



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ

TEMA: “PROYECTO DE FACTIBILIDAD SOBRE LA IMPLEMENTACIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS PARA TRANSPORTE PERSONAL ENTRE LOS CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE”

AUTOR: RIVADENEIRA AGUIRRE DARIO JAVIER

DIRECTOR: Ing. ROSERO AÑAZCO RAMIRO ANDRÉS MSc.

Ibarra, enero 2021

CERTIFICADO

ACEPTACIÓN DE DIRECTOR

En calidad de director del trabajo de grado previo a la obtención del título de Ingeniero en Mantenimiento Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

CERTIFICO:

Que una vez analizado el trabajo de grado cuyo título es "Proyecto de Factibilidad sobre la Implementación de Vehículos Eléctricos para Transporte Personal entre los Campus de la Universidad Técnica del Norte", realizado por el señor Rivadeneira Aguirre Dario Javier con cédula de identidad N° 1003639380, que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometidos a la presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra a los 13 días del mes de enero del 2021.

Atentamente;

RAMIRO ANDRES
ROSERO
ANAZCO



Firmado digitalmente
por RAMIRO ANDRES
ROSERO ANAZCO
Fecha: 2021.01.20
12:26:15 -05'00'

Ing. Ramiro Rosero MSc.

DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100363938-0		
APellidos y Nombres:	Rivadeneira Aguirre Dario Javier		
DIRECCIÓN:	Ejido de Caranqui, c. Princessa Pacha		
EMAIL:	djrivadeneiraa@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	2-652-452	TELÉFONO MÓVIL:	0985394719

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"Proyecto De Factibilidad Sobre La Implementación De Vehículos Eléctricos Para Transporte Personal Entre Los Campus De La Universidad Técnica Del Norte"
AUTOR :	Rivadeneira Aguirre Dario Javier
FECHA:	13 de Enero de 2021
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	PREGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mantenimiento Automotriz
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Rosero Añazco Ramiro Andrés MSc.

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 13 días del mes de enero de 2021

EL AUTOR:

Rivadeneira Aguirre Dario Javier

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis padres JULIO Y MÓNICA, que constituyen el pilar fundamental en mi vida, quienes además me han apoyado incondicionalmente a lo largo de mi carrera inculcándome siempre el logro de mis metas y objetivos como un camino al éxito.

DARIO RIVADENEIRA

AGRADECIMIENTO

A mi Familia, quienes han estado a mi lado brindándome siempre su apoyo absoluto, enseñándome que con perseverancia y esfuerzo se puede alcanzar las metas trazadas.

A mi tutor Ing. Rosero Añazco Ramiro Andrés Ms, quién guio con consejos e instrucciones el desarrollo de este trabajo de principio a fin.

A todos y cada uno de los docentes de la Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas de la Universidad Técnica del Norte, quienes gracias a sus conocimientos y experiencias impartidas en el aula de clase me permitieron crecer como profesional.

Al Mg. Marcelo Placencia Director del Departamento Financiero de la Universidad Técnica del Norte, por su incondicional ayuda en el desarrollo de este tema investigativo.

DARIO RIVADENEIRA

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN		XVI
INTRODUCCIÓN		XVIII
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN		
1.1. Antecedentes		1
1.2. Planteamiento del Problema		2
1.3. Formulación del Problema		3
1.4. Delimitación		3
1.4.1. Temporal		3
1.4.2. Espacial		3
1.5. Objetivos		4
1.5.1. Objetivo General		4
1.5.2. Objetivos Específicos		4
1.6. Alcance		5
1.7. Justificación		5
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA		7
2.1. Transporte y Movilidad		7
2.1.1. Transporte Urbano		7
2.1.2. Modos De Transporte Urbano		8
2.1.2.1. Modo Motorizado		9
2.1.2.2. Modo No Motorizado		9
2.1.3. Medios De Transporte Urbano		9
2.1.3.1. Transporte Urbano Privado		10
2.1.3.2. Transporte Urbano Público		10
2.1.3.3. Transportes Alternativos Urbanos		10
2.1.4. Definición De Ciudad		11
2.1.4.1. Población		12
2.1.4.2. Características Geográficas		12
2.1.5. Patrones De Movilidad Urbana		13
2.1.5.1. Generación De Viajes		13
2.1.5.2. Distribución De Viajes		14
2.1.5.3. Participación Modal		14
2.1.5.4. Asignación De Rutas		14
2.2. Movilidad Sostenible		15
2.2.1. Movilidad Urbana Sostenible		17
2.2.2. Emisión		19

2.2.3.	Ruido	19
2.2.4.	Análisis De Ciclo De Vida	20
2.3.	Movilidad Eléctrica Urbana	21
2.3.1.	Evolución De La Movilidad Eléctrica	21
2.3.2.	Vehículos Eléctricos Urbanos	22
2.3.2.1.	Bicicleta Eléctrica	25
2.3.2.2.	Monopatín Eléctrico	27
2.3.2.3.	Péndulo Invertido	28
2.3.2.4.	Biplaza Eléctrico	29
2.3.3.	Fuente De Carga	30
2.3.4.	Gestión De La Movilidad Eléctrica Urbana	32
2.4.	Eficiencia y Consumo Energético	33
2.4.1.	Eficiencia	33
2.4.2.	Consumo Energético	34
2.4.3.	Autonomía	35
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	36
3.1.	Metodología	36
3.2.	Caracterización Del Área De Estudio	37
3.2.1.	Ciudad De Ibarra	37
3.2.2.	Universidad Técnica Del Norte	38
3.3.	Determinación Del Modelo De 4 Etapas	38
3.3.1.	Generación De Viajes	40
3.3.1.1.	Elaboración De Encuesta	40
3.3.1.2.	Determinación De La Población	40
3.3.1.3.	Determinación De Muestra	41
3.3.2.	Distribución De Viajes	41
3.3.3.	Participación Modal	42
3.3.4.	Asignación De Rutas	42
3.4.	Dimensionamiento Del Tren De Potencia	43
3.4.1.	Potencia	43
3.4.1.1.	Resistencia A La Rodadura	44
3.4.1.2.	Resistencia Gravitatoria	46
3.4.1.3.	Resistencia Aerodinámica	48
3.4.1.4.	Resistencia Por Aceleración	51
3.4.1.5.	Resistencia Total	52
3.4.1.6.	Cálculo De Potencia Requerida Para El Motor	53
3.4.1.7.	Potencia Requerida Para El Vehículo Eléctrico Personal	53
3.4.1.8.	Consumo Energético	54
3.4.2.	Autonomía	54
3.4.3.	Análisis Comparativo	55
3.5.	Infraestructura Y Gestión	56

3.5.1.	Infraestructura	56
3.5.1.1.	Infraestructura De Estacionamientos	56
3.5.1.2.	Fuentes De Carga	57
3.5.1.3.	Ubicación De Estacionamientos	57
3.5.1.4.	Número De Vehículos	57
3.5.2.	Gestión	58
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	59
4.1.	Caracterización Del Área De Estudio	59
4.1.1.	Ciudad De Ibarra	59
4.1.2.	Campus Universitarios	60
4.1.2.1.	Campus Matriz El Olivo	60
4.1.2.2.	Campus Estadio Universitario	61
4.1.2.3.	Campus Colegio Universitario	62
4.1.2.4.	Campus Antiguo Hospital San Vicente De Paul	62
4.1.2.5.	Campus Granja Experimental Yuyucocha	63
4.2.	Análisis De Patrones De Movilidad	64
4.2.1.	Generación De Viajes	64
4.2.1.1.	Identificación De La Población	64
4.2.1.2.	Determinación De La Muestra	66
4.2.2.	Distribución De Viajes	73
4.2.3.	Partición Modal	79
4.2.4.	Asignación De Rutas	82
4.3.	Dimensionamiento Del Tren De Potencia	85
4.3.1.	Potencia	85
4.3.1.	Autonomía	90
4.3.	Análisis Comparativo	92
4.4.1.	Información Bicicleta Eléctrica	95
4.4.	Infraestructura Y Gestión	95
4.5.1.	Infraestructura	96
4.4.1.1.	Infraestructura De Estacionamientos	96
4.5.1.2.	Fuente De Carga	98
4.5.1.3.	Ubicación De Los Estacionamientos En Los Campus	98
4.6.1.4.	Número De Bicicletas	100
4.5.2.	Gestión	101
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	105
5.1.	CONCLUSIONES	105
5.2.	RECOMENDACIONES	106
	BIBLIOGRAFÍA	108
	ANEXOS	113

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA NÚM.	PÁGINA
2. 1 Clasificación de Vehículos Categoría L1 – L7	23
2. 2 Clasificación de Vehículos Subcategoría L1 -L7	24
3. 1 Coeficientes de Rodadura para distintos tipos de neumaticos	45
3. 2 Coeficientes de Resistencia Aerodinámica para Diferentes Vehículos	49
3. 3 Cálculos de área de la parte frontal de Renault Twizy	49
4. 1 Población Estudiantil por Carreras	64
4. 2 Resumen de la Población Estudiantes	65
4. 3 Tamaño de la muestra por facultades	67
4. 4 Estudiantes que necesitan movilizarse según cada Facultad	69
4. 5 Número de viajes Muestra	69
4. 6 Porcentajes para distribuir el número de viajes en cada facultad	70
4. 7 Número de estudiantes y Número de viajes por facultades	70
4. 8 Generación de viajes Origen – Destino	71
4. 9 Demanda de Número de Viajes – Semestre	72
4. 10 Distribución de Viajes Semanal	76
4. 11 Número de Viajes por Modo	77
4. 12 Partición Modal	80
4. 13 Número de Viajes por Ruta y Medio de Transporte	81
4. 14 Asignación de Rutas	82
4. 15 Ficha Técnica de los Tipos de Vehículos	75
4. 16 Valores de Pendientes en las Rutas	85
4. 17 Cálculo de Tren de Potencia	86
4. 18 Consumo Energético	88
4. 19 Autonomía	90
4. 20 Valores de Ponderación de los Vehículos Eléctricos Propuestos	92
4. 21 Información del Proveedor	95
4. 22 Número de Espacios	97

4. 23	Ubicación de Estacionamientos	99
4. 24	Distribución de Bicicletas en cada Campus	101
4. 25	Detalle de Inversión del Proyecto	102
4. 26	Resumen de Inversión del Proyecto	103
4. 27	Estimación Económica	103
4. 28	Rentabilidad del Proyecto	104

