con una aceptación considerable por parte de la población. Además, de señalar los beneficios que aportó la utilización de la bicicleta a nivel: energéticos y medio ambientales. Finalizando con la revisión de la bicicleta en entornos educativos.<sup>8</sup>

**2.2.4 Sinopsis de la demanda de bicicletas en la ciudad de Toronto.** La investigación de los efectos de la percepción, la conciencia y la comodidad en el propósito de andar en bicicleta y la propiedad de la bici. Este documento proporciona una base empírica para la evaluación de políticas y programas que pueden aumentar el uso de bicicletas para diferentes propósitos, así como la propiedad de la bicicleta.

Utiliza un modelo econométrico integrado de variable latente la conexión de múltiples elecciones discretas. Los modelos empíricos se estiman utilizando una encuesta de demanda de bicicletas realizado en la ciudad de Toronto en 2009.

---

<sup>6</sup> ZHANG, D., AHOUAGI VAZ Magalhães, D., & XIAOKUN (Cara) Wang. (2014). Priorizar caminos para bicicletas en la ciudad de Belo Horizonte, Brasil: Análisis basado en las preferencias del usuario y la voluntad considerando la heterogeneidad individual. Belo Horizonte: Elsevier.

<sup>7</sup> VACCA Alessandro, I. M. (2015). Comprendiendo el comportamiento del interruptor de ruta: un análisis basado en datos a través de GPS. . Cagliari: Elsevier.

<sup>8</sup> MELERO, I. M. (2011). El fomento del uso de la bicicleta en entornos educativos. Waunceulen E.F. Digital.

Las investigaciones empíricas revelan que las percepciones latentes y conciencia de seguridad influyen directamente en la elección de la bicicleta. También se encontró que la elección del nivel de propiedad bicicleta (número de bicicletas) está directamente influenciada por latente "confortabilidad de ciclismo". El número de bicicletas de propiedad además tiene una fuerte influencia sobre las decisiones de ciclismo para diferentes propósitos.

Está claro que los usuarios de bicicleta en la ciudad de Toronto son muy conscientes de la seguridad. El aumento en la calle y carriles separados para bicicletas ha demostrado los efectos máximos en atraer a más gente a andar en bicicleta por el aumento de la percepción en la ciudad, la confortabilidad de andar en bicicleta en la ciudad y el aumento de la sensación de seguridad de los usuarios de la bicicleta. En cuanto a las características de los individuos, los hombres más son los más conformes y las mujeres jóvenes son el grupo menos cómodo de ciclistas en Toronto.<sup>9</sup>

## 2.3 MARCO CONCEPTUAL

**2.3.1 Congestión Vehicular.** En general, entendemos la congestión vehicular como un exceso de vehículos en una vía, lo cual trae como consecuencia que cada vehículo avance de forma lenta e irregular en comparación a las condiciones normales de operación.

Técnicamente podríamos decir que la congestión vehicular se da cuando los vehículos de la vía interfieren en el normal desplazamiento de los demás vehículos, esto es cuando se supera un cierto nivel de concentración y los vehículos comienzan a circular a una velocidad menor que la velocidad de flujo libre de la vía.

La congestión afecta a todos los integrantes de una ciudad, sobre todo en la calidad de vida de las personas, esta se ve disminuida dada la contaminación acústica y atmosférica, mayores tiempos de viajes, disgustos, etc. Pero quienes experimentan mayores costos son quienes tienen que transportarse, estos son en tiempo y en dinero, ya que utilizan una mayor cantidad de combustible en condiciones de congestión.<sup>10</sup>

**2.3.2 Tarifas de transporte.** Es el precio que pagan los usuarios por la utilización del servicio público de transporte en una ruta y nivel de servicio determinado. (Decreto 170 de 2001 - Decreto 171 de 2001).<sup>11</sup>

---

<sup>9</sup> KHANDKER NURUL Habib, J. M. (2014). Sinopsis de la demanda de bicicletas en la ciudad de Toronto: La investigación de los efectos de la percepción, la conciencia y la comodidad en el propósito de andar en bicicleta y la propiedad de la bici. Toronto: Elsevier.

<sup>10</sup> CABALLERO, N. I. Blog Ingeniería de transporte: La congestión en las grandes ciudades. (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 07 de julio de 2015.]. Disponible en internet en: <http://papers-nico.blogspot.com/2008/06/la-congestion-en-las-grandes-ciudades.html>

<sup>11</sup> TOTAL, M. Tarifas de transporte (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 07 de julio de 2015.]. Disponible en internet en: <http://www.movilidadtotal.com.co>. Obtenido de <http://www.movilidadtotal.com.co/home/?q=definiciones>

**2.3.3 Polución.** Se trata de la contaminación ambiental que provocan ciertas sustancias y desechos. La polución, en este sentido, genera múltiples problemas para la naturaleza y para todos los seres vivos.

La polución implica una modificación dañina de un ecosistema, a partir de la introducción al ambiente de un agente contaminante. Dicho agente puede tener diferentes características, de acuerdo a su origen.

Lo habitual es que la polución sea provocada por la acción del ser humano. Las actividades que realizan las personas suelen provocar una huella ambiental; es decir, dejan su marca en el planeta. Si una industria, en el marco de su proceso productivo, genera emanaciones de gases contaminantes, estará causando polución. Quienes vivan en los alrededores de la fábrica en cuestión pueden sufrir diversos problemas de salud debido al contacto con esos gases.

A gran escala, la polución es señalada como la responsable de diversas alteraciones ambientales que amenazan la vida en la Tierra. Los científicos afirman que, debido a la polución que existe en la atmósfera (provocada por las emanaciones de los vehículos, la actividad industrial, etc.), se produce el llamado efecto invernadero que lleva al calentamiento del planeta.<sup>12</sup>.

**2.3.4 Transporte sostenible.** Es un sistema que permite el transporte de personas y mercancías a unos costes sociales y ambientales menores a los actuales, reduciendo el peso del vehículo privado como medio de transporte y del petróleo como fuente de energía.

La movilidad sostenible implica profundas modificaciones en el comportamiento humano a fin de garantizar la calidad de vida actual y de las generaciones futuras. No es un simple cambio de fuente de energía, sino que también conlleva la utilización de otros de medios de transporte.

La movilidad sostenible se sustenta en tres pilares:

Racionalización y restricción del uso del vehículo privado  
Potenciación del transporte público  
Planificación territorial adecuada

Si falla una de estas tres premisas, la movilidad se vuelve insostenible. Es decir, no existen modelos de transporte público que funcionen correctamente sin una previa restricción del uso del vehículo privado o una planificación territorial adecuada.

---

<sup>12</sup> DEFINICION. Polución (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 07 de julio de 2015.]. Disponible en internet en: <http://definicion.de/>. Recuperado el 17 de marzo de 2015, de <http://definicion.de/polucion/#ixzz3UOOVaEQ2>

Para transferir el sistema habitual de transporte hacia la eco movilidad, se debe reorganizar el espacio público existente y adaptarlo para permitir desplazamientos de forma sostenible, cómoda y segura. Ello implicaría una serie de medidas:

Mejorar y ampliar las aceras e itinerarios a pie

Crear y/o aumentar los llamados “carriles bici” en las ciudades

Potenciar el transporte público y priorizar su circulación sobre el privado mediante carriles exclusivos y preferencia semafórica.

Fomentar el uso masivo del ferrocarril y del barco para el transporte de mercancías.<sup>13</sup>

**2.3.5 Ciclo rutas.** Son espacios reservados exclusivamente para el tránsito seguro de bicicletas a un lado de las calles, en los camellones o paralelos a las carreteras de acceso a las ciudades. Su utilización permite desarrollar el concepto de la bicicleta como un medio de transporte alternativo, el cual se presenta como solución concreta y factible a los problemas de congestión vehicular y contaminación ambiental.<sup>14</sup>

**2.3.6 Transporte accesible.** Todo tipo de transporte debe garantizar su uso a cualquier persona, con independencia de sus características o situación física o psíquica, siempre con las condiciones suficientes de seguridad, comodidad y eficacia. El transporte accesible tiene una serie de exigencias lógicas que se refieren, tanto a las infraestructuras, como a los vehículos y dispositivos de enlace entre ambos.<sup>15</sup>

**2.3.7 Encuestas de preferencia declarada.** Consiste en un conjunto de situaciones hipotéticas pero realistas que están definidas por variables que el modelador supone que influyen fuertemente en la decisión de la elección.

Conceptualmente, todo diseño experimental de PD consiste en una serie de variables independientes que están relacionadas con una variable dependiente (por ejemplo, la elección modal). Las variables independientes pueden expresarse tanto en una escala continua (como, por ejemplo, el tiempo de viaje), como en una escala discreta (por ejemplo, el tipo de servicio). Cada variable independiente es considerada en un cierto número de niveles o condiciones.<sup>16</sup>

**2.3.8 Econometría.** La econometría es una parte fundamental de la actual teoría económica. Muchos grandes economistas formularon sus ideas sin su ayuda, sin embargo, en la actualidad, la econometría se ha constituido en una herramienta adicional importantísima para el desarrollo de la ciencia económica y de los modelos económicos. Un

---

<sup>13</sup> VERDE, L. Transporte sostenible (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 07 de julio de 2015.]. Disponible en internet en: <http://www.lineaverdemajadahonda.com/>. Recuperado el 17 de marzo de 2015, de <http://www.lineaverdemajadahonda.com/manuales/MODULO9.pdf>

<sup>14</sup> (G.E.R), G. d. Capsula Probici. Transporte ciclo ruta (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 07 de julio de 2015.]. Disponible en internet en: <http://www.internatura.org/educa/bicis3.html>

<sup>15</sup> MATTES, E. B., GARCIA Ramos, P., GRANDE Murillo, A., & PEREZ Ruiz, J. M. (2009). Guía del consumidor con discapacidad en Extremadura. (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 07 de julio de 2015.]. Disponible en internet en: [http://www.incoex.org/incoex/images/pdf/guia\\_discapacidad/bloque4.pdf](http://www.incoex.org/incoex/images/pdf/guia_discapacidad/bloque4.pdf)

<sup>16</sup> ORTÚZAR S, J. d. (n.d.). Modelos de Demanda de Transporte, 2da edicion. Chile: Alfaomega.

modelo económico es una representación matemática simplificada de la realidad (no tiene en cuenta todos los aspectos, sólo algunos que son considerados como importantes para el análisis).

Econometría significa “medición económica”, pero sus alcances van más allá de la simple medición. Esta herramienta, por medio de las matemáticas y la estadística, busca definir y cuantificar las relaciones entre las diferentes variables que se incluyen en un modelo económico y los datos observados en la vida real.<sup>17</sup>

**2.3.9 Probabilidad.** Es el conjunto de posibilidades de que un evento ocurra o no en un momento y tiempo determinado. Dichos eventos pueden ser medibles a través de una escala de 0 a 1, donde el evento que no pueda ocurrir tiene una probabilidad de 0 (evento imposible) y un evento que ocurra con certeza es de 1 (evento cierto). La probabilidad de que ocurra un evento, siendo ésta una medida de la posibilidad de que un suceso ocurra favorablemente, se determina principalmente de dos formas: empíricamente (de manera experimental) o teóricamente (de forma matemática).<sup>18</sup>

**2.3.10 Muestra.** Las muestras tienen un fundamento matemático estadístico. Éste consiste en que obtenidos unos determinados resultados, de una muestra elegida correctamente y en proporción adecuada, se puede hacer la inferencia o generalización fundada matemáticamente de que dichos resultados son válidos para la población de la que se ha extraído la muestra, dentro de unos límites de error y probabilidad, que se pueden determinar estadísticamente en cada caso.

Las muestras presentan evidentes ventajas, respecto del estudio de poblaciones. Con una muestra relativamente reducida en relación a la población, se pueden encuestar grandes poblaciones y núcleos humanos, que de otra manera sería muy difícil o prácticamente imposible investigar.<sup>19</sup>

**2.3.11 Desviación estándar.** La desviación estándar es una medida de la dispersión de los datos, cuanto mayor sea la dispersión mayor es la desviación estándar, si no hubiera

---

<sup>17</sup> ARANGO, B. V.-B. Banco de la Republica - Colombia actividad cultural. Econometría. (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 07 de julio de 2015.]. Disponible en internet en: <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/economia/econo14.htm>

<sup>18</sup> SUÁREZ I. Mario O. Tesis Interaprendizaje De Probabilidades Y Estadística Inferencial Con Excel, Winstats Y Graph. Ibarra-Ecuador. 2012. (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 07 de julio de 2015.]. Disponible en internet en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/940/1/Interaprendizaje%20de%20Probabilidades%20y%20Estad%20C3%ADstica%20Inferencial%20con%20Excel,%20Winstats%20y%20Graph.pdf>

<sup>19</sup> GARCÍA MUÑOZ Thomas. Etapas del proceso investigador: Población y muestra. Almendralejo, 2005. (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 07 de julio de 2015.]. Disponible en internet en: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:67bg2Rmn06YJ:www9.unileon.es/personal/wwdfce dg/Diversid/Webquest/poblacionmuestra.doc+&cd=2&hl=es&ct=clnk&gl=co>

ninguna variación en los datos, es decir, si fueran todos iguales, la desviación estándar sería cero.<sup>20</sup>

$$\sigma = \sqrt{\frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2}{N}} \rightarrow \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{N}} \quad (1)$$

**2.3.12 Z estadístico.** La curva normal de frecuencias tiene la forma de campana, en cuyo centro se ubican tres medidas de tendencia central (promedio [media aritmética], mediana y moda). En particular, el promedio o media aritmética es la medida representativa de un universo muestra, mientras que a los lados de este valor se encuentran valores más altos y más bajos, aproximadamente la mitad para cada lado, los cuales se dispersan según una medida denominada desviación estándar.