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA NÚM.	PÁGINA
2. 1 Transporte Urbano	8
2. 2 Transporte Urbanos Alternativos	11
2. 3 Esquema del Modelo de las 4 Etapas	13
2. 4 Plan de Movilidad Urbana Sostenible	16
2. 5 Pirámide de Movilidad	18
2. 6 Analisis de ciclo de vida de un automóvil	20
2. 7 Vehículo Eléctrico	22
2. 8 Bicicleta Eléctrica	26
2. 9 Monopatín Eléctrico	27
2. 10 Péndulo Invertido	28
2. 11 Biplaza Eléctrico	29
2. 12 Modos de Recarga	31
2. 13 Movilidad Eléctrica	33
3. 1 Proceso Metodológico	36
3. 2 Modelo de 4 Etapas	39
3. 3 Fuerza de resistencia al movimiento	43
3. 4 Componentes para determinar la pendiente en terrenos inclinados	46
3. 5 Dimensiones Renault Twizy	50
4. 1 Campus Matriz El Olivo	60
4. 2 Campus Estadio Universitario	61
4. 3 Campus Colegio Universitario	62
4. 4 Campus Antiguo Hospital San Vicente de Paul	63
4. 5 Campus Granja Experimental Yuyucocha	63
4. 6 Necesidad de Movilizarse	68
4. 7 Número de veces por semana	71
4. 8 Número de viajes por Semestre	73
4. 9 Zonificación del Área de Estudio	74
4. 10 Distribución de viajes por zona	75

4. 11	Distribución de viajes por Pares y Zonas	76
4. 12	Modo de transporte	77
4. 13	Número de viajes por Modo de Transporte	78
4. 14	Medio de transporte más utilizado por los estudiantes	79
4. 15	Número de viajes por Medio de Transporte	81
4. 16	Mapa - Asignación de Rutas	84
4. 17	Valores de Ponderación	94
4. 18	Estacionamientos Modelo 1	96
4. 19	Estacionamientos Modelo 2	97
4. 20	Fuente de Carga Estacionamientos	98

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN NÚM.	PÁGINA
3.1 Generación de Viajes	36
3.2 Determinación de Muestra	37
3.3 Distribución de Viajes	38
3.4 Participación Modal	39
3.5 Resistencia a la Rodadura	42
3.6 Coeficiente de Rodadura	42
3.7 Pendiente	44
3.8 Ángulo de Inclinación	44
3.9 Resistencia Gravitatoria	45
3.10 Resistencia Aerodinámica	45
3.11 Densidad del Aire	48
3.12 Velocidad Final	49
3.13 Resistencia por Aceleración	49
3.14 Fuerza de Impulsión	50
3.15 Potencia Requerida para el Motor	50
3.16 Potencia del Motor	51
3.17 Consumo Energético	51
3.18 Autonomía	52
4.1 Tamaño de Muestra	62
4.2 Número de Viajes Semanal Población	66
4.3 Viajes Origen- Destino	68
4.4 Número de Viajes por Modo de Transporte	74
4.5 Número de Viajes por Ruta y Medio de Transporte	77
4.6 Demanda de Viajes Diarios	97
4.7 Número de Bicicletas	98

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO NÚM.		PÁGINA
1	Formato Encuesta Online Parte 1	114
2	Formato Encuesta Online Parte 2	115
3	Entrevista Director Financiero Universidad Técnica del Norte Parte 1	116
4	Entrevista Director Financiero Universidad Técnica del Norte Parte 2	117
5	Presupuesto Anual Universidad Técnica del Norte	118

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Carga máxima: Se refiere al peso máximo que puede transportar un vehículo por la vía pública.

Carga: Es el peso o fuente de presión soportada por alguien o algo.

Consumo energético: Es la cantidad de energía total empleada para realizar cierta acción a determinadas condiciones.

Desplazamiento: Es una cantidad vectorial que se refiere a un cambio de posición a un tiempo definido.

Distancia: Es una medida numérica de la posición espacial entre objetos o puntos.

Eficiencia: Es la relación entre el trabajo utilizado y la energía total consumida por una máquina o un proceso.

Movilidad: Desplazamiento de una persona para trasladar o para desplazar bienes de un punto a otro, utilizando sus propios medios o a través del uso de modos de transporte.

Movilidad sostenible: Es una dinámica que conlleva la fomentación del uso de sistemas de transporte consecuentes al consumo energético, recursos, tiempo y espacio dentro de una urbe.

Ruta: Camino o vía recurrente que permite desplazarse a las personas de un lugar a otro.

Velocidad máxima: Es la velocidad asociada a un límite de velocidad legalmente permitida en una carretera o sección de carretera en particular.

RESUMEN

El desarrollo de este tema investigativo tiene como finalidad realizar un “PROYECTO DE FACTIBILIDAD SOBRE LA IMPLEMENTACIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS PARA TRANSPORTE PERSONAL ENTRE LOS CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE”, perspectiva que permitirá a los estudiantes de esta Institución de educación superior disponer de un medio de transporte alternativo de movilidad económico, saludable, amigable con el medio ambiente y enfocado en la búsqueda de una movilidad sostenible. En cuanto al contenido de esta investigación se puede señalar que consta de cinco capítulos debidamente estructurados con sus respectivos temas y subtemas, los mismos que son desarrollados de manera clara y sencilla para un fácil entendimiento. En el Capítulo 1, se detalla el problema de Investigación, iniciando con el diagnóstico de los antecedentes, la situación actual, el planteamiento y formulación del problema, la delimitación espacial y temporal, la determinación de los objetivos generales y específicos, el alcance y la justificación de este estudio. En el Capítulo 2, se describe todo lo relacionado con la Revisión bibliográfica, información que se obtuvo por medio de la recopilación en fuentes bibliográficas como libros, paper, folletos, Internet y documentos relacionados al tema, utilizando además términos que faciliten su entendimiento y comprensión. Continuamos con el Capítulo 3, que trata sobre los materiales y métodos utilizados, aquí se detalla la metodología misma que abarca el proceso metodológico, la determinación de la población y la muestra, la ubicación geográfica de los campus universitarios, el análisis de los patrones de movilidad, los medios de transporte eléctricos alternativos y el análisis de vehículo óptimo. El capítulo 4, muestra los resultados y discusiones de los parámetros que fueron necesarios evaluarlos y analizarlos para el desarrollo de esta investigación. Finalmente, en el capítulo 5, se puntualiza las conclusiones a las que se llegó una vez culminado este tema y se añade las respectivas recomendaciones, se adjunta Anexos de datos e imágenes.

ABSTRACT

The purpose of this project is developing a "Feasibility study about the implementation of electrical vehicles for personal transport between the campuses of the Universidad Técnica del Norte", a perspective that will allow to the students of this institution to have an alternative of transport: economic, healthy, friendly to the environment and focused on the search for sustainable mobility. Regarding the content of this research, it consists of five chapters duly structured with their respective themes and subtopics, which are developed in a clear and simple way for easy understanding. In Chapter 1, the problem statement is detailed, starting with the diagnosis of the background, the current situation, the approach and formulation of the problem, the spatial and temporal delimitation, the determination of the general and specific objectives, the scope, and the justification for this study. In Chapter 2, everything related to the Bibliographic Review is described, information that was obtained by compiling it in bibliographic sources such as books, paper, brochures, the internet, and documents related to the subject, also using terms that facilitate its understanding and understanding. We continue with Chapter 3, which deals with the materials and methods used, here is detailed the methodology that covers the methodological process, the determination of the population and the sample, the geographical location of the university campuses, the analysis of the patterns of mobility, alternative electric means of transport and the most optimal vehicle analysis. Chapter 4 shows the results and discussions of the parameters that had to be evaluated and analyzed for the development of this research. Finally, in Chapter 5, the conclusions that were reached once this topic was concluded are specified and the respective recommendations are added. Data and image annexes are attached.

INTRODUCCIÓN

En este mundo globalizado, donde la sociedad moderna depende del movimiento de personas y vehículos, buscar nuevos hábitos de desplazamiento es la clave, ya que el incremento de los sistemas de transporte han afectan negativamente a la salud humana y al medio ambiente, el tránsito se ha convertido en un obstáculo de gran magnitud en las urbes, donde el movilizarse se hace casi imposible, razón por la cual en casi todos los países se están tomando medidas para promover el uso de vehículos alternativos, como una apuesta a la movilidad sostenible, es así que además varias Universidades han implementado esta nueva alternativa de movilidad dentro de sus Campus. El desarrollo de este estudio de factibilidad está enfocado principalmente en sugerir la implementación de un vehículo eléctrico alternativo en los campus de la Universidad Técnica del Norte, mismos que permitan a los estudiantes de esta Institución de Educación superior disponer de un medio de transporte económico, práctico, rápido y manejable para su movilización en el día a día. Esta investigación parte del análisis de un modelo de movilidad alternativo donde los vehículos eléctricos, son considerados la opción más adecuada de transporte dentro de una urbe, la puesta en marcha de esta propuesta busca atenuar las dificultades de los factores tiempo y dinero que enfrenta la comunidad estudiantil al momento de trasladarse a los diferentes Campus universitarios, es así que la utilización de esta nueva modalidad de transporte podría convertir en una alternativa innovadora para muchos estudiantes que necesitan reducir tiempo y costos. Además, es importante señalar que esta propuesta, considera como aspecto fundamental el impulsar a una movilidad sostenible mediante la utilización adecuada del vehículo eléctrico, ya que esta alternativa constituirá un elemento estratégico que permita reducir el consumo de combustibles fósiles, mejorar la eficiencia energética, reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero, ayudar en el cambio climático, mejorar la salud y calidad de vida de los estudiantes, reducir contaminantes y ruido, proporcionar almacenamiento de energía, posibilitar una mayor incorporación de energías renovables y generar oportunidades de desarrollo económico e innovación.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. ANTECEDENTES

La Universidad Técnica del Norte es uno de los principales referentes institucionales de educación superior pública en el Norte del país, ya que ha formado profesionales de excelencia, críticos, humanistas, líderes y emprendedores desde 1986 fecha de su creación en la ciudad de Ibarra, provincia de Imbabura. El crecimiento de esta institución ha brindado un gran aporte intelectual, desarrollo y progreso económico no solo a la región sino a la nación entera. En los últimos 5 años el número de estudiantes matriculados en la Universidad Técnica del Norte ha incrementado un 38.76%, en el primer ciclo del periodo 2014-2015 se contó con 7733 estudiantes matriculados entre la modalidad presencial y semipresencial, y en primer ciclo del periodo 2018-2019 se cuenta con 10731 de igual manera entre las dos modalidades de estudio disponibles en la universidad (UTN, 2019, pág. 7).

De esta manera debido a la gran demanda estudiantil y la necesidad de una formación científica - humanística en el campo profesional, las autoridades de la Universidad Técnica del Norte asumieron el reto de la consolidación de nuevas carreras enmarcadas en el nuevo concepto de profesionales al servicio de la sociedad. De modo consecuente a este objetivo implicó adquirir diferentes infraestructuras para poder llevar a cabo tanto las actividades académicas, experimentales y administrativas. En la actualidad la universidad dispone de varias propiedades dispersas a lo largo de la provincia en las cuales se desarrollan actividades adecuadas respecto a la infraestructura y recursos de estas (Zapata, 2014, pág.1).

Sin embargo, debido a la alta demanda estudiantil en los últimos años los horarios académicos han sido estructurados principalmente conforme la capacidad infraestructural, es decir de acuerdo con la disponibilidad de aulas, laboratorios y

espacios experimentales. En muchos casos estos horarios de clases son absurdos por el bajo o ausente periodo de tiempo disponible para trasladarse desde un campus experimental hacia el campus matriz “El Olivo”, y las repetidas veces que puede presentarse esta falencia en la misma jornada.

No suficiente con esto, se suma la deficiencia de medios de transporte efectivo ante los factores tiempo, costo e impacto ambiental para los estudiantes que se ven afectados por este inconveniente de logística (Alvarez, 2018, pág. 118).

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Al ser la Universidad Técnica del Norte un gran referente académico en la zona norte del país congrega una gran cantidad de personas en sus distintas infraestructuras o campus, por ello se proyecta un medio de transporte eficiente y amigable con el medio ambiente para toda la comunidad universitaria que facilitará significativamente el trasladarse de un campus a otro.

En la actualidad no existe una política de transporte multimodal por parte de la comunidad universitaria. Esto se debe a que solo se utiliza medios de transportes convencionales, especialmente el uso de un vehículo por persona produciendo un mayor tráfico vehicular y emisiones de gases contaminantes en la ciudad.

La eficiencia, sencillez, y versatilidad de un vehículo eléctrico de transporte personal lo convierte en una opción ideal para trasladarse entre los principales campus de la universidad dentro de la ciudad de Ibarra. Así pues, la naturaleza compacta de este tipo de vehículo facilita la conducción y requiere menos espacio de estacionamiento. A medida que la ciudad universitaria se vuelve más concurrida y el uso de vehículos propulsados por combustibles fósiles va perdiendo popularidad gracias a la concienciación ambiental por parte de los estudiantes, estos vehículos pueden posicionarse como un salto masivo de popularidad.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Es importante señalar que hoy en día la movilización en transportes alternativos es un medio que ayuda a trasladarse de un lugar a otro, sin embargo, en nuestra ciudad aún no se ha fomentado su uso, por ello, disponer de un medio de transporte alternativo eléctrico, permitirá a los estudiantes de los diferentes campus universitarios de la Universidad Técnica del Norte trasladarse en el menor tiempo posible, disminuir sus egresos y reducir la contaminación de la ciudad.

1.4. DELIMITACIÓN

La delimitación permite conocer el tiempo que va a tomar la investigación y delimitar el área en donde se va realizar el dicho estudio, de esta forma se simplifica esta investigación.

1.4.1. TEMPORAL

El presente estudio se realizó en el periodo académico comprendido entre los meses septiembre del año 2018 hasta febrero 2019.

1.4.2. ESPACIAL

En cuanto a la delimitación espacial, se puede señalar que para esta investigación se consideró a cada uno de los campus que conforman la Universidad Técnica del Norte de la ciudad de Ibarra: Campus Matriz "El Olivo", Campus Estadio Universitario, Campus Colegio Universitario, Campus Antigua Hospital San Vicente de Paúl, Campus Granja Experimental Yuyucocha.

1.5. OBJETIVOS

En el desarrollo de este trabajo de investigación fue necesario establecer objetivos mismos que permitieron desarrollar cada uno de los parámetros para cumplir con la meta definitiva y la propuesta planteada.

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

Examinar la factibilidad técnica para la implementación de vehículos eléctricos de transporte personal entre los principales campus de la Universidad Técnica del Norte en la ciudad de Ibarra.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar los patrones de movilidad y la demanda estudiantil Universitaria sobre el uso de vehículos eléctricos de transporte personal.
- Evaluar el consumo energético y autonomía de los vehículos eléctricos de transporte personal propuestos para la movilidad entre los diferentes campus universitarios de la UTN en la ciudad de Ibarra.
- Realizar la tabulación de datos para determinar la factibilidad técnica sobre la implementación de un tipo de vehículo eléctrico de transporte personal para uso de los estudiantes.
- Definir los lineamientos de paradas, tipo y número de vehículo para el funcionamiento del sistema.

1.6. ALCANCE

El siguiente proyecto tiene como finalidad, promover una nueva alternativa de movilidad para los estudiantes universitarios que se traslada hacia los diferentes campus de la Universidad Técnica del Norte en la ciudad de Ibarra.

El estudio está enfocado en los vehículos eléctricos de transporte personal categoría *L1* entre los que analizaremos se puede señalar a la bicicleta eléctrica, monopatín eléctrico, péndulo invertido. Además, se optó por estudiar el biplaza eléctrico automóvil que actualmente ya existe en comercialización en el Ecuador y está considerado dentro de los vehículos alternativos eléctricos categoría *L7*, según la normativa ecuatoriana INEN 2656 del 2016.

Los datos para los cálculos sobre el consumo energético y autonomía de estos tipos de vehículos eléctricos de transporte personal se obtendrán de forma teórica por medio de fichas técnicas del fabricante, además se dará a conocer las nuevas alternativas de transporte personal eléctrico que existen dentro de nuestro país.

1.7. JUSTIFICACIÓN

Actualmente, la Universidad Técnica del Norte es una de las instituciones de educación superior pública con mayor renombre en el Ecuador, que cuenta con una gran demanda estudiantil y nuevas carreras, razones por las cuales ha visto la necesidad de expandir sus aulas educativas hacia infraestructuras externas de la matriz central, creando así varios Campus Universitarios que permiten llevar a cabo algunas actividades académicas, experimentales y administrativas.

El transporte urbano público se ha convertido en un aliado de los estudiantes de esta institución educativa al momento de trasladarse hacia los diferentes campus universitarios, sin embargo resulta una opción un poco desfavorable en cuanto a costo y tiempo, por ello la Implementación de vehículos eléctricos para transporte

personal en los campus de la Universidad Técnica del Norte, sería una nueva alternativa de movilidad sostenible que a su vez permitiría a los estudiantes ahorrar tiempo y dinero.

El desarrollo de este proyecto propone una nueva opción de movilidad entre los diferentes campus de la universidad ubicados en el casco urbano de la ciudad de Ibarra, y además se acoge a los nuevos parámetros de ciudades sostenibles, mismo que se encuentra vinculado y respaldado por el objetivo once, específicamente en el literal “j” del Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021, Toda una Vida, en lo cual establece “Generar alternativas, fortalecer la planificación e implementar regulación al uso energético en el transporte, los hogares y las industrias, para modificar los patrones de consumo energético, con criterios de eficiencia y sostenibilidad” (2017).

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. TRANSPORTE Y MOVILIDAD

En la actualidad, el transporte y la capacidad de movimientos de las personas constituyen entre los principales pilares para el desarrollo. La mayor parte de las personas necesitan de sistemas de transporte y movilidad eficientes para trasladarse de un lugar a otro. En este contexto, la accesibilidad a medios de transporte más eficientes posee cada vez una mayor importancia dentro de las sociedades (Quintero & Quintero, 2015, pág. 90). Por tanto, el desarrollo humano está fuertemente vinculado con el desarrollo del sistema de transporte, es decir imprescindible considerar un aspecto sin el otro.

2.1.1. TRANSPORTE URBANO

En general, un ser humano realiza un sin número de actividades que en su mayoría no se localizan en un determinado lugar, por ello se habitúa utilizar algún sistema de transporte para llegar a su fin. Como resultado del crecimiento poblacional dentro de las urbes, una alta concentración de actividades humanas ha llevado a generar diferentes sistemas de transporte. Sin embargo, la alta demanda de estos sistemas de transporte ha requerido una necesidad de diseñar distintas formas, puntos y recorridos para una buena distribución de las rutas de movilidad (Molinero & Sánchez, 2005, pág. 31).

El transporte urbano es un sistema complejo que considera todos los elementos de movilidad incluida la infraestructura, el material rodante y los flujos de tráfico dentro del territorio de una ciudad, este se basa en varias formas de movilización tanto de personas y mercancías (Quintero, 2017, pág. 63).