El valor Z se define matemáticamente con la fórmula:

$$Z = \frac{X - \bar{X}}{\sigma} \quad (2)$$

Dónde:

Z= Valor estadístico de la curva normal de frecuencias

X= Cualquier valor de una muestra estadística

$\bar{X}$ = Promedio o media aritmética obtenida de la muestra estadística

$\sigma$ = Desviación estándar.<sup>21</sup>

**2.3.13 Coeficiente de confianza.** El nivel de confianza es la probabilidad de que el parámetro a estimar se encuentre en el intervalo de confianza.

El nivel de confianza (p) se designa mediante  $1 - \alpha$ , y se suele tomar en tanto por ciento.

Los niveles de confianza más usuales son: 90%; 95% y 99%. El nivel de significación se designa mediante  $\alpha$ .

El valor crítico (k) como  $z \alpha/2$

$$P(Z > z \alpha/2) = \alpha/2$$

$$P[-z \alpha/2 < z < z \alpha/2] = 1 - \alpha$$

**2.3.14 Stata.** Stata es un paquete de software estadístico. Es utilizado principalmente por instituciones académicas y empresariales dedicadas a la investigación.<sup>22</sup>

Stata permite, entre otras funcionalidades, la gestión de datos, el análisis estadístico, el trazado de gráficos y las simulaciones.

<sup>20</sup> SEMERGEN. Desviación estándar Vol. 28 numero 11. Diciembre 2002 (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 07 de julio de 2015.]. Disponible en internet en: <http://www.elsevier.es/es-revista-semergen-medicina-familia-40-articulo-desviacion-estandar-error-estandar-13041428>

<sup>21</sup> *Ibíd.*, p.2

<sup>22</sup> RODRÍGUEZ German. Stata tutorial, Princeton University. (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 07 de julio de 2015.]. Disponible en internet en: <http://data.princeton.edu/stata/>



El tipo de archivos que utiliza son

dta archivos de datos  
do archivos de comandos  
ado programas  
hlp archivos de ayuda  
gph gráficos  
dct archivos diccionarios  
smcl archivos log

**2.3.15 Ngene.** Ngene es un software para generar diseños experimentales que se utilizan en experimentos de elección indicados con el propósito de estimar los modelos, particularmente del tipo logit.<sup>23</sup>

**2.3.16 Biogeme.** Biogeme es un software de código abierto gratuito diseñado para la estimación de modelos de elección discreta.<sup>24</sup> Permite la estimación de los parámetros de los siguientes modelos:

Logit  
probit binario  
logit anidado  
Logit cruzada anidada  
Modelos multivariados Extreme Value  
Mezclas discretas y continuas de los modelos multivariados Extreme Value  
Los modelos con funciones de utilidad no lineales  
Modelos diseñados para datos de panel  
Modelos heteroscedastic

## 2.4 MARCO CONTEXTUAL

El estudio consta de un conjunto de trabajos de campo y de oficina con el fin de obtener toda la información necesaria a partir de encuestas de preferencia declarada realizada a estudiantes, docentes y administrativos del alma mater y toma de datos por medio de Gps que nos mostraran las posibles rutas que se lleven a cabo con el préstamo de bicicletas que ofrece bienestar universitario a sus usuarios y que nos darán como resultado una base de datos para poder realizar una modelación, que nos muestre las decisiones de las personas sobre la implementación de la bicicleta como medio de transporte.

La zona en estudio es la Universidad Francisco de Paula Santander seccional Ocaña que “es una institución pública de educación superior la cual es una comunidad de aprendizaje y

---

<sup>23</sup> CHOICEMETRICS. Ngene (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 07 de julio de 2015.]. Disponible en internet en: <http://www.choice-metrics.com/documentation.html>

<sup>24</sup> TRANSPORT AND MOBILITY LABORATORY. Biogeme (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 07 de julio de 2015.]. Disponible en internet en: <http://biogeme.epfl.ch/>

mejoramiento continuo, comprometida con la formación de profesionales idóneos en las áreas del conocimiento, a través de estrategias pedagógicas innovadoras y el uso de las tecnologías; contribuyendo al desarrollo nacional e internacional”<sup>25</sup>

## **2.5 MARCO LEGAL**

### **2.5.1. Código de Tránsito de Colombia**

#### **TÍTULO III - NORMAS DE COMPORTAMIENTO CAPÍTULO V - CICLISTAS Y MOTOCICLISTAS**

**Artículo 94°.** Normas generales para bicicletas, triciclos, motocicletas, motociclos y moto triciclos.

Los conductores de bicicletas, triciclos, motocicletas, motociclos y moto triciclos, estarán sujetos a las siguientes normas:

Deben transitar por la derecha de las vías a distancia no mayor de un (1) metro de la acera u orilla y nunca utilizar las vías exclusivas para servicio público colectivo.

Los conductores de estos tipos de vehículos y sus acompañantes deben vestir chalecos o chaqueta reflectivas de identificación que deben ser visibles cuando se conduzca entre las 18:00 y las 6:00 horas del día siguiente, y siempre que la visibilidad sea escasa.

Los conductores que transiten en grupo lo harán uno detrás de otro.

No deben sujetarse de otro vehículo o viajar cerca de otro carruaje de mayor tamaño que lo oculte de la vista de los conductores que transiten en sentido contrario.

No deben transitar sobre las aceras, lugares destinados al tránsito de peatones y por aquellas vías en donde las autoridades competentes lo prohíban.

Deben conducir en las vías públicas permitidas o, donde existan, en aquellas especialmente diseñadas para ello.

Deben respetar las señales, normas de tránsito y límites de velocidad.

No deben adelantar a otros vehículos por la derecha o entre vehículos que transiten por sus respectivos carriles.

Siempre utilizarán el carril libre a la izquierda del vehículo a sobrepasar.

---

<sup>25</sup> UFP SO. estrategias pedagógicas innovadoras (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 07 de julio de 2015.]. Disponible en internet en: <https://ufpso.edu.co/>. Recuperado el 17 de marzo de 2015, de <https://ufpso.edu.co/Mision-Vision>

Deben usar las señales manuales detalladas en el artículo 69 de este código.

Los conductores y los acompañantes cuando hallan, deberán utilizar casco de seguridad, de acuerdo como fije el Ministerio de Transporte.

La no utilización del casco de seguridad cuando corresponda dará lugar a la inmovilización del vehículo.

**Artículo 95°.** Normas específicas para bicicletas y triciclos.

Las bicicletas y triciclos se sujetarán a las siguientes normas específicas:

No podrán llevar acompañante excepto mediante el uso de dispositivos diseñados especialmente para ello, ni transportar objetos que disminuyan la visibilidad o que los incomoden en la conducción.

Cuando circulen en horas nocturnas, deben llevar dispositivos en la parte delantera que proyecten luz blanca, y en la parte trasera que refleje luz roja.

Parágrafo. Los Alcaldes Municipales podrán restringir temporalmente los días domingos y festivos, el tránsito de todo tipo de vehículos por las vías nacionales o departamentales que pasen por su jurisdicción, a efectos de promover la práctica de actividades deportivas tales como el ciclismo, el atletismo, el patinaje, las caminatas y similares, así como, la recreación y el esparcimiento de los habitantes de su jurisdicción, siempre y cuando haya una vía alterna por donde dichos vehículos puedan hacer su tránsito normal.<sup>26</sup>

### **2.5.2. Decreto 319 de 2006 "plan maestro de movilidad"**

En el Libro I. Título II. Del modelo de movilidad,

Capítulo I. Política reza:

..."**Artículo 7. Política...** Movilidad Sostenible: La movilidad es un derecho de las personas que debe contribuir a l mejorar su calidad de vida."

#### **Capítulo II. Objetivos consagra:**

..."**Artículo 8. Objetivos.** Este Plan Maestro tiene por objeto concretar las políticas, estrategias, programas, proyectos y metas relacionados con la movilidad del Distrito Capital, y establecer las normas generales que permitan alcanzar una movilidad segura, equitativa, inteligente, articulada, respetuosa del medio ambiente, institucionalmente coordinada, y financiera y económicamente sostenible para Bogotá y para la Región...

---

<sup>26</sup> COLOMBIA.COM. Código de tránsito (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 07 de julio de 2015.]. Disponible en internet en: de <http://www.colombia.com/noticias/codigotransito/t3c5.asp>

Priorizar los subsistemas de transporte más sostenibles, como el transporte público o el transporte no motorizado (peatonal o bicicleta).

Articular mediante intercambiadores modales los diversos modos de transporte urbano e interurbano de pasajeros con el fin de optimizar los flujos de tráfico y de privilegiar aquellos modos menos contaminantes del medio ambiente.

Reducir los niveles de contaminación ambiental por fuentes móviles e incorporar criterios ambientales para producir un sistema de movilidad eco-eficiente."

**2.5.3. Ley 769 de 2002.** Código nacional de tránsito En su Artículo 2° define la bicicleta como aquel "Vehículo no motorizado de dos (2) o más ruedas en línea, el cual se desplaza por el esfuerzo de su conductor accionando por medio de pedales"<sup>27</sup> "Por medio de la cual se expiden normas relacionadas con el tránsito de vehículos no automotores"

LA SECRETARIA DE TRÁNSITO Y TRANSPORTE DE BOGOTÁ D.C.-,

En ejercicio de sus facultades legales y especial, las conferidas por el artículo 6° del Código Nacional de Tránsito Terrestre

#### CONSIDERANDO

Que el artículo 1° del Código Nacional de Tránsito dispone que la movilización terrestre de personas, animales y vehículos por las vías de uso público es libre, pero está sujeta a la intervención, y reglamentación de las autoridades cuando lo exija la seguridad y la comodidad de los habitantes.

Que la Administración Distrital ha diseñado y puesto en marcha la red de ciclo rutas para Bogotá DC., con el propósito de ofrecer al usuario un medio de transporte alternativo, ecológico y económico frente a los servicios de transporte público colectivo o individual y al transporte particular.

Que la seguridad relacionada con la protección de los usuarios, peatones y conductores de otros vehículos, constituye una prioridad para la secretaria de Tránsito y Transporte de Bogotá DC., facultada para expedir actos administrativos encaminados a estimular la seguridad vial y el ejercicio de conductas individuales responsables.

Que la protección a la vida y a la integridad personal de los usuarios de bicicletas, triciclos y de otros en su tránsito por ciclo rutas o por calzadas, obliga a fomentar entre ellos el uso de implementos de seguridad.

---

<sup>27</sup> COLOMBIA CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 769 de 2002. Por medio de la cual se expiden normas relacionadas con el tránsito de vehículos no automotores (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 07 de julio de 2015.]. Disponible en internet en: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=39275>

## RESUELVE

**Artículo primero-** Los usuarios de bicicleta y triciclo deberán transitar obligatoriamente por las ciclo rutas en las zonas donde éstas existen. Se exceptúa de esta obligación el tránsito en los días y horas establecidas para las ciclo vías.

**Artículo segundo** Las normas de seguridad para usuarios de bicicletas y triciclos, establecen para el nivel óptimo de protección los siguientes elementos, cuyo uso se recomienda:

Para los vehículos:

### **Bicicletas**

Luz delantera blanca

Luz trasera roja reflectiva

Sistema de frenos para las dos ruedas

Elementos reflectivos sobre el vehículo de manera frontal, lateral y posterior

Timbre o corneta con la intensidad necesaria para advertir a otros su tránsito,

### **Triciclos**

Sistemas de frenos para las tres ruedas

Timbre o corneta con la intensidad necesaria para advertir a otros su tránsito.

Espejo retrovisor

Para los usuarios:

Chaleco o banda reflectiva, sin elementos superpuestos que impidan su visibilidad.

Casco abrochado de textura lisa, revestido de icopor.

**Parágrafo.** Durante los primeros seis (6) meses de expedición de este acto, las autoridades de tránsito impondrán a los infractores una amonestación consistente en la obligación de asistir a cursos pedagógicos con la finalidad de promover comportamientos seguros en el uso de las bicicletas y de los triciclos de transporte o recreación.

**Artículo tercero.** Los usuarios de las bicicletas o triciclos deberán transitar a velocidad que les permita garantizar su capacidad de reacción ante cualquier imprevisto.