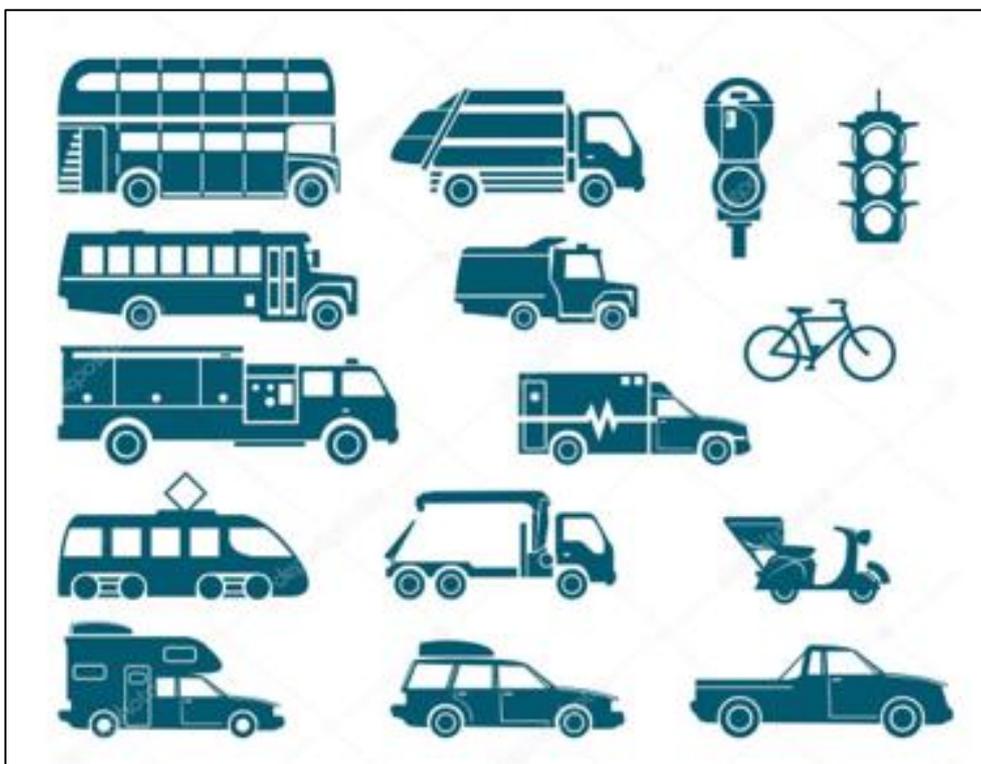


Figura 2. 1 Transporte Urbano
(AEDEA, 2018, pág.17)

En la Figura 2.1 se presenta los medios de transporte urbanos según su clase y uso. En la actualidad, estos medios están al borde de una transformación, Gutiérrez estima que los principales cambios estarán en la unión de los servicios de movilidad, el impulso de los modos compartidos de viaje, la electrificación de los medios de transporte y la automatización. Esto indudablemente transformara la forma en que las personas se transportan (2013).

2.1.2. MODOS DE TRANSPORTE URBANO

Dentro de los modos de transporte urbano, se puede clasificar en dos grupos según su fuerza de impulsión, el modo motorizado utiliza un motor mediante el cual transforma la energía termoquímica de un combustible en energía mecánica y el modo no motorizado utiliza energía humana y la inercia de una masa para realizar un determinado desplazamiento.

2.1.2.1. Modo motorizado

Los modos de transporte urbano motorizados son los vehículos que funcionan por medio de la combustión de energía fósil, entre los más comunes están los de base a gasolina y diésel, este tipo de vehículos dentro de su circulación urbana ocupan la mayor parte de la calzada, entre los más importantes están los automóviles, autobuses y motocicletas.

2.1.2.2. Modo no motorizado

Por otro lado, el modo de transporte no motorizado denomina a los modos de desplazamiento generados por energía humana y que no producen emisiones contaminantes, en otras palabras, solo se necesita de energía de tipo biológico, por eso, este tipo de desplazamientos son los más amigables con el medio ambiente y su población dentro de las urbes, debido a que no presentan problemas sociales ni ambientales, al mismo tiempo este modo resulta saludable para quienes lo realizan (Pardo & Calderón, 2014, pág. 9).

2.1.3. MEDIOS DE TRANSPORTE URBANO

Los medios de transporte urbano corresponden a la forma o unidad móvil mediante la cual un modo de transporte es utilizado. Las unidades móviles pueden ser clasificadas como vehículos motorizados o vehículos no motorizados, los cuales hacen referencia al modo. Entre los principales vehículos motorizados que se utilizan dentro de una urbe se encuentran los automóviles, trenes, metros, autobuses y motocicletas. De igual manera, los vehículos no motorizados dentro de una urbe habitualmente usados se puede hacer referencia a la bicicleta, a pie, tracción animal y humana (Jaimurzina et al., 2015, pág. 17). Estos medios de transporte pueden ser transporte urbano privado y transporte urbano público.

2.1.3.1. Transporte urbano privado

El transporte urbano privado se define como el medio de transporte que no forma parte de algún tipo de institución pública o cooperativa de servicio de transporte. Este tipo de medio de transporte es esencialmente un servicio utilizado por usuarios para una movilización con fines personales. Cabe recalcar que estos usuarios deben cumplir las normas y leyes vigentes establecidas dentro del país por donde este circula (DEKRA, 2018, pág. 10).

2.1.3.2. Transporte urbano público

El transporte público se caracteriza principalmente por la movilización de usuarios mediante un sistema de viajes tanto personales como grupales, el cual está disponible para el uso del público en general (Anguita et al., 2014, pág. 20). Este tipo de transporte esta generalmente limitado a un horario, operado en rutas establecidas, y sujeto a una tarifa establecida por cada viaje.

2.1.3.3. Transportes alternativos urbanos

En los últimos años la industria automotriz ha ofrecido alternativas tecnológicas para reducir principalmente con la reducción del consumo de combustibles fósiles y las emisiones atmosféricas que generan los medios de transporte tanto privado como público. Esto gracias a la fomentación y desarrollo de vehículos con motores de bajo cilindraje, uso de turbo cargadores dentro de los sistemas, motores híbridos, vehículos completamente eléctricos, entre otros (ITDP, 2008, pág. 13).



Figura 2. 2 Transporte Urbanos Alternativos
(Mallorca, 2015, pág. 7)

Entre las alternativas de transporte urbanas más comunes se puede señalar a la bicicleta, el automóvil, el bus, el monopatín, el péndulo invertido, y las motocicletas todos de propulsión eléctrica como se observa en la Figura 2.2 (Needell et al., 2016, pág. 2). Dentro de las alternativas antes mencionadas, sobresalen los vehículos alternativos personales ya que permiten el alivio vehicular de las calles y carreteras, debido a que el área que estos ocupan es menor en comparación a los vehículos convencionales, además esto influye en el área de estacionamiento. Un vehículo convencional ocupa cerca de $12m^2$ y se mantiene estacionado el 80% del tiempo, haciendo que el espacio que este utiliza no sea empleado para otras actividades.

2.1.4. DEFINICIÓN DE CIUDAD

Una ciudad es un gran asentamiento humano. Se puede definir como un lugar permanente con límites definidos donde generalmente tienen sistemas extensivos de vivienda, transporte, saneamiento, servicios básicos, uso de la tierra y

comunicación. Su densidad permite la interacción entre personas, organizaciones gubernamentales, centros educativos y empresas. Esta interconectividad a veces beneficia a diferentes partes en el proceso, como mejora la eficiencia de la distribución de bienes y servicios, pero también puede tener consecuencias negativas significativas, como una alta concentración de contaminación debido a la alta demanda de transporte y movilidad (Borja, 2000, pág. 10).

2.1.4.1. Población

La población constituye al conjunto de individuos que viven en un preciso lugar, o al grupo de personas que conviven en un espacio geográfico, o dentro de una ciudad. La población a nivel mundial aumento significativamente, sin embargo, en los últimos 50 años se ha cuantificado un aumento aún más rápido de la tasa de crecimiento población, este incremento ha sido determinado como uno de los principales causantes de los problemas ambientales que estamos acarreado en la actualidad, ya que una mayor población implica un consumo permanente, progresivo e insostenible de energía, recursos y el devastador aumento de la contaminación (Escalón, 2010, pág. 2).

2.1.4.2. Características geográficas

Las características geográficas de una ciudad hace referencia a determinantes tales como: relieve, hidrografía, clima, vegetación, fauna, entre otras. Tales determinantes varían principalmente de la región en que se encuentra ubicada la localidad, de igual manera se debe considerar que diversos elementos que en su variedad misma y en la diversidad de relaciones les hacen diferentes entre localidades con similares características.

2.1.5. PATRONES DE MOVILIDAD URBANA

Los patrones de movilidad se refieren la cantidad, frecuencia y el comportamiento de los desplazamientos dentro de un área urbana, de igual manera hacer referencia al modo de transporte utilizado.

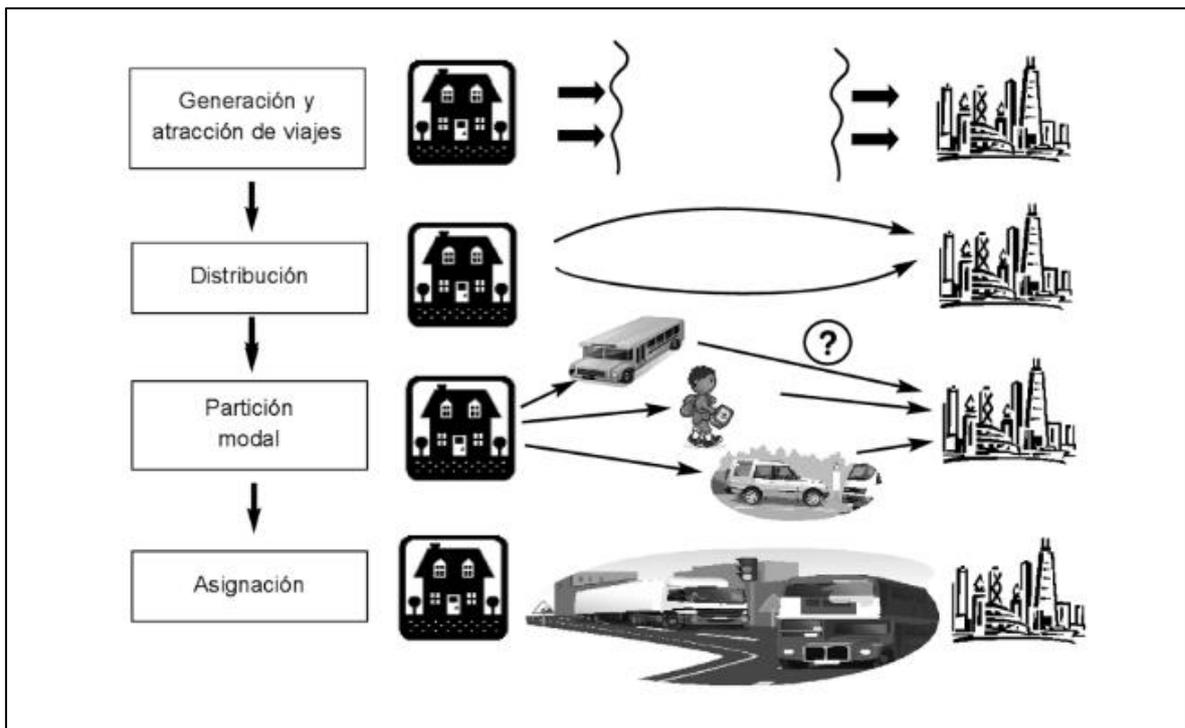


Figura 2. 3 Esquema del Modelo de las 4 Etapas
(Barreno et al., 2008, pag. 18)

La Figura 2.3 presenta el esquema del modelo de 4 etapas, este sistema de planificación de transporte se utiliza como base para el análisis de los patrones de movilidad. Las 4 etapas son: Generación de Viajes, Distribución de Viajes, Partición Modal y Asignación de Rutas.