**Artículo cuarto.** Los usuarios de las bicicletas o triciclos están sometidos al cumplimiento de las regulaciones del Código Nacional de Tránsito Terrestre que ordenan:

Transitar por la derecha de las calzadas, a distancia no mayor de un metro de la acera u orilla.

Transitar en fila india.

Respetar las normas y señales de tránsito.

**Artículo quinto.** De acuerdo con las normas establecidas para los usuarios de bicicletas y triciclos, está prohibido:

Sujetarse de otro vehículo o viajar cerca de otro carruaje de mayor tamaño que lo oculte de la vista de los conductores que transiten en sentido contrario.

Transitar sobre las aceras, lugares destinados al tránsito de peatones, y por aquellas vías donde las autoridades competentes lo prohíban.

Adelantar a otros vehículos por la derecha o entre vehículos que transiten por sus respectivos carriles.

Transitar en estado de embriaguez.

Llevar a otra persona o transportar cosas que disminuyan la visibilidad o que los incomoden en la conducción.

**Artículo sexto.** El incumplimiento de las normas previstas en el Código Nacional de Tránsito Terrestre, artículos 156 y 176, hará incurrir al infractor en la multa prevista en el artículo 202 de la misma regulación, equivalente a cinco (5) salarios mínimos legales.

**Artículo séptimo.** En los días y horas en que no exista habilitación de calzadas para ciclo vías, los usuarios de bicicletas o triciclos deberán transitar por las ciclo rutas, en las zonas en que ellas existan.

**Artículo octavo.** Se prohíbe el tránsito de peatones por la red de ciclo rutas y el estacionamiento de cualquier tipo de vehículos sobre ella.<sup>28</sup>

---

<sup>28</sup> *Ibíd.*, p.2

### 3. DISEÑO METODOLOGICO

#### 3.1. TIPO DE INVESTIGACION

La investigación es de tipo descriptiva ya que analiza una situación o problema, con características hipotéticas y se realiza bajo la modalidad de trabajo de grado, para determinar el uso de bicicleta como alternativa de transporte en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, empleando un modelo estadístico descriptivo de la información recolectada.

#### 3.2. POBLACION Y MUESTRA

La población está conformada por la comunidad universitaria, contando actualmente en el I semestre de 2015 con 416 empleados administrativos y 6343 estudiantes inscritos, dando un total de 6759 usuarios.

Realizando un cálculo estadístico se logró establecer una muestra de 362 usuarios a encuestar, por medio de la siguiente formula:

**Cuadro 1.** Tabla de apoyo al cálculo del tamaño de la muestra

<b>TABLA DE APOYO AL CALCULO DEL TAMAÑO DE UNA MUESTRA POR NIVELES DE CONFIANZA</b>									
<b>Certeza</b>	<b>95%</b>	<b>94%</b>	<b>93%</b>	<b>92%</b>	<b>91%</b>	<b>90%</b>	<b>80%</b>	<b>62,27%</b>	<b>50%</b>
<b>Z</b>	<b>1,96</b>	1,88	1,81	1,75	1,69	1,65	1,28	1	0,6745
<b>Z<sup>2</sup></b>	3,84	3,53	3,28	3,06	2,86	2,72	1,64	1	0,45
<b>e</b>	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1	0,2	0,37	0,5
<b>e<sup>2</sup></b>	0,0025	0,0036	0,0049	0,0064	0,0081	0,01	0,04	0,1369	0,25

**Fuente.** (Solís, 2008)

$$n = \frac{k^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{(e^2(N-1) + k^2 \cdot p \cdot q)} \quad (3)$$

Datos:

n = Cantidad de la muestra  
k = 1.96, para un nivel de confianza del 95%  
p = q = 0,5  
q = 1 - p  
N = Población comunidad universitaria  
e = error = 5%, para un nivel de confianza del 95%

k = 2  
p = q = 0,5  
q = 1 - p  
N = 6759  
e = 0.05

$$n = \frac{2^2 \cdot p \cdot (1 - p) \cdot 6759}{(0,05^2(6759 - 1) + 2^2 \cdot p \cdot (1 - p))}$$

$$n = \frac{2^2 * 0,5 * 0,5 * 6759}{(0,05^2(6759 - 1) + 2^2 * 0,5 * 0,5)}$$

$$n = 362$$

Para esta investigación se recolecta la información sobre las preferencias y percepciones de los encuestados en la UFPSO, se diseñan encuestas PD que permiten la recolección de datos, el cuestionario se divide en dos partes, la primera consiste en información personal y la segunda parte presenta diferentes escenarios hipotéticos de elección donde se muestran nueve situaciones de acuerdo a la tarifa, tiempo de viaje, tiempo de acceso e infraestructura, con cuatro medios de transporte (bus, bicicleta, moto taxi, taxi) en las cuales se le solicita al encuestado elegir uno de estos en cada situación.

La encuesta está constituida por los siguientes atributos: Género, edad, estrato, barrio de residencia, ocupación actual, nivel de estudio y su programa académico, si cuenta con vehículo, ingresos personales mensuales y su último viaje realizado a la universidad en qué tipo de vehículo se transportó, valor del pasaje, tiempo de viaje y tiempo de acceso o espera.

### **3.3. RECOLECCION DE LA INFORMACION**

Para la recolección de la información, se realiza modelos de encuestas de preferencias declaradas (PD) las cuales se aplican a la muestra seleccionada, además se utilizan GPS, mediante préstamo hecho por la universidad de 4 equipos, con los cuales se analizan las rutas llevadas a cabo por los usuarios de la comunidad universitaria.



### **3.4 ANÁLISIS Y PROCEDIMIENTOS DE DATOS**

Con la información obtenida se elabora un análisis estadístico descriptivo de la información recolectada y se estima un modelo econométrico basado en las cadenas de viajes que realizan los usuarios de bicicleta de la comunidad universitaria y la recolección de datos de las encuestas para que den respuestas críticas si van a usar o no el transporte.

## 4. PRESENTACION DE RESULTADOS

### 4.1. INFORMACIÓN RECOLECTADA POR MEDIO DE GPS

Se realizaron 3 ejemplos de ruta utilizando la bicicleta como modo de transporte, de manera que se llevaran a cabo cadenas de viaje desde el lugar de residencia hasta la universidad y viceversa, esto se pudo efectuar por medio del préstamo de bicicletas que ofrece Bienestar Universitario.

Para la toma de datos el laboratorio de topografía de la Universidad facilito el préstamo de Gps los cuales arrojaron datos como: Fecha, tiempo, latitud N/S, longitud E/W, altura y velocidad.

Los resultados obtenidos fueron aproximadamente 3200 datos para cada ruta de los cuales solo se tomaron los puntos relevantes que nos mostraran en google earth el recorrido realizado por el usuario, de donde se obtuvo el tiempo de viaje, la distancia y la velocidad.

Esta información solo se tuvo en cuenta para la ilustración de las rutas y no para la calibración de los modelos.

**Ruta 1.** La ruta 1 comprende el recorrido realizado desde el barrio Gustavo Alayón hasta la Universidad y viceversa, a continuación en el cuadro (2) podemos observar los datos más relevantes escogidos para la demarcación en la ruta en google earth como lo muestra la figura (1)

**Ruta 2.** La ruta 2 comprende el recorrido realizado desde la avenida Circunvalar, barrio fundadores hasta la Universidad y viceversa, a continuación en el cuadro (3) podemos observar los datos más relevantes escogidos para la demarcación en la ruta en google earth como lo muestra la figura (2)

**Ruta 3.** La ruta 3 comprende el recorrido realizado desde el barrio Marabel hasta la Universidad y viceversa, a continuación en el cuadro (4) podemos observar los datos más relevantes escogidos para la demarcación en la ruta en google earth como lo muestra la figura (3)

**Cuadro 2.** Puntos escogidos de los datos recolectados por el Gps para la ilustración de la ruta Gustavo Alayón - Ufpso

<b>Id</b>	<b>Punto</b>	<b>Velocidad</b>	<b>Latitud N/S</b>	<b>Longitud E/W</b>
inicio	2	12	08.230079N	073.350146W
2	50	13	08.229063N	073.349391W
3	100	5	08.229013N	073.348108W
4	150	6	08.228383N	073.347455W
5	200	18	08.227560N	073.345765W
6	250	9	08.227184N	073.344241W
7	300	13	08.226864N	073.342638W
8	350	10	08.226270N	073.341350W
9	400	9	08.225631N	073.340436W
10	500	4	08.224966N	073.338810W
11	550	8	08.225004N	073.338000W
12	600	8	08.224341N	073.337028W
13	650	9	08.223939N	073.335853W
14	700	0	08.224003N	073.335506W
15	750	11	08.224261N	073.334941W
16	800	4	08.225125N	073.334063W
17	850	12	08.226188N	073.333528W
18	900	20	08.227055N	073.332164W
19	950	12	08.229406N	073.329703W
20	1000	27	08.230291N	073.327635W
21	1050	19	08.231544N	073.324158W
22	1100	12	08.232494N	073.322591W
23	1200	0	08.235019N	073.321318W
destino	1250	0	08.235024N	073.321331W
<b>velocidad promedio</b>		10,0416667		

**Fuente.** Autores del proyecto

**Figura 1.** Ruta 1: Barrio Gustavo Alayón – Universidad



**Fuente.** Google Earth, modificado Autores 2015

La ruta que se tomó como ejemplo tuvo una longitud aproximada de 3,96 km, donde se presentaron altas pendientes con una velocidad aproximada de 10 y un tiempo de 15 min.

**Cuadro 3.** Puntos escogidos de los datos recolectados por el Gps para la ilustración de la ruta avenida Circunvalar, barrio fundadores – UFPSO

<b>Id</b>	<b>Punto</b>	<b>Velocidad</b>	<b>Latitud N/S</b>	<b>Longitud E/W</b>
INICIO	50	7	08.247543N	073.353216W
2	100	7	08.246536N	073.352803W
3	150	11	08.245338N	073.352835W
4	200	10	08.244941N	073.351726W
5	250	10	08.243936N	073.350961W
6	300	10	08.242975N	073.350173W
7	350	8	08.241986N	073.349351W
8	400	9	08.242016N	073.348143W
9	450	11	08.242285N	073.347078W
10	500	14	08.241135N	073.347421W
11	550	15	08.238948N	073.347899W
12	600	28	08.236951N	073.345713W
13	650	14	08.235640N	073.343465W
14	700	23	08.234516N	073.341641W
15	750	28	08.232193N	073.339811W
16	800	16	08.228665N	073.338283W
17	850	7	08.227414N	073.338298W
18	900	7	08.226303N	073.337943W
19	950	9	08.225245N	073.337311W
20	1000	11	08.224131N	073.336753W
21	1050	14	08.223983N	073.335335W
22	1100	12	08.224913N	073.334123W
23	1150	15	08.226481N	073.333136W
24	1200	41	08.228521N	073.330598W
25	1250	28	08.229966N	073.328236W
26	1300	30	08.231420N	073.324266W
27	1350	17	08.232804N	073.322158W
DESTINO	1400	0	08.234914N	073.321315W
<b>velocidad promedio</b>		14,714286		

**Fuente.** Autores del proyecto

**Figura 2.** Ruta 2: Avenida Circunvalar, barrio fundadores – Universidad



Fuente. Google Earth, modificado Autores 2015

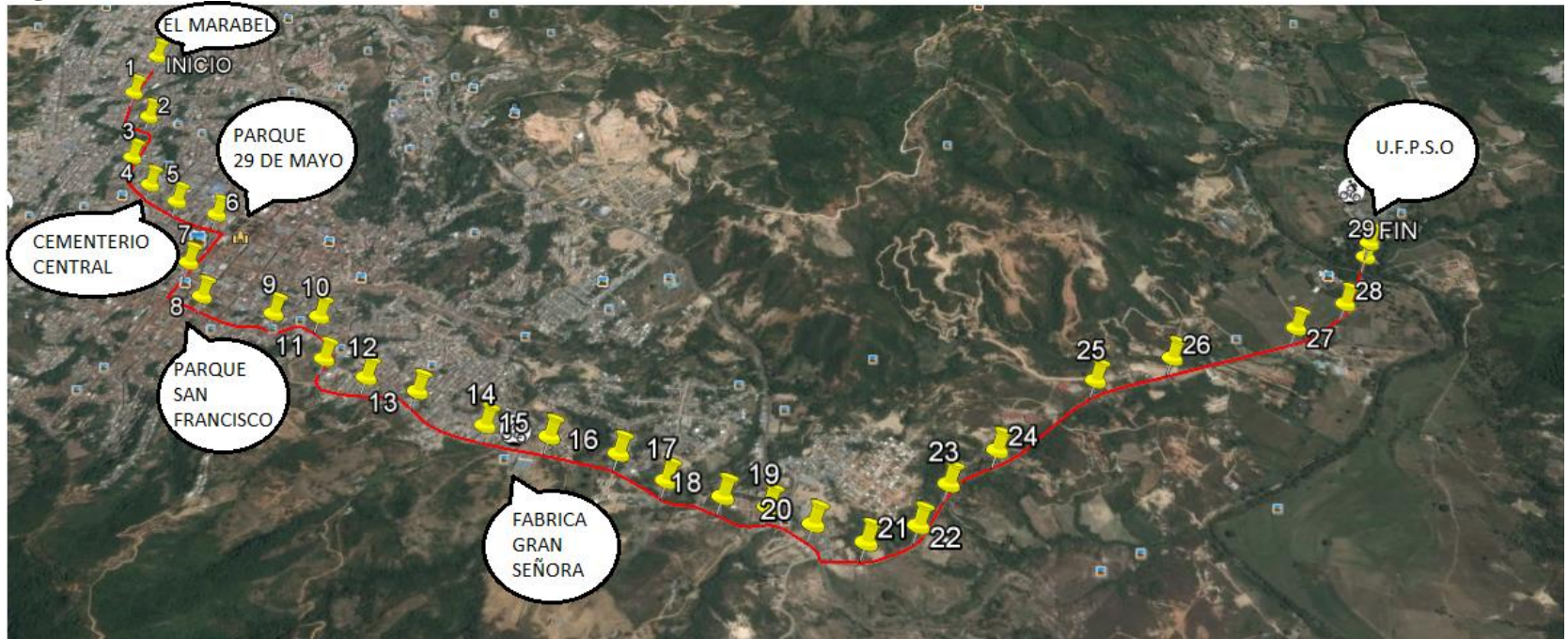
La ruta que se tomó como ejemplo tuvo una longitud aproximada de 5,93 km, donde se presentaron altas pendientes con una velocidad aproximada de 15 y un tiempo de 25 min