2.1.5.1. Generación de viajes

La primera etapa de los sistemas de transporte hace referencia al número de viajes que son generados por zonas en las que se ha desagregado el área de estudio.

Esta etapa está relacionada a las características de los viajes y los medios utilizados, en términos generales para explicar la forma en que se generaron.

Habitualmente los modelos de generación de viajes se desarrollan de manera independiente, esto quiere decir por propósito, por medio de transporte y por horario del día (Barreno et al., 2008, pág. 15).

2.1.5.2. Distribución de viajes

Consecuentemente, la segunda etapa de los sistemas de transporte se usa para determinar los flujos entre zonas de origen y de destino de los viajes realizados. La cantidad de viajes entre una zona de origen y una de destino específico es dependiente de los niveles de servicio de la zona, esto hace referencia a la disponibilidad de medios de transporte para realizar las movilizaciones demandadas (Serra et al., 2018, pág. 6).

2.1.5.3. Partición modal

La tercera etapa del modelo trata de ser un poco más específica, esto se refiere a que en esta parte se trata de analizar, cuantificar y predecir los modos de transporte utilizados para cada viaje particular realizado. Es decir, hace referencia a los medios de transporte utilizados para cada desplazamiento, en base de dependientes como tarifa, el tiempo de viaje, la comodidad, etc.

2.1.5.4. Asignación de rutas

Consecuentemente a la identificación de los modos utilizados por las personas, la última etapa aporta elementos para identificar la oferta en el proceso de planeación del transporte. Estas son dependiente analíticas y cualitativas que el usuario

determina tomando en cuenta principalmente de las características de la red, viabilidad y congestión.

2.2. MOVILIDAD SOSTENIBLE

La movilidad sostenible es un asunto que involucra muchos aspectos y en los que es necesario el compromiso tanto de las autoridades como de la población en general. Actualmente, la movilidad sostenible es un desafío para los formuladores de políticas y los planificadores urbanos de todo el mundo, particularmente en las ciudades de los países emergentes. Las áreas urbanas se están desarrollando rápidamente desde un punto de vista tecnológico, las cuales pueden crear nuevas posibilidades para la gestión inteligente de la movilidad y el desarrollo de nuevas herramientas TIC.

La movilidad es el desplazamiento de las personas o mercadería por medio de un sistema de transporte con algún fin en general, mismo que a su vez es muy importante para el crecimiento de una urbe ya que logra descongestionar y satisfacer la demanda potencial de personas que circulan por todo el territorio en general, donde los nuevos estilos de vida donde el tiempo, costo y tipo de modalidad que se utiliza para trasladarse de un lugar a otro (Torres, 2015, pág. 3).

El enfoque de la movilidad sostenible necesita acciones para disminuir la necesidad de viaje, en otras palabras, reducir el número de viajes, incentivar un cambio multimodal de transporte, disminuir las distancias de rutas y un sistema de transporte más eficiente. También, la movilidad sostenible, investiga la manera de como disminuir los niveles de energía que un individuo utiliza al trasladarse de un punto a otro, esto significa urbes con una mejor organización, gestión y planificación; llegando a utilizar el menor número recursos que estas disponen para mejorar la accesibilidad desde un lugar a otro (Jaimurzina et al., 2015, pág. 21).

El gran contraste de la perspectiva de la movilidad es que amplía en planes de estudio de transporte, cuya esencia de análisis es básicamente el desplazamiento

En el presente, llegar a este punto de igualdad es cada día una constante lucha debido a las diferentes formas de pensamientos de las personas y una desconcertante distribución de recursos que tienen mayor prioridad uno de otros, logrando un desbalance más no una igualdad. Entre estos recursos están el transporte urbano, formas de comunicación, bienestar público, desarrollo industrial, educación y la energía utilizada para estas actividades en general.

Como uno de los puntos más sobresalientes está el transporte que correlaciona a las demás actividades desde un margen físico dando un consumo de energía mayor sobre las mismas y creando una dependía del transporte para todo ello con la movilización de mercadería y comercio (Torche & Wordlmal, 2004, pág. 18).

Los inconvenientes relacionados con la movilidad van creciendo y afectando a los ciudadanos en el tipo de calidad de vida, por lo que el Observatorio de Movilidad Urbana (OMU) de América Latina, aconseja crear una relación entre, gestión urbana, movilidad, medios de transporte y su accesibilidad, con lo cual se podrá tener modos de transporte más sostenibles e incluyentes, logrando imponer nuevas políticas de movilidad sostenible a las urbes (Vasconcellos & Mendonça, 2016, pág. 24).

2.2.1. MOVILIDAD URBANA SOSTENIBLE

La movilidad urbana tiene como principal objetivo la reducción de los diferentes problemas causados por un retrograda modelo de movilización de transporte urbano que genera cada día con su crecimiento un mayor índice de congestión vehicular, incremento de contaminación del aire por polución, el mal uso de fuentes fósiles como energía para producción y una nueva cultura de transporte más amigable con el medio ambiente (Jans, 2009, pág. 2).

Es necesario fomentar nuevas ideologías de medios de transporte, el uso compartido de un automotor que se dirige a un lugar en común, la regulación referente al uso de un medio de transporte público remplazando el transporte

privado, logrando así tener un descongestionamiento vehicular y apuntar a un cambio de nuevas fuentes alternativas de movilización como es los vehículos eléctricos o vehículos híbridos, concientizando el uso masivo de medios de transportes alternativos como la bicicleta, transporte más eficiente y eficaz para toda clase social que en la actualidad se proyecta con asistencia para su propulsión con motores eléctricos que ayudan al usuario.

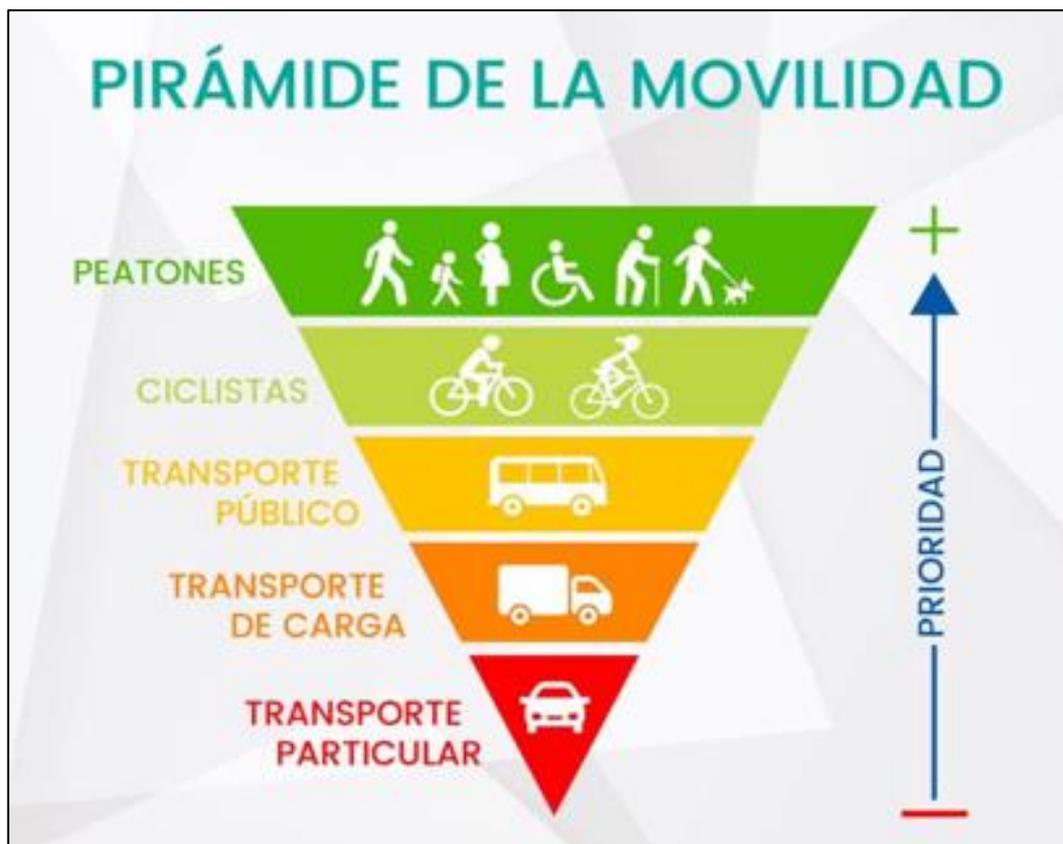


Figura 2.5 Pirámide de Movilidad
(EPM, 2018, pág. 3)

La Figura 2.5 muestra los niveles de prioridad de cada uno de los miembros que conforman la pirámide de movilidad, donde el peatón es el eslabón más importante debido que todas las personas en un momento determinado somos peatones dentro de una urbe y en último lugar está el transporte particular, mismo que por falta de conocimiento un conductor de un vehículo particular cree que es el quien tiene mayor importancia en esta pirámide. La movilidad urbana no solo se enfoca en la descongestión vehicular o mal uso por parte todos los que integran la pirámide

de movilidad .El principal objetivo es la reducción de impactos medio ambientales y conflictos sociales que conlleva el transporte urbano, dando un punto importante en el transporte motorizado privado que está en el último puesto de esta jerarquía pero que en realidad por falta de educación o conocimiento por parte de quienes lo utilizan, fomentan una mala calidad de vida hacia las demás personas que circulan por la vía (Suárez et al., 2016, pág. 56).

Para comprender la movilidad y su fuente del problema es necesario crear conciencia sobre la acción en sí de esta situación desde varios puntos de desarrollo de transporte urbanístico, formas y medios de servicio de movilidad y al entorno del territorio (IDAE, 2015, pág. 68). El nuevo modelo de ciudades sostenibles está enfocado en el uso moderado de vehículos privados para circulación dentro de zonas preestablecidas dentro de una urbe, así se podrá incentivar a la ciudadanía una movilidad más sostenible y amigables con el medio ambiente que a futuro llevará a una mayor demanda de movilidad eficiente (Guarnizo, 2018, pág. 49).