**Cuadro 4.** Puntos escogidos de los datos recolectados por el Gps para la ilustración de la ruta Marabel-UFPSO

<b>Id</b>	<b>Punto</b>	<b>Velocidad</b>	<b>Latitud N/S</b>	<b>Longitud E/W</b>
INICIO	2	15	08.242893N	073.359035W
1	50	15	08.241049N	073.359211W
2	100	12	08.239814N	073.358320W
3	150	15	08.237873N	073.358206W
4	200	12	08.236608N	073.357248W
5	250	5	08.235853N	073.356199W
6	300	6	08.235225N	073.354803W
7	350	15	08.233235N	073.355036W
8	400	27	08.231913N	073.354263W
9	450	8	08.231280N	073.352083W
10	500	18	08.231156N	073.350776W
11	550	19	08.229630N	073.350280W
12	600	11	08.228996N	073.349006W
13	650	12	08.228486N	073.347529W
14	700	26	08.227450N	073.345589W
15	750	11	08.227093N	073.343873W
16	800	11	08.226584N	073.342043W
17	850	12	08.225723N	073.340751W
18	900	9	08.225211N	073.339303W
19	950	8	08.224886N	073.338161W
20	1000	10	08.224388N	073.337048W
21	1050	10	08.223915N	073.335765W
22	1100	10	08.224465N	073.334496W
23	1150	14	08.225721N	073.333724W
24	1200	17	08.226806N	073.332466W
25	1250	18	08.229323N	073.329731W
26	1300	29	08.230250N	073.327579W
27	1350	17	08.231524N	073.324018W
28	1400	13	08.232463N	073.322494W
29	1450	18	08.234363N	073.321521W
DESTINO	1500	0	08.234929N	073.321293W
<b>velocidad promedio</b>		14,1		

**Fuente.** Autores del proyecto

**Figura 3.** Ruta 3: Barrio Marabel – Universidad



**Fuente.** Google Earth, modificado Autores 2015

La ruta que se tomó como ejemplo tuvo una longitud aproximada de 6,26 km, donde se presentaron altas pendientes con una velocidad aproximada de 14 y un tiempo de 20 min.



De las tres rutas modelos realizadas, se puede observar, que sus tiempos de viaje y acceso son relativamente acertados con los presentados en los escenarios hipotéticos de las encuestas, pues no sobrepasaron los tiempos más altos.

Las rutas se realizaron sobre la vía actual y no con una infraestructura adecuada para la circulación de esta, por tal motivo, se puede deducir que si se implementara un ciclocarril o cicloruta diseñado óptimamente para las altas pendientes presentes en Ocaña, los desplazamientos se realizarían en menor tiempo y es posible que las personas comenzaran a cambiar su mentalidad sobre este medio de transporte que puede darle un giro al ambiente de la ciudad ya que el esfuerzo físico no sería tan alto y sus ventajas serian muchas.

#### 4.2 INFORMACIÓN RECOLECTADA ENCUESTAS DE PREFERENCIA DECLARADA

Para realizar el modelo de encuesta PD, la cual nos presenta opciones hipotéticas, fue necesario la utilización del software Ngene, para generar una serie de combinaciones, teniendo en cuenta variables como el costo de viaje de los usuarios en el transporte público para dirigirse a sus sitios de destino, el tiempo de viaje y el tiempo de acceso que varía según el modo de transporte escogido y la infraestructura, siendo esta la vía actual de la ciudad de Ocaña sin contar con una cicloruta.

Se tuvieron en cuenta 3 opciones de valores hipotéticos de menor a mayor como se observa en el cuadro (5) para los casos de tarifa, tiempo de viaje y tiempo de acceso y para la infraestructura solo se tuvo en cuenta si existiera la posibilidad de una cicloruta en Ocaña o si transita por la vía actual, posteriormente se ingresan los atributos al programa Ngene, el cual arroja 4 bloques con combinaciones de las distintas variables.

**Cuadro 5.** Combinaciones para realización de encuestas

	<b>BUS</b>	<b>BICICLETA</b>	<b>MOTOTAXI</b>	<b>TAXI</b>
<b>TARIFA</b>	800-1000-1200	0	1500-2000-2500	4000-5000-6000
<b>TIEMPO DE VIAJE</b>	15-20-25	30-40-25	5-10-15	10-15-20
<b>TIEMPO DE ACCESO</b>	20-15-25	0	0-5-10	0-5-10
<b>INFRAESTRUCTURA</b>	VIA ACTUAL	CICLORUTA-VIA ACTUAL	VIA ACTUAL	VIA ACTUAL

**Fuente.** Autores del proyecto

Los resultados y tablas del programa se pueden observar en el ANEXO A. Combinaciones en Ngene

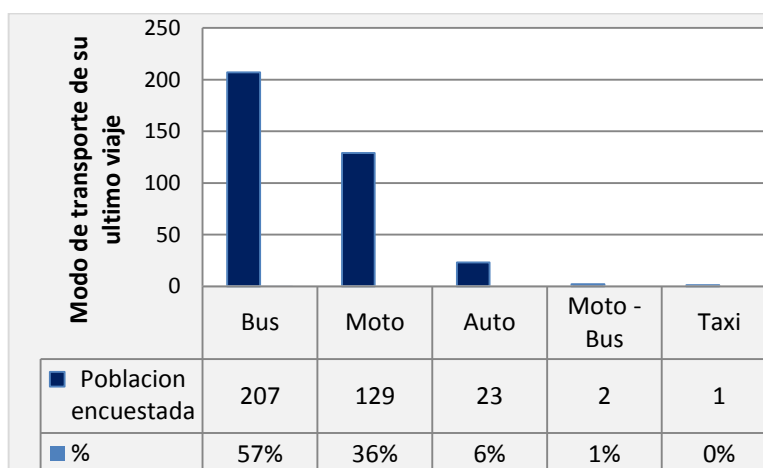
Luego de contar con la encuesta PD, la cual se dividió en 4 bloques de los cuales cada uno contaba con 9 preguntas, donde se mostraban atributos de cada transporte público para que el encuestado escogiera según su criterio la opción más adecuada.

En total se encuestó a 362 usuarios de la universidad, contando con estudiantes, administrativos y servicios generales, de los cuales su punto de vista permitió elaborar un modelo por medio de un software que determinó la disposición de los encuestados para acceder a la bicicleta como modo de transporte sostenible. Ver anexo B. Modelo de encuesta aplicada

#### 4.3 ANALISIS ESTADÍSTICO Y DESCRIPCION DE LA BASE DE DATOS

Para realizar este análisis fue necesario recolectar la información extraída por medio de las encuestas PD realizadas a la comunidad universitaria, agrupando los resultados por medio de gráficos de barras, el cual nos muestra la cantidad de usuarios con su modo de transporte escogido para realizar su viaje desde su residencia hasta la universidad y viceversa. Ver Anexo D. Base de datos digitación encuestas

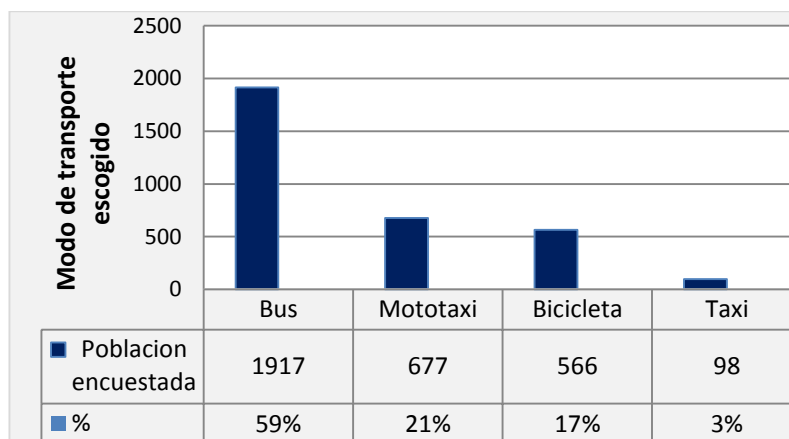
**Grafico 1.** Modo de transporte de su último viaje (en base a la encuesta realizada sobre: modo de transporte que utilizó en su último viaje realizado a la universidad)



**Fuente.** Autores del proyecto

En el gráfico (1), se observa el modo de transporte que la población encuestada utiliza para movilizarse hacia la universidad y viceversa, se tiene que algunos cuentan con vehículo propio siendo estos: 23 con auto equivalente al 6% y 129 con motocicleta equivalente al 36% lo que indica que para tener un vehículo privado la comunidad universitaria prefiere tener una moto pues su adquisición es más fácil siendo menos costosa y la mayoría de usuarios de este tipo de transporte son estudiantes, 2 personas, es decir, el 1% utilizan la moto y el bus debido a que su lugar de residencia es más lejano, por tanto, necesitan de estos dos modos para poder desplazarse, 1 utiliza taxi el cual no tiene mayor relevancia en el porcentaje, ya que este modo aunque es rápido es el más costoso y 207 personas se transportan en bus, es decir, el 57% de los encuestados, lo que hace que sea el transporte con más auge en la población por sus bajos costos en la tarifa.

**Grafico 2.** Modo de transporte elegido por la comunidad universitaria para transportarse de su sitio de destino a la universidad y viceversa.



**Fuente.** Autores del proyecto

En el grafico (2), podemos observar que de las 362 encuestas realizadas, cada una con 9 preguntas se recolectaron 3258 datos, de los cuales 1917 escogieron el bus como el modo de transporte más utilizado para movilizarse hacia la universidad y lugares de residencia, 677 escogieron el mototaxi, 566 escogieron la bicicleta y 98 el taxi.

Como se puede observar en la ciudad de Ocaña el modo de transporte más utilizado con un 59% es el bus, esto se debe a la cultura ciudadana, pues la mayoría de usuarios pertenecen a la universidad y algunos no están de acuerdo en cambiar de modo, ya que estos manifestaron la incomodidad de utilizar la bicicleta debido a las altas pendientes existentes, a los cambios de clima y agotamiento físico.

Por otra parte, la bicicleta obtuvo un 17% de posibles usuarios, pero este modo no tiene un mayor porcentaje debido que en Ocaña la bicicleta es más utilizada como deporte o recreación.

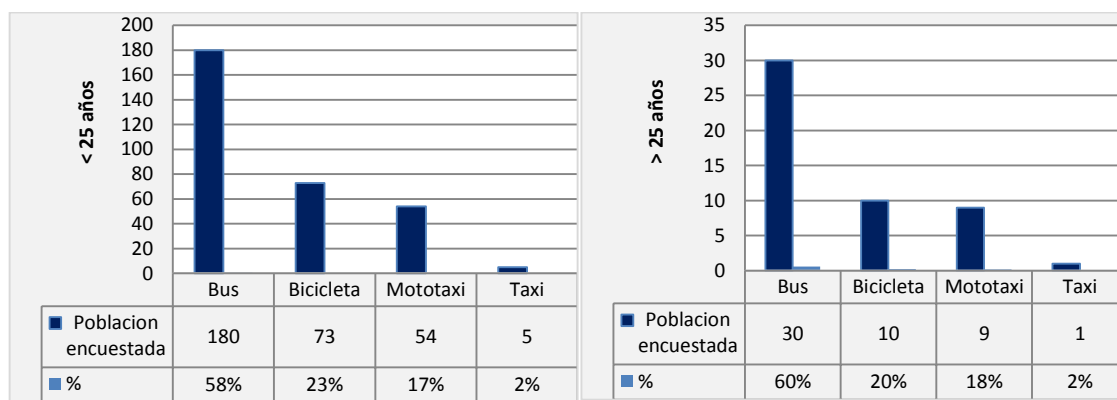
Otro factor influyente para que la mayoría no escogiera la bicicleta, es la cantidad de mototaxismo que hay en la ciudad, este modo tiene un 21% de preferencia y a pesar que este es un tipo de transporte ilegal y costoso, es más accesible y hace que los usuarios lo utilicen por encima de la bicicleta así se generen más externalidades.