2.2.2. EMISIÓN

Estudios relacionados con el medio ambiente, determinan que los medios de transporte son la principal fuente de contaminación atmosférica en los entornos urbanos y regionales. En el 2010, aproximadamente el 23% de las emisiones de CO₂ relacionadas con el consumo de energía estuvieron directamente asociada al transporte (ONU, 2015, pág. 2). Entre las principales sustancias contaminantes del aire se encuentran el dióxido de azufre, el monóxido de carbono, el plomo, compuestos volátiles, y los óxidos de nitrógeno. Tales sustancias se distinguen en las emisiones de gases causantes del efecto invernadero, cuyo impacto es global.

2.2.3. RUIDO

En general, un gran porcentaje del ruido ambiental en los entornos urbanos se atribuye a los flujos del tráfico. En algunas zonas urbanas de las principales

ciudades, se estima que al menos 3 millones de personas diariamente soportan el ruido del tráfico, estos están sometidos a niveles superiores a 55 db (A) establecidos como admisibles por la Organización Mundial de la Salud (Jáuregui, 2014, pág. 26).

Si efectivamente el ruido de los entornos urbanos está relacionado directamente a los flujos de tráfico y estos con el parque automotor, se estima que el impacto ambiental del ruido en los entornos urbanos ha venido incrementándose en la medida que ha aumentado el parque automotor.

2.2.4. ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

Conocer el consumo de recursos y los impactos medioambientales producidos durante el ciclo de vida completo de un vehículo ha requerido un análisis detallado conocido como Análisis del Ciclo de Vida (ACV).



Figura 2. 6 Analisis de ciclo de vida de un automóvil
(Management du cycle de vie, 2006, pág. 60)

La Figura 2.6 muestra el AVC de un automóvil desde su inicio como materia prima hasta su final como reciclaje que a su vez se podrá reutilizar como materia prima en otros automotores, este ciclo ofrece ideas innovadoras en el diseño de vehículos con el objetivo de mejorar los aspectos medioambientales, reducción de costes, selección de materiales, entre otros (Quevedo et al., 2017, pág. 142). Por tanto, mediante las herramientas informáticas necesarias para su aplicación, cada día tienen una mayor aceptación y utilización en el diseño de vehículos, permitiendo evaluar el resultado de las prácticas de reutilización y reciclaje, así como otros problemas medioambientales principalmente la reducción de emisiones de sustancias contaminantes.

2.3. MOVILIDAD ELÉCTRICA URBANA

La historia del transporte eléctrico se remonta al siglo XIX, Robert Anderson inventó el primer automóvil eléctrico en 1832, esto se debió a la incorporación de tracción electro con una batería no recargable a un carruaje. Años después la fabricación de vehículos eléctricos comenzó a desarrollarse industrialmente, pero el desarrollo de los vehículos a combustión, menos eficientes, pero más baratos, fue arrinconando a los vehículos eléctricos. Sin embargo, los avances tecnológicos y la mayor sensibilidad ambiental de la sociedad moderna están acelerando la transición a la movilidad eléctrica en todo tipo de vehículos: autobuses, coches, motos, bicicletas, patinetes, entre otros.

2.3.1. EVOLUCIÓN DE LA MOVILIDAD ELÉCTRICA

En el mundo actual, la electricidad es la manera de energía más usada, por ello esta se ha convertido en una fuente principal para el desarrollo de los vehículos eléctricos (Miranzo & del Río, 2018, pág. 530). En términos de tecnología los motores eléctricos alcanzan una eficiencia energética del 90%, mientras que el motor de combustión gasolina o diésel obtienen un 25%. Recargar un vehículo eléctrico es mucho más barato que repostar combustible en una

gasolinera, son menos contaminantes, no emiten gases a la atmósfera y su transición energética hacia las energías renovables conduce a sistemas limpios de producción de energía eléctrica en pocos años.

2.3.2. VEHÍCULOS ELÉCTRICOS URBANOS

Debido al aumento del volumen de tráfico, especialmente en las zonas urbanas, los automóviles se han convertido en la fuente dominante de contaminación atmosférica, las medidas adoptadas para limitar la contaminación no han podido contrarrestar el efecto contaminante de este aumento en los automóviles, los recursos petroleros limitados han iniciado la búsqueda de combustibles alternativos para vehículos, sin embargo, estas alternativas, excepto el hidrógeno y la electricidad, darán una disminución limitada de la contaminación.

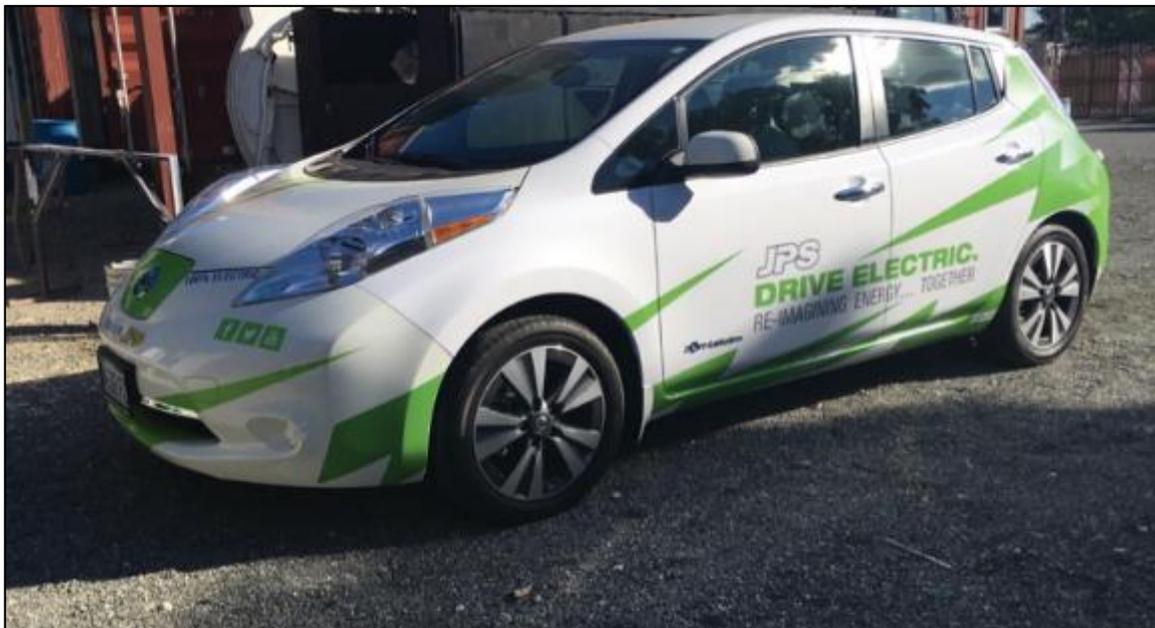


Figura 2. 7 Vehículo Eléctrico
(PNUMA, 2018, pág. 13)

La Figura 2.7 muestra un vehículo eléctrico el cual utiliza uno o más motores eléctricos para su propulsión, en lugar de los métodos de propulsión más comunes, como el motor de combustión interna (Álvarez & Menéndez, 2017, pág. 10). Los

vehículos eléctricos son atractivos tanto desde el punto de vista energético como medioambiental y se dedican importantes programas de desarrollo a baterías de alta densidad de energía que se espera que aumenten el alcance y el mercado de esta alternativa.

La emisión atmosférica total producida desde la planta de energía de un vehículo eléctrico, es por milla el 20% del total en comparación de un vehículo VCI (Jin et al., 2014, pág. 17). Para la emisión al suelo que es la medida más significativa con relación a la influencia sobre el ser humano y el medio ambiente, la cifra representante será esencialmente menor. Además, el nivel de contaminación acústica para los vehículos eléctricos es absolutamente más bajo en relación con los vehículos de motores de combustión interna (Jáuregui, 2014, pág. 95). Existen diferentes alternativas para clasificar la categoría de producto en el mercado de vehículos eléctricos alternativos (Pavlovic & Fragassa, 2015, pág. 660). En la Tabla 2.1 se muestra la clasificación de los vehículos categoría L según la Normativa INEN 2656 Norma Técnica Ecuatoriana: Clasificación Vehicular (INEN, 2016, pág. 3).

Tabla 2. 1 Clasificación de Vehículos Categoría L1 – L7

CATEGORIA	TIPO	IMAGEN	DESCRIPCIÓN
L1	Bicimoto Ciclomotor		Vehículos de dos ruedas, diseñados para velocidades que no superen los 45 km/h, con cilindrada máxima de 50 cm^3 para un motor de combustión interna de encendido por chispa y para el caso de motores eléctricos la potencia nominal continua máxima no sobrepase los 4 kW Peso técnicamente admisible declarado por el fabricante. Ver NTE INEN-ISO 3833, 3.4.

L7	Cuadriciclo Cuadrón		Vehículos de cuatro ruedas, cuya tara sea inferior o igual a 400 kg (550 kg para vehículos destinados al transporte de mercancías), no incluida la masa de las baterías para los vehículos eléctricos, y potencia máxima inferior o igual a 15 kW, para el caso de vehículos eléctricos. Peso en orden de marcha: (a) = 450 kg en el caso de transporte de pasajeros; (b) = 600 kg en el caso de transporte de mercancías. Vehículos L7 que no se pueden clasificar como vehículos L6.
----	------------------------	---	--

Fuente: (Normativa INEN 2656 ,2016, pág. 3)

Además, es importante señalar que estas categorías a su vez contienen subcategoría. A continuación, la Tabla 2.2 describe las subcategorías L1 y L7.

Tabla 2. 2 Clasificación de Vehículos Subcategoría L1 -L7

SUBCATEGORÍA		DENOMINACIÓN	CRITERIOS COMUNES DE CLASIFICACIÓN
L1	L1 -A	Bicimoto	Bicicleta diseñada para funcionar a pedal que cuenta con una propulsión auxiliar cuyo objetivo principal es ayudar al pedaleo y la potencia de la propulsión auxiliar se interrumpe a una velocidad del vehículo ≤ 25 km/h, potencia nominal continua máxima ≤ 1000 W y los ciclos de motor de tres o cuatro ruedas que cumplen los criterios específicos de anteriores se clasifican como equivalentes técnicamente a los vehículos L1-A de dos ruedas.
	L1-B	Ciclomotor de dos ruedas	Cualquier otro vehículo de categoría L1 que no pueda clasificarse con arreglo a los criterios de vehículos L1-A.
L7	L7-C	Cuadriciclo Pesado	Vehículos L7 que no cumplen los criterios específicos de clasificación de los vehículos L7-B con una potencia nominal continua máxima ≤ 15 kW, una velocidad máxima del vehículo por construcción ≤ 90 km/h y habitáculo cerrado para el conductor y los pasajeros, accesible por tres lados como máximo.