Según un artículo publicado por el diario el país “En Colombia el transporte de pasajeros en motocicletas, se originó hace alrededor de una década, entre los desempleados de las zonas marginales del departamento de Córdoba. Rápidamente se convirtió en una seria

competencia para el transporte público tradicional, debido entre otras cosas, a la prestación de un servicio “puerta a puerta” y al bajo costo”<sup>29</sup>

En la ciudad, el taxi tiene una tarifa base más costosa que los otros modos de transporte por tal razón solo el 3% de los usuarios lo escogieron, porque al tener tarifas más elevadas hace que las personas no lo utilicen constantemente para ir a la universidad, teniendo en cuenta que la mayoría de los encuestados fueron estudiantes, aunque el uso de este modo depende del tiempo de viaje pues cuando es necesario cumplir ciertos horarios los usuarios lo pueden escoger como su medio de transporte.

**Grafico 3.** Edad vs. Modo escogido



**Fuente.** Autores del proyecto

En el gráfico (3) podemos observar los rangos de las diversas edades encuestadas comprendidas entre menores de 25 años y mayores de 25 años, analizando así, la incidencia que tienen las opciones de transporte público a la cual podrían escoger según los atributos establecidos.

En el rango < 25 años se puede verificar que 180 personas escogerían el bus como su modo de transporte, 73 la bicicleta, 54 el mototaxi y 5 el taxi.

En el rango > 25 años se puede verificar también que 30 personas escogerían el bus como su modo de transporte, 10 la bicicleta, 9 el mototaxi y 1 el taxi.

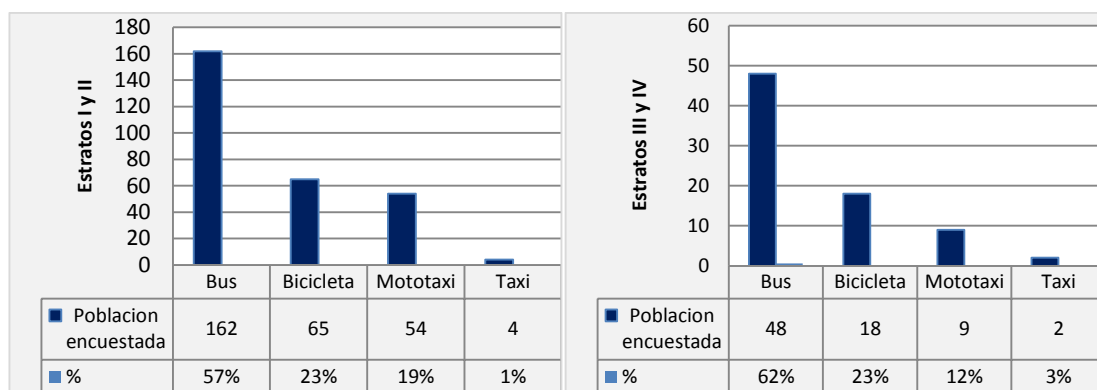
En ambos rangos de edad, se puede observar una pequeña variación de porcentaje para cada modo, pues las personas con menor edad estarían dispuestas a utilizar más la bicicleta como su medio de transporte ya que manifestaron que les parece conveniente implantar un modo sostenible que traiga ventajas tanto para el ambiente como para ellos mismos, a diferencia de las personas con mayor edad, quienes no quieren realizar un esfuerzo físico mayor y por

<sup>29</sup> BRIEVA PATERNINA José Luis. Estudio del mototaxismo 2007. (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 07 de julio de 2015.]. Disponible en internet en: [www.elpais.com.co/elpais/archivos/estudio-mototaxismo.pdf](http://www.elpais.com.co/elpais/archivos/estudio-mototaxismo.pdf), p..19

tal motivo prefieren utilizar vehículos motorizados para su respectivo desplazamiento, pero en los dos rangos se observa que sin importar la edad, el bus sigue siendo el transporte más utilizado por su costo y tiempos de viaje, que aunque en los escenarios hipotéticos se le dieron valores de tiempos altos, estos lo siguen considerando su modo preferido.

En cuanto al mototaxi y el taxi, no varían mucho sus porcentajes pues son medios que presentan menores tiempos pero mayores costos.

**Grafico 4.** Estrato vs. Modo escogido



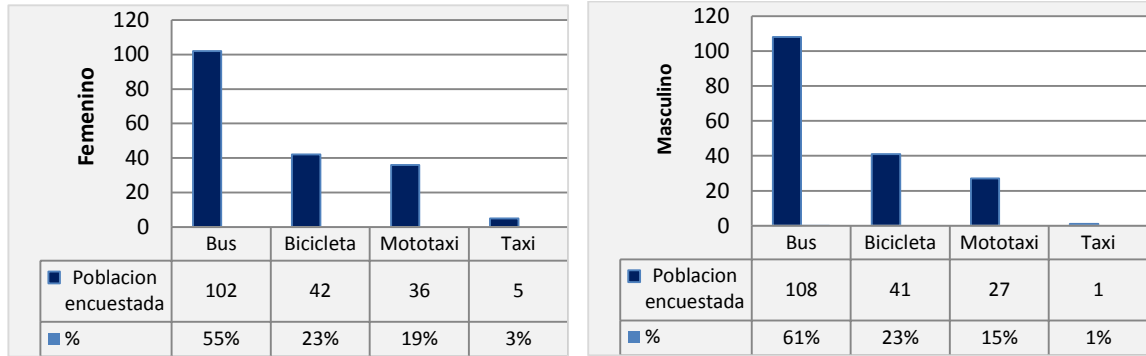
**Fuente.** Autores del proyecto

En el grafico (4), se observan los diferentes estratos a los cuales pertenece la población encuestada, en los que se tiene que en el estrato 1 y 2, 162 personas escogieron el bus, 65 la bicicleta, 54 el mototaxi y 4 el taxi.

En el estrato 3 y 4, 48 personas escogieron el bus, 18 la bicicleta, 9 el mototaxi y 2 el taxi.

En estos dos rangos se presentan variaciones considerables a la hora de escoger un modo de transporte, porque en los estratos considerados como medio - bajos, no tuvo una preferencia alta el taxi con solo un 1% por su alto costo, mientras que en los estratos medio – altos su porcentaje estuvo un poco más elevado con un 3% de escogencia, el bus es el medio preferido en todos los estratos con 57% en los estratos 1 y 2, y con un 62% para los estratos 3 y 4, esto se debe a que las personas tienen como costumbre que el bus es el modo de transporte público y no se arriesgan a optar por otras opciones que pueden marcar diferencias importantes en la movilidad, y se observa claramente en la escogencia de la bicicleta que se mantuvo estable con 23% y no logra ser más importante que el bus a pesar que esta es más económica y sostenible, pero si está por encima del mototaxi y eso es un avance, pues los usuarios están tomando conciencia al dejar un poco de lado este tipo de vehículo que en ciertos casos resulta ser peligroso.

**Grafico 5. Sexo vs. Modo escogido**



**Fuente.** Autores del proyecto

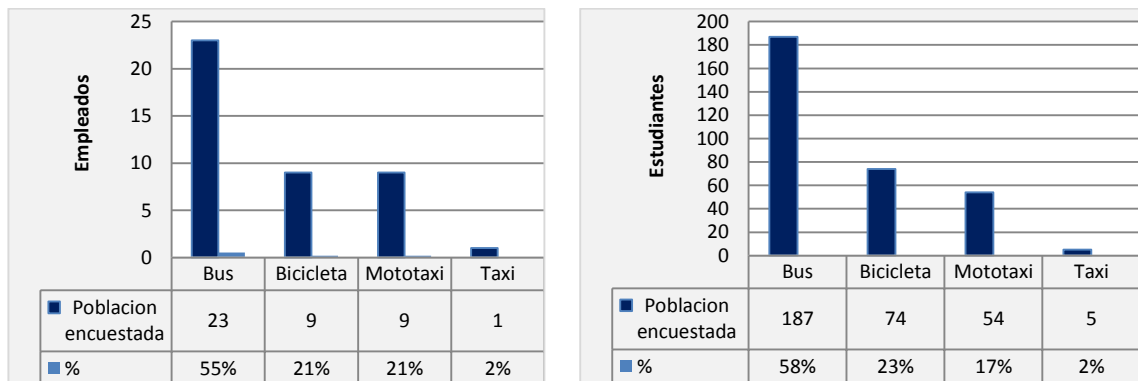
En el grafico (5), se observa la población femenina y masculina la cual fue encuestada para que escogieran un modo de transporte para ir desde su lugar de residencia hasta la universidad.

En total se encuestaron 185 mujeres y 177 hombres, lo que nos da un total de 362 personas encuestadas.

Se puede observar que tanto mujeres como hombres prefieren utilizar el bus 55% y 61% respectivamente y un 23% prefieren la bicicleta como modo de transporte.

Algo importante que se puede notar, es que aunque en la ciudad se han presentado muchos inconvenientes de inseguridad con el mototaxismo, las mujeres prefieren este medio más que los hombres, pero estos porcentajes siguen estando por debajo de la bicicleta y el bus, los cuales siguen siendo los preferidos sin importar el género.

**Grafico 6. Ocupación vs. Modo escogido**



**Fuente.** Autores del proyecto

En el gráfico (6), se observan dos categorías según la ocupación siendo estos empleados y estudiantes, donde podemos analizar el uso de los modos de transporte en ambas.

Se puede notar, que un medio de transporte sostenible es más importante para los estudiantes, pues estos estarían dispuestos a utilizarlo con sus ventajas y desventajas, y esto se debe en su mayoría al no tener un salario estable, optando por modos económicos, mientras que gran porcentaje de empleados prefieren un vehículo motorizado.

Aunque los porcentajes no varían de manera relevante, a la hora de realizar las encuestas se pudo observar el poco interés de salir del esquema del bus como transporte, pues no se logró obtener que la bicicleta llegara a ser importante en ninguna de las ocupaciones de los encuestados.

#### 4.4 CALIBRACIÓN MODELO ECONOMETRICO MEDIANTE LA DISTRIBUCIÓN LOGIT MULTINOMIAL UTILIZANDO EL SOFTWARE BIOGEME

Se calibraron modelos econométricos de partición modal Logit Multinomial que permitió obtener utilidades de cada una de las alternativas aplicadas en la encuesta PD y de esta forma determinar cómo funcionaría el uso de la bicicleta como modo de transporte sostenible.

Posteriormente se realiza un análisis y se presentan los mejores modelos obtenidos. Se utilizaron las siguientes variables explicativas:

**Cuadro 6.** Características de las variables observadas respecto al bus

VARIABLES	NOMENCLATURA UTILIZADA EN EL MODELO	MAXIMO	MINIMO	DESVIACION ESTANDAR
Costo tarifa del bus	buscosto	1200	800	1.633.244
Tiempo de viaje del bus	busttemp	25	15	408.311
Tiempo de acceso del bus	busacces	20	15	250.038
Infraestructura del bus	businfra	0	0	0

**Fuente.** Autores del proyecto

**Cuadro 7.** Características de las variables observadas respecto al taxi

VARIABLES	NOMENCLATURA UTILIZADA EN EL MODELO	MAXIMO	MINIMO	DESVIACION ESTANDAR
Costo tarifa del taxi	taxcost	6000	4000	8.166.219
Tiempo de viaje del taxi	taxtiemp	20	10	408.311
Tiempo de acceso del taxi	taxacces	5	0	2.500.384
Infraestructura del taxi	taxinfra	0	0	0

**Fuente.** Autores del proyecto

**Cuadro 8.** Características de las variables observadas respecto a la bicicleta

VARIABLES	NOMENCLATURA UTILIZADA EN EL MODELO	MAXIMO	MINIMO	DESVIACION ESTANDAR
Costo tarifa de la bicicleta	bicicost	0	0	0
Tiempo de viaje de la bicicleta	bicitiem	40	25	6.237.053
Tiempo de acceso de la bicicleta	biciacce	0	0	0
Infraestructura de la bicicleta	bicinfr	1	0	0.4992959

**Fuente.** Autores del proyecto

**Cuadro 9.** Características de las variables observadas respecto al mototaxi

VARIABLES	NOMENCLATURA UTILIZADA EN EL MODELO	MAXIMO	MINIMO	DESVIACION ESTANDAR
Costo tarifa del mototaxi	motocost	2500	1500	408.311
Tiempo de viaje del mototaxi	mototiem	15	5	4.08311
Tiempo de acceso del mototaxi	motoacce	10	5	2.50038
Infraestructura del mototaxi	motoinfr	0	0	0

**Fuente.** Autores del proyecto

Para los cuadros (6), (7), (8) y (9) se utilizó el software Stata para extraer datos estadísticos como los valores máximos y mínimos y la desviación estándar de las variables obtenidas. Analizando las variables explicativas como costo, tiempo de viaje, tiempo de acceso e infraestructura, se espera obtener de cada una de ellas signos negativos debido a que mayor valor de este atributo, menor será la probabilidad de la alternativa.



Los parámetros a estimar en los modelos son los siguientes:

ASC<sub>i</sub>: constante explicativa de la alternativa, en el que en la alternativa 1 se fija con el valor de 1 y las otras tres opciones se dejan variables con el valor 0.

ASC1: Bicicleta

ASC2: Bus

ASC3: Taxi

ASC4: Moto

Beta1: Utilidad marginal del costo

Beta2: Utilidad marginal del tiempo de viaje

Beta3: Utilidad marginal del tiempo de acceso

Beta4: Utilidad marginal de la infraestructura

Se obtuvo tres modelos calibrados en BIOGEME teniendo en cuenta los signos de las variables y la significancia de las mismas ( $t \geq 1.96$ ). A continuación se describe cada uno de los modelos escogidos:

#### 4.4.1 Modelos

Los modelos de elección discreta tienen su fundamento en las elecciones observadas de viajeros individuales, para este proyecto se utilizó el modelo Logit múltiple (Multinomial, MNL en la literatura) modelo que considera tres o los resultados más discretos siendo el más simple, y a la vez más popular en esta materia.

El objetivo del modelo MNL es estimar una función que determina las probabilidades de resultado. Como un ejemplo, para los modelos de elección basada en la teoría de la utilidad de esta función.

La expresión utilizada para este modelo es:

$$P_i = \frac{\exp(\beta \bar{U}_i)}{\sum_j \exp(\beta \bar{U}_j)} \quad (4)$$

$P_i$  Es la probabilidad de que el usuario de cada categoría elija el modo.<sup>30</sup>

Y para representar lo atractivo de las alternativas se suele utilizar el concepto de *utilidad*, y se supone que el usuario elegirá aquella que le reporte una mayor utilidad, esta se muestra como una combinación lineal de variables, por ejemplo:

$$\bar{U}_i = \beta_1(y_1) + \beta_2(y_2) + \dots + \beta_i(y_i) \quad (5)$$

---

<sup>30</sup> ORTÚZAR S, J. d. (n.d.). Modelos de Demanda de Transporte, 2da edición. Chile: Alfaomega.

Donde los parámetros  $\beta$  (beta) representan equitativamente los atributos del modo y las características del usuario de la categoría, y los coeficientes  $y_i$ , se interpreta como *constante modal específica* y se extrae de la base de datos utilizada.<sup>31</sup>

Teniendo en cuenta estos dos tipos de variables, las funciones de utilidad para las ecuaciones (6), (7), (8) y (9) se definen como:<sup>32</sup>

$$\bar{U}_i = ASC1 * one + \sum \beta_i(y_i) \quad (6)$$

$$\bar{U}_i = ASC2 * one + \sum \beta_i(y_i) \quad (7)$$

$$\bar{U}_i = ASC3 * one + \sum \beta_i(y_i) \quad (8)$$

$$\bar{U}_i = ASC4 * one + \sum \beta_i(y_i) \quad (9)$$

Luego de obtener los resultados del modelo analizamos datos como:

El logaritmo de la función de verosimilitud

El t test

El p

Los signos

**La log verosimilitud** corresponde al valor del parámetro que tiene mayor probabilidad de haber generado la muestra observada.

Normalmente se recurre a la técnica estadística de la función de verosimilitud para calibrar los parámetros.

**El t test** es usado para evaluar la significación de cada parámetro del modelo, si  $t \geq 1,96$  se rechaza la hipótesis nula al 95% de confianza y se acepta que el atributo tiene un efecto significativo.<sup>33</sup>

**El p** es una valor que es mejor entre más se acerque su valor a cero (0)

**La prueba de los signos** se puede utilizar en un gran número de situaciones, su aplicación más común es identificar la alternativa más preferida, entre un conjunto de alternativas, los datos se registran en términos de signos más o menos<sup>34</sup>

---

<sup>32</sup> Washington, S., Karlaftis, M., & Mannering, F. (2003). *Statistical AND Econometric Methods FOR Transportation Data Analysis*. United States of America: Chapman & Hall/CRC.

<sup>33</sup> ORTÚZAR S, J. d. (n.d.). *Modelos de Demanda de Transporte*, 2da edicion. Chile: Alfaomega.

<sup>34</sup> Washington, S., Karlaftis, M., & Mannering, F. (2003). *Statistical AND Econometric Methods FOR Transportation Data Analysis*. United States of America: Chapman & Hall/CRC.

Para la calibración de los modelos se inició con un conjunto de elecciones dado por cuatro alternativas, como se mencionó anteriormente y los atributos relevantes apreciados en los cuadros (6), (7), (8) y (9) realizando varias modelaciones con el programa Biogeme V.22 (2012).

Para la modelación fue necesaria en los casos posibles la utilización de variables mudas si existieran varias alternativas como por ejemplo para los estratos y la infraestructura, ya que de esta forma capturamos de forma sencilla los resultados que no pueden representarse con variables reales o que son difícilmente cuantificables.

El cuadro (10) muestra los valores adoptados para las variables mudas:

**Cuadro 10.** Definición de variables mudas para la modelación

PREFERENCIA	VARIABLES MUDAS	
	0	1
Infraestructura	Si hay	No hay
Estrato	1 y 2	3 y 4

**Fuente.** Autores del proyecto

Para los otros 2 atributos como tiempo de viaje y tiempo de acceso que de la misma manera fueron incluidos dentro de los modelos no se tuvo en cuenta como variables mudas pues es el tiempo exacto que gasta en transportarse en cada modo. Ver Anexo D. Base de datos digitación encuestas

Como se dificulta determinar a simple vista cuál es el modelo que se debe utilizar, siendo un trabajo dispendioso de prueba para elegir el mejor modelo, la calibración consideró inicialmente las variables consultadas a la población en la encuesta PD, como tarifa, tiempo de viaje, tiempo de acceso e infraestructura, designadas como beta1, beta2, beta3 y beta4 respectivamente, para luego incluir el efecto de variables adicionales como el estrato, siendo muy favorable e incidente para un modelo satisfactorio en nuestra investigación, otras variables como la edad, el sexo, la ocupación, nivel de estudios, programa académico, vehículo que posee, ingresos, barrios de origen, no resultaron atractivas para los resultados del modelo. Se probó inicialmente la inclusión de la variable tarifa, designada como beta1, pero no se encontró un resultado satisfactorio, por tanto no se tuvo en cuenta en la escogencia de los modelos. Existen otros estudios de modelación de elección modal a nivel nacional que se han realizado, donde también se ha llegado a determinar que el costo no es influyente así como en: “Modelo de demanda para un tren de pasajeros entre Tunja y

Bogotá”<sup>35</sup> y “Modelación de la elección del motocarro como medio de transporte público en zonas rurales aplicación al municipio de Girardota”<sup>36</sup>

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de la calibración de tres modelos donde se realiza una comparación entre estos, analizando datos como el t – test, el p – value y la log verosimilitud, explicados más adelante, lo que permitirá elegir el modelo con sus variables más significantes y que muestre la influencia en la elección del modo.

---

<sup>35</sup> MARQUEZ, LUIS GABRIEL H. J. (2009). Modelo de demanda para un Tren de Pasajeros entre Tunja y Bogotá. Bogotá: Revista Ingeniería.

<sup>36</sup> CASTRILLON, A. S. (2011). Modelación de la elección del motocarro como medio de transporte público en zonas rurales aplicación al municipio de Girardota. Medellín.

**Cuadro 11.** Modelos calibrados

Definición de las variables		MODELO 1: MNL1			MODELO 2: MNL2			MODELO 3: MNL3		
Alternativas y atributos	Parámetro	Estimación	t - test	p - value	Estimación	t - test	p - value	Estimación	t - test	p - value
Bicicleta	ASC1	0,00			0,00			0,00		
Bus	ASC2	0,872	4,28	0,00	1,26	6,31	0,00	0,359	2,75	0,01
Mototaxi	ASC3	-0,568	-5,16	0,00	-0,234	-2,29	0,02	-0,827	-5,61	0,00
Taxi	ASC4	-2,56	-14,34	0,00	-2,21	-12,82	0,00	-2,9	-15,39	0,00
Tiempo de Viaje	BETA2	-0,0280	-5,50	0,00	-0,0281	-5,66	0,00	-0,0281	-5,51	0,00
Tiempo de acceso	BETA3	-0,0170	-1,62	0,11	-0,0206	-1,94	0,05	-----	-----	-----
Infraestructura	BETA4	-0,809	-8,18	0,00	-----	-----	-----	-0,815	-8,24	0,00
Estrato	BETA6	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-0,121	-2,05	0,04
<b>log-verosimilitud</b>		-3361,985			-3397,405			-3361,159		

**Fuente.** Autores del proyecto

Luego de la calibración de modelos de elección discreta, debe procederse a realizar un análisis de las propiedades estadísticas de estos, a fin de tomar una decisión y seleccionar a aquellos que mejores resultados presentan para lograr los objetivos del presente estudio, lo que sería en si un diagnóstico de los modelos.

Deben realizarse varios análisis con respecto a lo explicado anteriormente:

En primer lugar verificar el t test siendo mayor o igual a 1,96 ( $t \geq 1,96$ ) para determinar las variables significantes y la eficiencia del modelo

El p que según lo anterior se prefiere que su valor sea cercano a cero (0)

Ademas que los signos coincidan con una respuesta favorable.

Igualmente se comparan entre los distintos modelos seleccionados la log verosimilitud y la razón de verosimilitud, de tal forma que la de mayor valor corresponde al mejor modelo.

Según los tres modelos calibrados mostrados anteriormente los signos de todas las variables son los correctos. A continuación se realiza un análisis detallado de cada uno:

**MNL1:** Este modelo tiene como variables principales: Tiempo de viaje, tiempo de acceso e infraestructura. Ver Anexo E. Modelos de Biogeme

Se observa según el cuadro (11) los valores significativos t – test mayores a 1.96 como en los tiempos de viaje (betas 2) e infraestructura (beta 4). En cuanto al tiempo de acceso se puede apreciar que el t estadístico es poco significativo aunque no muy alejado del valor aceptable.

Como era de esperarse, a medida que el tiempo de viaje y tiempo de acceso disminuye aumenta la probabilidad de que los usuarios seleccionen cualquiera de los modos de transporte.

Para el caso de la infraestructura se observa que tiene un gran impacto sobre la escogencia del modo de transporte, debido a que fue la variable con mayor significancia en el modelo. El signo negativo nos indica que si no contamos con una infraestructura adecuada disminuye la probabilidad de escoger alguno de los modos de transporte.

**MNL2:** Este tipo de modelo tiene como variable aleatoria los tiempos tanto de viaje como de acceso. Al igual que en el modelo 1 la escogencia del modo de transporte depende de la disminución de estos tiempos. Ver Anexo E. Modelos de Biogeme.

**MNL3:** En este modelo se consideró como variable aleatoria el tiempo de viaje y la infraestructura, además se decidió agregar una variable adicional como lo es el estrato para verificar la reacción del modelo, siendo aplicado solo en la bicicleta, el resultado cumple con los signos de las variables y tiene valores de  $t$  aceptables, en especial al estrato que nos muestra significancia con valor de 2,05 y el signo que define efectivamente que los estratos 1 y 2 son los más dispuestos al uso de la bicicleta como modo de transporte.

Ver Anexo E. Modelos de Biogeme.

#### 4.4.2 Probabilidades

A continuación en el cuadro (12) se puede observar un resumen de los datos más relevantes de los tres modelos tenidos en cuenta, además se analizó el modelo 4, mostrando que el costo no es una variable significativa (t estadístico = 0.67) para la elección modal.

En el cuadro (13) se hizo un promedio de los tiempos de viaje, tiempos de acceso, infraestructura y estrato, para cada modo de transporte, utilizados para el cálculo de las ecuaciones de utilidad de cada uno de los modelos.

Se realiza una estimación de probabilidades en los cuadros (15), (17) y (19) para determinar el porcentaje de uso de cada modo en cada modelo.

**Cuadro 12.** Análisis de los modelos

Variable	ASC1	ASC2	ASC3	ASC4	Beta 1 Costo	Beta 2 Tv	Beta 3 Acc	Beta 4 Infr	Beta 6 Estrato	No. Parametros	Log- verosimilitud	Test razón de verosimilitud	$\rho^2$ ajustado
MNL-1	---	0.872(4.28)	-0.568(-5.16)	-2.56(-14.34)	---	-0.0280(-5.50)	-0.0170(-1.62)	-0.809(-8.18)	---	6	-3361.985	2309.125	0.254
MNL-2	---	1.26(6.31)	-0.234(-2.29)	-2.21(-12.82)	---	-0.0281(-5.66)	-0.0206(-1.94)	---	---	5,00	-3397.405	2238.283	0.247
MNL-3	---	0.570(7.03)	-0.616(-5.79)	-2.69(-16.96)	---	-0.0282(-5.52)	---	-0.815(-8.24)	-0.121(-2.05)	5,00	-3363.292	2306.510	0.254
MNL-4- COSTO	---	0,903(4,33)	-0,40(-1,47)	-2,49(-12,29)	-0,023(-0,67)	-0,0281(-5,51)	-0,0169(-1,61)	-0,811(-8,19)	---	7,00	-3361.76	2309,574	0,254

**Fuente.** Autores del proyecto

Para el cálculo de las probabilidades, en cuanto a la infraestructura, se realiza un análisis comparativo teniendo en cuenta si hay o no.