Fuente: (Normativa INEN 2656 ,2016, pág. 15)

2.3.2.1. Bicicleta eléctrica

La bicicleta eléctrica es un vehículo de transporte personal muy ligero de dos ruedas impulsado por pedales que incorpora un pequeño motor eléctrico asistido el cual ayuda al usuario para desplazarse de una forma más agradable y placentera.

Este nuevo medio de transporte nace como solución a algunos desperfectos de la bicicleta convencional, no obstante está en desarrollo y prueba para poder ayudar con la movilidad urbana y no competir con los vehículos convencionales, más bien ser los pioneros para una nueva generación de vehículos energéticamente eficientes (Rybecky, 2015, pág. 10).

Una bicicleta eléctrica se puede clasificar en:

- Bicicleta Eléctrica Pura o también conocida como ciclomotores eléctricos, la cual es una bicicleta convencional que integra un pequeño motor eléctrico colocado en el armazón (cuadro de la bicicleta) o dentro de la rueda ya sea esta delantera o trasera, y es accionada mediante un manillar que entrega la fuerza al motor.
- Pedelec o bicicleta de asistencia mecánica, que es una bicicleta eléctrica híbrida que asiste al individuo con energía eléctrica solo cuando este la desea.



Figura 2. 8 Bicicleta Eléctrica
(METRO ECUADOR, 2017, pág.3)

La Figura 2 .8 muestra el lanzamiento oficial de una bicicleta eléctrica en la ciudad de Quito-Ecuador para el proyecto BiciQuito en el año 2017, además, este tipo de transporte alternativo personal a nivel mundial está en auge, por ello los organismos de control y regulación vial toman cartas en el asunto para establecer un control de uso e implantar varios requisitos dependiendo de sus características de fabricación (Rivera, 2015, pág. 22).

La bicicleta eléctrica tiene como finalidad la promoción de un medio alternativo eléctrico eficiente, además que no produzca cualquier tipo de contaminación ambiental y concientizar una nueva modalidad de movilidad dentro de la urbe. Se caracteriza también por contar con un motor eléctrico de impulsión con una batería recargable de litio; este motor inicia sus funciones tiempo después que la bicicleta está en marcha para no tener inconvenientes de sobrecarga en el pequeño motor eléctrico, posee una autonomía promedio de 4 horas aproximadamente y está totalmente recargada en un lapso de 2 a 3 horas según la capacidad de la batería que esta disponga (Caño et al., 2009, pág. 5).

2.3.2.2. Monopatín eléctrico

El monopatín eléctrico es un moderno medio de transporte amigable con el medio ambiente que no utiliza combustibles fósiles para su movilización, se caracterizan por ser prácticos, ligeros y rápidos en distancias cortas dentro de una urbe volviéndose una forma segura de movilización para evitar las conglomeraciones y tráfico vehicular.



Figura 2. 9 Monopatín Eléctrico
(Segway, 2017, pág. 5)

La Figura 2.9 muestra un monopatín eléctrico de la marca Segway .Cada día el incremento de usuarios de este medio de transporte alternativo toma una gran acogida por su versatilidad de manejo y categorizados como vehículos de movilidad personal (VMP) los cuales en varios países aún no existe leyes o normas para la circulación de estos (Izquierdo, 2019, pág. 4).

Tiene un rango de velocidad entre 10 a 50 *km/h* efectivamente dado por la potencia que tenga este vehículo, además poseen una autonomía de 45 minutos aquellos

de 800W y aproximadamente 60 minutos aquellos modelos de entre 1000W y 1500W.

2.3.2.3. Péndulo invertido

El péndulo invertido es un medio de transporte personal eléctrico por autobalanceo del usuario, ligero y tiene una dirección giratoria que lo convierte en un vehículo muy versátil para recorrer distancias cortas de forma sencilla, además al tener un motor eléctrico no produce emisiones de efecto invernadero, también tiene un funcionamiento silencioso que ayuda a disminuir la contaminación acústica dentro de las urbes (Ashurst & Wagner, 2015, pág. 693).



Figura 2. 10 Péndulo Invertido
(Segway, 2017, pág.11)

La Figura 2.10 muestra un péndulo invertido de la marca Segway que fue creado por Dean Karmen en el año 2001, además Segway es la empresa pionera en el desarrollo de este tipo de transporte alternativo a nivel mundial.

Un estudio realizado por el Centro de Experimentación de Vehículos eléctricos en Quebec informo que la velocidad máxima de este vehículo es de aproximadamente 13 *mph* y fue clasificada como rango apropiado para circulación del usuario en áreas peatonales dentro de una urbe, por ello este medio de transporte es muy utilizado por personal de emergencia, policías, militares y en su mayoría turistas que desean experimentar una nueva sensación al movilizarse (Ji et al., 2014, pág. 4).

2.3.2.4. Biplaza eléctrico

Este automóvil urbano eléctrico es el tipo de vehículo diseñado y fabricado para circular en un tiempo relativamente largo y la velocidad adecuada para el tipo de carretera en las urbes es la más eficiente en el uso de la batería actual. Este es un pequeño vehículo totalmente 100% eléctrico, por ello no genera emisiones de CO_2 hacia el ambiente, tiene dos versiones uniplaza para modo carga y biplaza para dos usuarios además puede alcanzar una velocidad de hasta 80 *km/h* con una autonomía de carga de 100 *km* aproximadamente.



Figura 2. 11 Biplaza Eléctrico
(Renault Ec, 2017, pág. 3)

La Figura 2.11 muestra un biplaza eléctrico de la marca Renault modelo Twizy que está en comercialización desde el año 2017 en el Ecuador por parte de esta empresa automotriz con un valor de aproximadamente \$ 13,990 con 8 años de garantía o 10 000 km. Necesita un tiempo estimado de 3,5 horas con energía de 220 voltios o un tiempo estimado de 7 horas con carga de 110 voltios (Knowles & Morris, 2014, pág. 162).

En concepto de seguridad, posee una estructura tubular para soportar impactos en colisión, sistema de airbag para el conductor en la versión uniplaza con cinturón de 4 puntos y un sistema de frenos de discos para sus 4 ruedas motrices. En Ecuador, Renault es la empresa pionera en introducir este tipo de vehículos con una alta calidad para sus usuarios (Torres, 2015, pág. 26). Según el representante de esta empresa en Ecuador, un biplaza eléctrico aporta con una reducción de costos aproximadamente de 45% en relación con un automóvil de combustión con energía fósil ya que utiliza un combustible, periódico mantenimiento del motor y cambios de aceite para su lubricación (Vera et al., 2017, pág. 3).

2.3.3. FUENTE DE CARGA

La rapidez de la recarga se logra según el tipo de corriente eléctrica alcanzando diferentes niveles de amperaje y de potencia eléctrica. Una infraestructura de recarga con una potencia más alta permite recargas más rápidas, por esto dependiendo de la capacidad de carga de la batería de un vehículo eléctrico y el tipo de conector, en el mercado existen 4 modos distintos de carga los cuales se muestran en la siguiente Figura 2.12 y se detalla a continuación:

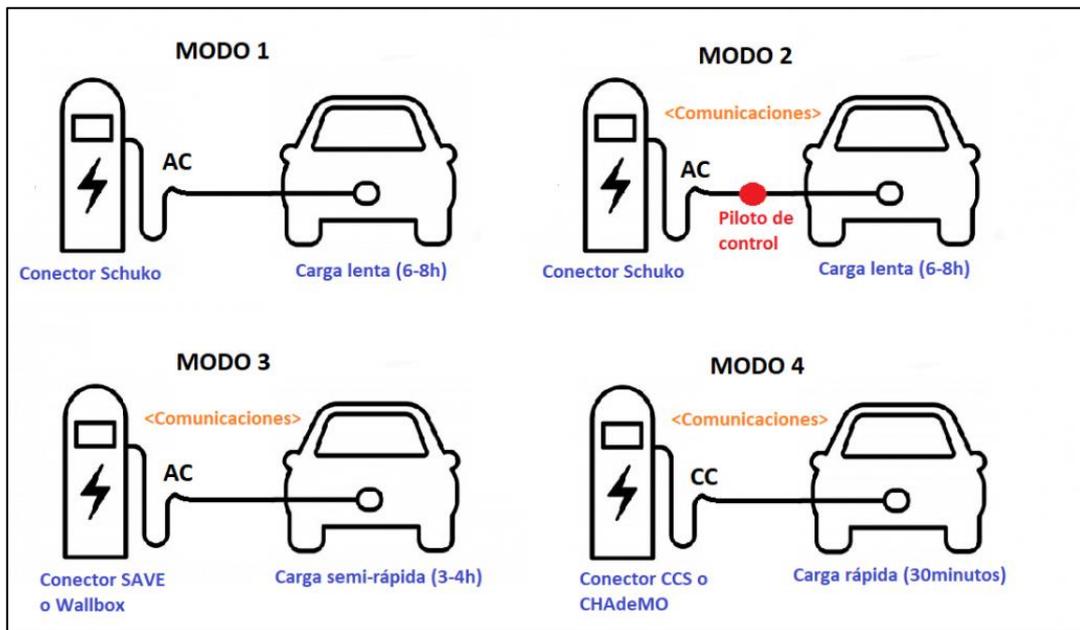


Figura 2. 12 Modos de Recarga
(Etecnic, 2016, pág.2)

- **Modo 1:** El vehículo se conecta a la red de distribución privada a través de un simple cable de alimentación. La corriente máxima es de 16 A y la seguridad está garantizada con protección diferencial y conductores de tierra.
- **Modo 2:** Se da con la ayuda de un cable específico, provisto de un dispositivo integrado, con funciones de seguridad y control de recarga. La seguridad de la red perimetral está garantizada con protección diferencial y puesta a tierra.
- **Modo 3:** Se conecta a través de conexiones específicas que integran, los conductores de potencia y conductores destinados al control de carga. La estación de recarga integra las funciones de seguridad y control de la corriente de salida.
- **Modo 4:** La transferencia de energía entre la estación de recarga y el vehículo ocurre en corriente continua, aquí están integradas las funciones de seguridad y control de la corriente de salida durante la recarga (Ceballos et al., 2016, pág. 158).