Como se mencionó anteriormente para esta variable se tomaron valores de 0 si hay y 1 si no hay.

**Cuadro 13.** Datos de las variables utilizadas para realizar el análisis

Bici				Bus			Taxi			Moto		
tv1	acc1	Infr1	Estrato	tv2	acc2	infr2	tv3	acc3	Infr3	tv4	acc4	Infr4
32	0	0	0	20	20	0	15	5	0	10	5	0

Bici				Bus			Taxi			Moto		
tv1	acc1	Infr1	Estrato	tv2	acc2	infr2	tv3	acc3	Infr3	tv4	acc4	Infr4
32	0	1	0	20	20	0	15	5	0	10	5	0

**Fuente.** Autores del proyecto

A continuación en los cuadros: Cuadro (14), cuadro (15), cuadro (16), cuadro (17), cuadro (18) y el cuadro (19) de los modelos 1,2 y 3 se realizan los cálculos de las probabilidades



MODELO 1 (MNL1):

**Cuadro 14.** Modelo de utilidad de Logit Multinomial para MNL1

MODELOS DE UTILIDAD DE LOGIT MULTINOMIAL	
<b>BICI</b>	$viq = ASC1 + BETA2 * bicitiem + BETA3 * biciacce + BETA4 * bicinfra$
<b>BUS</b>	$viq = ASC2 + BETA2 * bustiemp + BETA3 * busacces + BETA4 * businfra$
<b>TAXI</b>	$viq = ASC3 + BETA2 * mototiem + BETA3 * motoacce + BETA4 * motoinfr$
<b>MOTO</b>	$viq = ASC4 + BETA2 * taxtiemp + BETA3 * taxacces + BETA4 * taxinfra$

**Fuente.** Autores del proyecto

En el siguiente cuadro se observan las probabilidades teniendo en cuenta la presencia de infraestructura para el uso de la bicicleta.

**Cuadro 15.** Evaluación del modelo con los valores medios de todas las encuestas para MNL1

	ASC	BETA2*TV	BETA3*acc	BETA4*Infr	TOTAL UTILIDAD	EXP(UTILIDAD)	PROBABILIDAD	%
<b>bici</b>		-0,896	0	0	-0,896	0,408199195	0,229811702	23%
<b>bus</b>	0,872	-0,56	-0,34	0	-0,028	0,972388367	0,547444062	55%
<b>taxi</b>	-0,568	-0,42	-0,085	0	-1,073	0,341981034	0,192531598	19%
<b>moto</b>	-2,56	-0,28	-0,085	0	-2,925	0,053664692	0,030212637	3%

	ASC	BETA2*TV	BETA3*acc	BETA4*Infr	TOTAL UTILIDAD	EXP(UTILIDAD)	PROBABILIDAD	%
<b>bici</b>		-0,896	0	-0,809	-1,705	0,181772386	0,117287151	12%
<b>bus</b>	0,872	-0,56	-0,34	0	-0,028	0,972388367	0,627425669	63%
<b>taxi</b>	-0,568	-0,42	-0,085	0	-1,073	0,341981034	0,220660475	22%
<b>moto</b>	-2,56	-0,28	-0,085	0	-2,925	0,053664692	0,034626705	3%

**Fuente.** Autores del proyecto

MODELO 2 (MNL2):

**Cuadro 16.** Modelo de utilidad de Logit Multinomial para MNL2

MODELOS DE UTILIDAD DE LOGIT MULTINOMIAL	
<b>BICI</b>	$viq = ASC1 + BETA2 * bicitiem + BETA3 * biciacce$
<b>BUS</b>	$viq = ASC2 + BETA2 * bustiemp + BETA3 * busaces$
<b>TAXI</b>	$viq = ASC3 + BETA2 * mototiem + BETA3 * motoacce$
<b>MOTO</b>	$viq = ASC4 + BETA2 * taxtiemp + BETA3 * taxaces$

**Fuente.** Autores del proyecto

**Cuadro 17.** Evaluación del modelo con los valores medios de todas las encuestas para MNL2

	ASC	BETA2*TV	BETA3*acc	TOTAL UTILIDAD	EXP(UTILIDAD)	PROBABILIDAD	%
<b>bici</b>		-0,8992	0	-0,8992	0,406895046	0,178378517	18%
<b>bus</b>	1,26	-0,562	-0,412	0,286	1,331092455	0,583536961	58%
<b>taxi</b>	-0,234	-0,4215	-0,103	-0,7585	0,468368453	0,205327814	21%
<b>moto</b>	-2,21	-0,281	-0,103	-2,594	0,074720559	0,032756709	3%

**Fuente.** Autores del proyecto

MODELO 3 (MNL3):

**Cuadro 18.** Modelo de utilidad de Logit Multinomial para MNL3

MODELOS DE UTILIDAD DE LOGIT MULTINOMIAL	
<b>BICI</b>	$viq = ASC1 + BETA2 * bicitem + BETA4 * bicinfra + BETA6 * Estrato$
<b>BUS</b>	$viq = ASC2 + BETA2 * bustiemp + BETA4 * businfra$
<b>TAXI</b>	$viq = ASC3 + BETA2 * mototiem + BETA4 * motoinfr$
<b>MOTO</b>	$viq = ASC4 + BETA2 * taxtiemp + BETA4 * taxinfra$

**Fuente.** Autores del proyecto

A continuación se observan las probabilidades teniendo en cuenta la presencia de infraestructura y estratos 1 y 2 para el uso de la bicicleta.

**Cuadro 19.** Evaluación del modelo con los valores medios de todas las encuestas para MNL3

Con infraestructura y estratos 1 y 2

	ASC	BETA2*TV	BETA4*Infr	BETA6*ESTRATO	TOTAL UTILIDAD	EXP(UTILIDAD)	PROBABILIDAD	%
<b>bici</b>		-0,9024	0	0	-0,9024	0,405595063	0,2232688	22%
<b>bus</b>	0,57	-0,564	0	0	0,006	1,006018036	0,553784945	55%
<b>taxi</b>	-0,616	-0,423	0	0	-1,039	0,353808313	0,194761635	19%
<b>moto</b>	-2,69	-0,282	0	0	-2,972	0,051200806	0,02818462	3%

Sin infraestructura y estratos 1 y 2

	ASC	BETA2*TV	BETA4*Infr	BETA6*ESTRATO	TOTAL UTILIDAD	EXP(UTILIDAD)	PROBABILIDAD	%
<b>bici</b>		-0,9024	-0,815	0	-1,7174	0,179532326	0,112873695	11%
<b>bus</b>	0,57	-0,564	0	0	0,006	1,006018036	0,632493187	63%
<b>taxi</b>	-0,616	-0,423	0	0	-1,039	0,353808313	0,22244268	22%
<b>moto</b>	-2,69	-0,282	0	0	-2,972	0,051200806	0,032190438	3%

Con infraestructura y estratos 3 y 4

	ASC	BETA2*TV	BETA4*Infr	BETA6*ESTRATO	TOTAL UTILIDAD	EXP(UTILIDAD)	PROBABILIDAD	%
<b>bici</b>		-0,9024	0	-0,121	-1,0234	0,359370999	0,202988801	20%
<b>bus</b>	0,57	-0,564	0	0	0,006	1,006018036	0,568243947	57%
<b>taxi</b>	-0,616	-0,423	0	0	-1,039	0,353808313	0,199846748	20%
<b>moto</b>	-2,69	-0,282	0	0	-2,972	0,051200806	0,028920504	3%

Sin infraestructura y estratos 3 y 4

	ASC	BETA2*TV	BETA4*Infr	BETA6*ESTRATO	TOTAL UTILIDAD	EXP(UTILIDAD)	PROBABILIDAD	%
<b>bici</b>		-0,9024	-0,815	-0,121	-1,8384	0,159071737	0,101313196	10%
<b>bus</b>	0,57	-0,564	0	0	0,006	1,006018036	0,64073546	64%
<b>taxi</b>	-0,616	-0,423	0	0	-1,039	0,353808313	0,22534142	23%
<b>moto</b>	-2,69	-0,282	0	0	-2,972	0,051200806	0,032609924	3%

**Fuente.** Autores del proyecto

Teniendo en cuenta los 3 modelos obtenidos, se aplicó el cálculo de la probabilidad en base a los valores promedios de las variables contenidas en las funciones de utilidad marginal para determinar la probabilidad

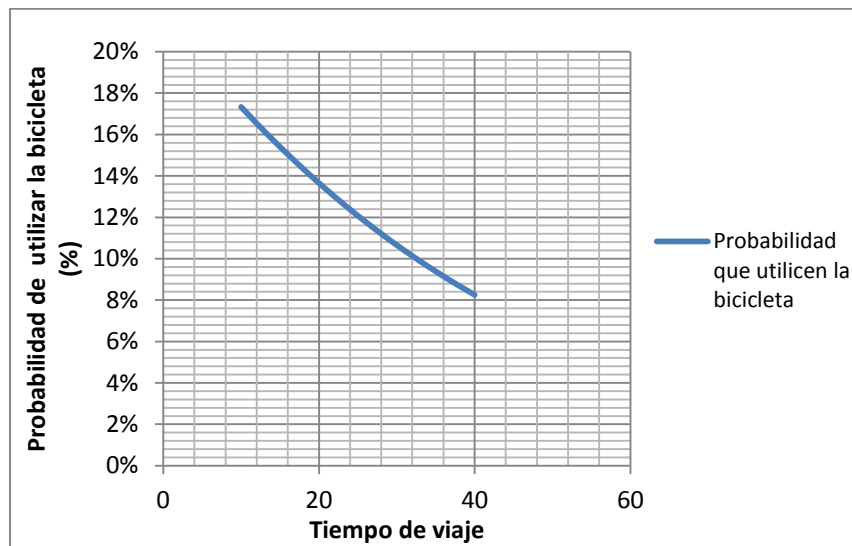
**Para el modelo 1.** El análisis se realizó con y sin infraestructura. Los resultados nos indican que la probabilidad de escoger la bicicleta como modo de transporte aumenta en un 11% si se dispone de una infraestructura adecuada, mientras que si no se cuenta con esta, aumenta la probabilidad de escogencia del taxi por encima de la bicicleta. Ver cuadro (15)

**Para el modelo 2.** En este modelo la alternativa de transporte más influyente sigue siendo el bus con un 58%. Debido a que en este modelo solo se tuvo en cuenta el tiempo de viaje y de acceso, aumenta la preferencia del taxi (21%) sobre la bicicleta (18%). Ver cuadro (17)

**Para el modelo 3.** En el cuadro (19) se aprecia que la probabilidad del uso de la bicicleta aumentaría en un 11 % en los usuarios de estratos bajos si se cuenta con cicloruta, disminuyendo la probabilidad del uso del taxi en un 3%. Para los estratos altos la presencia de cicloruta igualaría la probabilidad de tomar tanto bicicleta como taxi (20%), mientras que si no se cuenta con dicha infraestructura la probabilidad de escoger bicicleta disminuiría en un 10%.

En conclusión, efectuando el ranking entre los modelos calibrados se decidió escoger el modelo MNL3 como el mejor por tener el nivel de significancia de sus variables dentro del 95% de confianza y signos consistentes por tal razón se decide realizar la gráfica de probabilidad para este modelo

**Grafico 7.** Probabilidad que utilicen la bicicleta teniendo en cuenta el tiempo de viaje para el modelo 3 ( MNL3)



**Fuente.** Autores del proyecto

La gráfica (7) se realizó a partir del análisis estadístico del modelo, con el fin de establecer la probabilidad que existe de utilizar la bicicleta según el tiempo de viaje del cual podemos concluir que entre menor sea el tiempo de viaje mayor es la probabilidad de utilizar la bicicleta como medio de transporte sostenible.

## 5. CONCLUSIONES

Este proyecto permitió elaborar modelos calibrados en Biogeme utilizando la distribución Logit Multinomial a partir de la información recolectada por medio de encuestas de preferencia declarada, aportando un conocimiento en la rama de transportes sobre movilidad sostenible, utilizando conceptos estadísticos y realizando investigaciones sobre proyectos relacionados del tema.

Se decidió elaborar 3 rutas modelo por las vías de mayor uso en la ciudad de Ocaña hacia la universidad, recolectando la información necesaria de ellas por medio de Gps proporcionados por el Laboratorio de Topografía y el préstamo de bicicletas por parte de Bienestar Universitario de nuestra universidad. Esta información ilustra al usuario sobre el tiempo, la velocidad y la distancia aproximada del recorrido.

A partir de los datos recolectados de las encuestas PD fue posible la modelación en Biogeme de modelos que permitieron mostrar las variables influyentes en la escogencia del modo de transporte.

Cuando se realizaron las encuestas se observó que muchos usuarios no escogieron la bicicleta ya que existe una escasa cultura ciclista presente en la ciudad y que refleja la influencia sobre las personas en un contexto social donde la bicicleta no está integrada en el espacio urbano como modo de desplazamiento habitual.

El uso de la bicicleta resulto atractivo solo para una parte de la población, ya que usar este medio en la ciudad tiene distintas dificultades por la topografía y otras causas como la fatiga y falta de espacios adecuados para el tránsito seguro, pero principalmente la escasez de cultura hacia una movilidad realmente sostenible que cambie la tendencia actual hacia el incremento de externalidades que inciden de cierta forma en el desarrollo de la ciudad.

Igualmente, se analizaron los datos por medio de gráficos estadísticos donde se realizaron combinaciones que mostraban las preferencias de los encuestados, según su edad, sexo, estrato, ocupación y su último medio de transporte utilizado para ir a la universidad, con el fin de conocer la influencia del uso de la bicicleta para movilizarse hacia el campus universitario, según las categorías presentes en la encuesta.

En la calibración de los modelos se determinó que las variables más influyentes en los usuarios a la hora de escoger un modo de transporte para ir a la universidad y a sus lugares de residencia son los tiempos de viaje y de acceso y la infraestructura.

En los resultados observamos la importancia de la presencia de infraestructura donde se ve reflejado que si se dispone de esta, la probabilidad de escoger la bicicleta como medio de transporte aumentaría considerablemente en la comunidad universitaria.

En esta investigación se observó que el costo del viaje es poco significativo a la hora de escoger el medio de transporte, debido a que se probó calibrar modelos incluyendo esta variable y no dio un resultado satisfactorio al relacionarse con los 4 modos de transporte

que se tuvieron en cuenta, debido a que los usuarios prefieren pagar un poco más y tener ahorros en cuanto al tiempo.

En conclusión, la bicicleta como modo de transporte hacia y desde la universidad es el segundo más importante después del bus, esto debido a que el bus es el modo tradicional. Sin embargo la bicicleta toma gran importancia por encima del taxi y la moto, siempre y cuando se disponga de la infraestructura para el tránsito seguro de los usuarios. De esta forma el propósito de esta investigación es incentivar a la comunidad universitaria para que adopte un nuevo estilo de vida que incluya una movilidad sostenible y así contribuir como ejemplo, para ir cambiando la mentalidad ayudando a influenciar a toda la ciudadanía al uso de este modo de transporte.

## **6. RECOMENDACIONES**

Para futuras investigaciones se recomienda incluir toda la población de Ocaña en la investigación, además la alternativa de taxi colectivo y el vehículo particular, así como también calibrar los modelos con un Logit Mixto y compararlo con un Logit Multinomial.

Respecto a la cultura ciclista para incentivar el uso de la bicicleta como modo de transporte se debe trabajar a nivel social y colectivo con: campañas escolares, campañas de concientización, educación vial, reserva de espacios, etc., ya que a lo largo de una serie de investigaciones se ha descubierto que la bicicleta es un modo de transporte eficiente y sostenible y gracias a su uso se obtienen ventajas económicas, ambientales y de salud, entre otras.

También a nivel individual influyendo en la actitud de las personas frente a la bicicleta mostrando sus beneficios, puesto que uno de los problemas a la hora de seleccionar un modo de transporte es que “el hombre es un animal de costumbres”

En países como Holanda, Dinamarca, Brasil, Canadá y otros, sus sistemas de transporte sostenible son integrados con el transporte público pues poseen estacionamientos especiales, vías verdes y cientos de kilómetros de ciclovías. Siguiendo este ejemplo se debería disponer de ciclorutas o ciclocarriles adecuados para los usuarios de la bicicleta asegurando su tránsito por las vías de la ciudad y de esta forma evitar accidentes e incentivar a la población a utilizar este medio de transporte.



## BIBLIOGRAFÍA

KHANDKER NURUL Habib, J. M. (2014). Sinopsis de la demanda de bicicletas en la ciudad de Toronto: La investigación de los efectos de la percepción, la conciencia y la comodidad en el propósito de andar en bicicleta y la propiedad de la bici. Toronto: Elsevier.

MELERO, I. M. (2011). El fomento del uso de la bicicleta en entorns educativos. Waunceulen E.F. Digital.

ORTÚZAR S, J. d. (n.d.). Modelos de Demanda de Transporte, 2da edicion. Chile: Alfaomega.

VACCA Alessandro, I. M. (2015). Comprendiendo el comportamiento del interruptor de ruta: un análisis basado en datos a través de GPS. . Cagliari: Elsevier.

WASHINGTON, S., KARLAFTIS, M., & MANNERING, F. (2003). Statistical AND Econometric Methods FOR Transportation Data Analysis. United States of America: Chapman & Hall/CRC.

ZHANG, D., AHOUAGI VAZ Magalhães, D., & XIAOKUN (Cara) Wang. (2014). Priorizar caminos para bicicletas en la ciudad de Belo Horizonte, Brasil: Análisis basado en las preferencias del usuario y la voluntad considerando la heterogeneidad individual. Belo Horizonte: Elsevier.

## REFERENCIAS DOCUMENTALES ELECTRÓNICAS

ALCALDÍA DE CÚCUTA - NORTE DE SANTANDER. Sitio oficial de Cúcuta en Norte de Santander, Colombia. (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 07 de julio de 2015.]. Disponible en internet en: <http://cucuta-nortedesantander.gov.co/noticias.shtml?apc=ccx-1-&x=1381903>

ARANGO, B. V.-B. Banco de la Republica - Colombia actividad cultural. Econometría. (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 07 de julio de 2015.]. Disponible en internet en: <http://www.banrepultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/economia/econo14.htm>

BRIEVA PATERNINA José Luis. Estudio del mototaxismo 2007. (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 07 de julio de 2015.]. Disponible en internet en: [www.elpais.com.co/elpais/archivos/estudio-mototaxismo.pdf](http://www.elpais.com.co/elpais/archivos/estudio-mototaxismo.pdf), p..19

CABALLERO, N. I. Blog Ingeniería de transporte: La congestión en las grandes ciudades. (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 07 de julio de 2015.]. Disponible en internet en: <http://papers-nico.blogspot.com/2008/06/la-congestin-en-las-grandes-ciudades.html>

CASTRILLON, A. S. (2011). Modelación de la elección del motocarro como medio de transporte público en zonas rurales aplicación al municipio de Girardota. Medellín.

COLOMBIA CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 769 de 2002. Por medio de la cual se expiden normas relacionadas con el tránsito de vehículos no automotores (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 07 de julio de 2015.]. Disponible en internet en: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=39275>

COLOMBIA.COM. Código de tránsito (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 07 de julio de 2015.]. Disponible en internet en: <http://www.colombia.com/noticias/codigotransito/t3c5.asp>

COMUNICACIONES LA UFM.9. La dependencia de Bienestar Universitario de la UFPSO realiza el préstamo de bicicletas (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 07 de julio de 2015.]. Disponible en internet en: [www.ufpso.edu.co](http://www.ufpso.edu.co). Recuperado el 17 de marzo de 2015, de [http://laufm.ufpso.edu.co/index.php?id\\_noticia=1820](http://laufm.ufpso.edu.co/index.php?id_noticia=1820)

CHOICEMETRICS. Ngene (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 07 de Julio de 2015.]. Disponible en internet en: <http://www.choice-metrics.com/documentation.html>

DEFINICION. Polución (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 07 de julio de 2015.]. Disponible en internet en: <http://definicion.de/>. Recuperado el 17 de marzo de 2015, de <http://definicion.de/polucion/#ixzz3UOOVaEQ2>

DEKOSTER, J., & U. SCHOLLAERT. En bici, hacia ciudades sin malos humos. (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 07 de julio de 2015.]. Disponible en internet en: [http://ec.europa.eu/environment/archives/cycling/cycling\\_es.pdf](http://ec.europa.eu/environment/archives/cycling/cycling_es.pdf)

DITUTOR. Desviación estándar (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 07 de julio de 2015.]. Disponible en internet en: [http://www.ditutor.com/estadistica/desviacion\\_estandar.html](http://www.ditutor.com/estadistica/desviacion_estandar.html)

ELSEVIER. Desviación estándar Vol. 28 numero 11. Diciembre 2002 (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 07 de julio de 2015.]. Disponible en internet en: <http://www.elsevier.es/es-revista-semergen-medicina-familia-40-articulo-desviacion-estandar-error-estandar-13041428>

G.E.R, G. d. Capsula Pro bici. Transporte ciclo ruta (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 07 de julio de 2015.]. Disponible en internet en: <http://www.internatura.org/educa/bicis3.html>

GARCÍA MUÑOZ Thomas. Etapas del proceso investigador: Población y muestra. Almendralejo, 2005. (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 07 de julio de 2015.]. Disponible en internet en: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:67bg2Rmn06YJ:www9.unileon.es/personal/wwdfcedg/Diversid/Webquest/poblacionmuestra.doc+&cd=2&hl=es&ct=clnk&gl=co>

M. R. Yamile. El mobiliario urbano (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 07 de julio de 2015.]. Disponible en internet en: [http://www.palermo.edu/dyc/maestria\\_diseno/pdf/tesis.completas/102-Melo-eliana.pdf](http://www.palermo.edu/dyc/maestria_diseno/pdf/tesis.completas/102-Melo-eliana.pdf)

MARQUEZ, LUIS GABRIEL H. J. (2009). Modelo de demanda para un Tren de Pasajeros entre Tunja y Bogotá. Bogotá: Revista Ingeniería.

MATTES, E. B., GARCIA Ramos, P., GRANDE Murillo, A., & PEREZ Ruiz, J. M. (2009). Guía del consumidor con discapacidad en Extremadura. (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 07 de julio de 2015.]. Disponible en internet en: [http://www.incoex.org/incoex/images/pdf/guia\\_discapacidad/bloque4.pdf](http://www.incoex.org/incoex/images/pdf/guia_discapacidad/bloque4.pdf)

PSICOLOGÍA PARA ESTUDIANTES. Z estadístico (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 07 de julio de 2015.]. Disponible en internet en: [http://www.ray-design.com.mx/psicoparaest/index.php?option=com\\_content&view=article&id=231:para-valor-z&catid=52:pruebaspara&Itemid=61](http://www.ray-design.com.mx/psicoparaest/index.php?option=com_content&view=article&id=231:para-valor-z&catid=52:pruebaspara&Itemid=61)

RODRÍGUEZ German. Stata tutorial, Princeton University. (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 07 de julio de 2015.]. Disponible en internet en: <http://data.princeton.edu/stata/>

SUÁREZ I. Mario O. Tesis Interaprendizaje De Probabilidades Y Estadística Inferencial Con Excel, Winstats Y Graph. Ibarra-Ecuador. 2012. (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 07 de julio de 2015.]. Disponible en internet en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/940/1/Interaprendizaje%20de%20Probabilidades%20y%20Estad%20C3%ADstica%20Inferencial%20con%20Excel,%20Winstats%20y%20Graph.pdf>

TOTAL, M. Tarifas de transporte (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 07 de julio de 2015.]. Disponible en internet en: <http://www.movilidadtotal.com.co>. Obtenido de <http://www.movilidadtotal.com.co/home/?q=definiciones>

TRANSPORT AND MOBILITY LABORATORY. Biogeme (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 07 de Julio de 2015.]. Disponible en internet en: <http://biogeme.epfl.ch/>

UFPSO. Estrategias pedagógicas innovadoras (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 07 de julio de 2015.]. Disponible en internet en: <https://ufpso.edu.co/>. Recuperado el 17 de marzo de 2015, de <https://ufpso.edu.co/Mision-Vision>

VENTAJASDESVENTAJAS.COM. prestamos de bicicletas (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 07 de julio de 2015.]. Disponible en internet en: <http://www.ventajasdesventajas.com/tener-bicicleta/>

VERDE, L. Transporte sostenible (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 07 de julio de 2015.]. Disponible en internet en: <http://www.lineaverdemajadahonda.com/>. Recuperado el 17 de marzo de 2015, de <http://www.lineaverdemajadahonda.com/manuales/MODULO9.pdf>

# **ANEXOS**

## [Anexo A. Combinaciones en NGENE](#)

Ver archivo adjunto

**Anexo B. Datos ruta con GPS**

Ver archivo adjunto

## Anexo C. Modelo de encuesta aplicado



[Anexo D. Base de datos digitación encuestas](#)

Ver archivo adjunto

## Anexo E. Modelos

A continuación se muestran los modelos calibrados en el software Biogeme V.22 (2012) con distribución Logit Multinomial: MNL1, MNL2 y MNL3, respectivamente.