2.3.4. GESTIÓN DE LA MOVILIDAD ELÉCTRICA URBANA

Alrededor del mundo, la movilidad eléctrica está consolidándose como la mejor opción de tecnología real, con una progresiva competitividad económica, que favorece a la disminución de emisiones por parte del sector del transporte. Se define como movilidad eléctrica, a todos los medios de transporte que tiene uno o más motores eléctricos como fuente de traslación, esta es obtenida por una red eléctrica (Jin et al., 2014, pág. 9).

La movilidad eléctrica agrupa a los diferentes tipos de medios de transporte que tienen como fuente de propulsión la energía eléctrica, basándose en una energía limpia que ayuda a la disminución de contaminación producida principalmente por fuentes de combustión fósiles de los vehículos convencionales habitualmente usados (EUSKO, 2018, pág. 26).

La movilidad eléctrica tiene los siguientes puntos estratégicos:

1. Disminución del consumo de fuentes fósiles y aumentar la eficiencia energética para medios de transporte.
2. Disminución de gases de emisiones de efecto invernadero, ayudando así en la disminución del calentamiento global.
3. Apoyar en el mejoramiento de la calidad de vida y salud de quienes habitan las urbes en vías de desarrollo.
4. Reducir la contaminación acústica que es un nuevo problema que afecta a la salud de los ciudadanos.
5. Desarrollar nuevos tipos de almacenamiento de energías renovables.
6. Crear nuevas fuentes de empleo y desarrollo económico mediante la innovación de los tradicionales medios de transporte urbanos.



Figura 2. 13 Estación de Recarga
(PNUMA, 2018, pág.17)

La Figura 2.13 muestra una estación de recarga para vehículos eléctricos, fuente principal de energía para la movilidad eléctrica. En el caso de Latinoamérica, tiene una de las matrices energéticas con menores niveles de emisiones de CO₂, debido al alto número de hidroeléctricas existentes en la región y un favorable desarrollo de fuentes de energía renovables no convencionales (Mañez et al., 2016, pág. 27).

2.4. EFICIENCIA Y CONSUMO ENERGÉTICO

La eficiencia y consumo energético se describe como el ahorro o gasto de energía menor de lo habitual, en otras palabras, se enfoca en disminuir el consumo de energía mediante procesos complejos en las actividades realizadas sin perder el nivel de confort de estas. Para esto, se debe evitar acciones inadecuadas, uso de tecnología poco eficaz y actividades precarias.

2.4.1. EFICIENCIA

La eficiencia energética es una magnitud que se puede expresar como la relación que existe entre la energía que se puede tomar en la salida para efectuar un trabajo o realizar una actividad, y la cantidad de energía aplicada a un sistema o máquina.

En el caso del transporte esta eficiencia energética está relacionada directamente con factores como la distancia y el tiempo de recorrido, el consumo de combustible, el número de pasajeros, entre otros.

Se entiende por eficiencia energética, la disminución de energía necesaria para compensar la demanda, sin alterar su calidad; presume el reemplazo de un dispositivo por otro que, con los mismos beneficios, emplea menos electricidad (Schallenberg et al., 2008, pág. 125).

2.4.2. CONSUMO ENERGÉTICO

El consumo energético en el mundo se sustenta mayoritariamente en las fuentes de energía de origen fósil, lo que plantea grandes problemas, como el agotamiento de reservas, dependencia energética, dificultad e inseguridad de abastecimiento energético, y el impacto negativo sobre el medio ambiente. Como solución, se apuesta por reducir el consumo eléctrico y utilizar más energías renovables. El consumo energético es el gasto total de energía para un proceso determinado, el Grupo de investigación energía y sociedad determinan que hoy en día el dispendio promedio es de $14kWh/100km$ de los vehículos eléctricos. Un vehículo eléctrico consume alrededor de un 70 – 90% de Energía menos que un vehículo de combustión interna (Ramírez, 2017, pág. 27).

El consumo energético en el sector transporte (derivados del petróleo como diésel, gasolinas, gas y electricidad) ha aumentado significativamente en los últimos años, este sector es el que más consume energía en general y esta es extraída básicamente de los hidrocarburos, que son fuentes no renovables de energía, efectivamente el consumo de energía del transporte se encuentra directamente relacionado con la densidad de las ciudades y de las áreas rurales, cuando menor es la densidad, mayor es el consumo de energía, por ello los planes de movilidad deben considerar políticas y estrategias orientadas a un consumo eficiente de dicha energía y alentar todo sistema de movilidad que permita el ahorro en el consumo de los derivados del petróleo como fuente de energía.

2.4.3. AUTONOMÍA

La autonomía de un vehículo eléctrico es la capacidad que este tiene para desplazarse en cierta distancia por medio del uso de la energía de sus baterías de alto voltaje, sin necesidad de recarga alguna, es decir que la autonomía va correlacionada directamente con la energía de las baterías. En la determinación del consumo de autonomía en un vehículo eléctrico, se debe señalar en qué condiciones o ciclo de homologación se ha medido, las mediciones de consumo y autonomía son diferentes y depende del ciclo como de las condiciones de trabajo. La reducción de autonomía depende de los siguientes factores: terrenos planos o con desniveles y ocupantes a bordo del vehículo (Duque & Rocano, 2017, pág. 15). Además, el consumo energético obedece a las condiciones de desempeño de un vehículo eléctrico, tales como condiciones climáticas, estados de carga y descarga, la utilización de cada uno de los periféricos influye directamente en el consumo y la vida útil de la batería.

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. METODOLOGÍA

En este capítulo se describe paso a paso las actividades de la metodología empleada para cumplir con los objetivos de esta investigación. Es importante señalar que esta investigación se basa en la recopilación de datos e información técnica para un estudio analítico de la factibilidad técnica sobre la puesta en marcha de un proyecto sostenible.

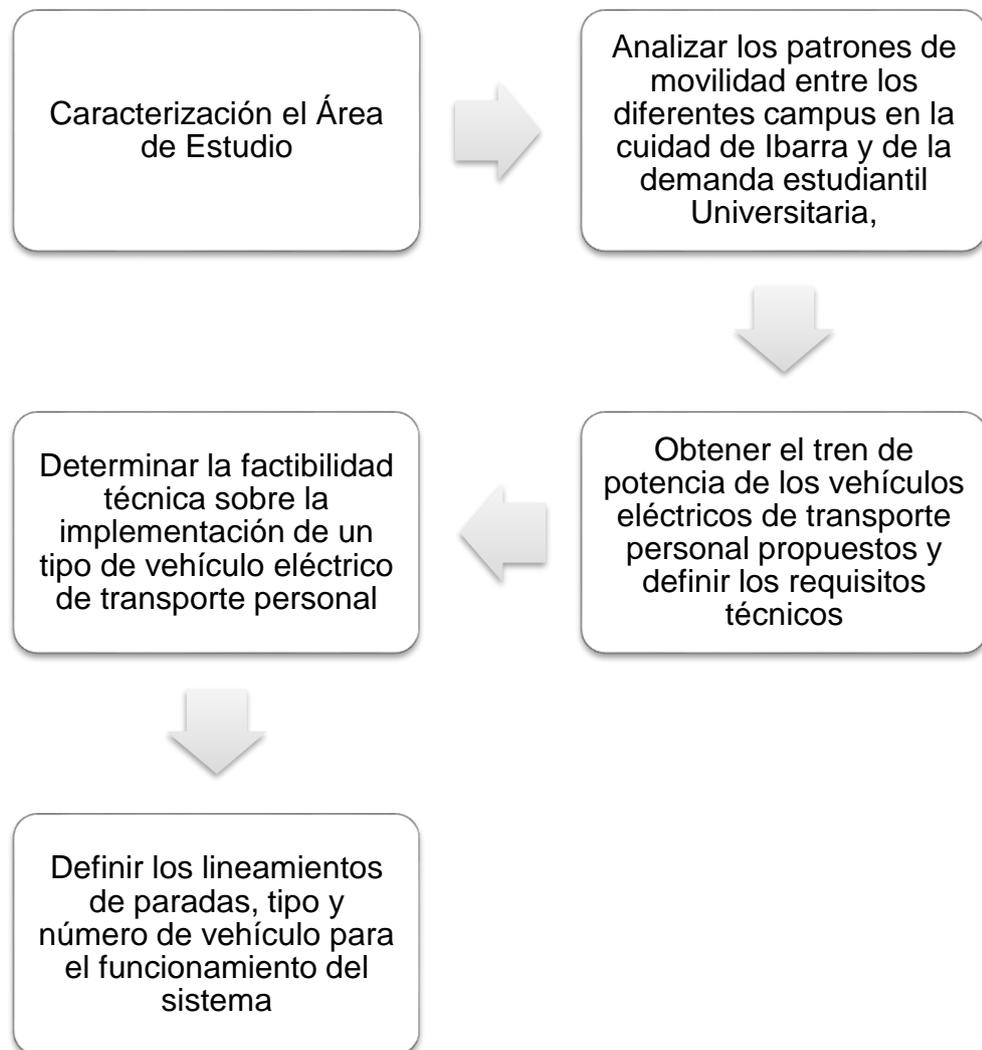


Figura 3. 1 Proceso Metodológico

En la Figura 3.1 se muestra los pasos necesarios a seguir para el desarrollo de la metodología de esta investigación, cuya finalidad es implementar un vehículo alternativo de transporte personal para la movilización de los estudiantes entre los cinco campus de la Universidad Técnica del Norte en la ciudad de Ibarra.

El proceso metodológico por seguir será el siguiente: Se inicia con la caracterización del área de estudio, luego se procede a analizar, los patrones de movilidad entre los campus universitarios de la Universidad Técnica del Norte en la ciudad de Ibarra, mismos que se los efectuará en base al modelo clásico de los 4 Pasos de los Sistemas de Planificación de Transporte, así como de la demanda estudiantil Universitaria.

Se obtiene el dimensionamiento del tren de potencia de los vehículos eléctricos de transporte personal propuestos, y se define de los requisitos técnicos, así como la determinación de la factibilidad técnica sobre la implementación de un vehículo eléctrico de transporte personal. finalmente, se concluye con la definición de los lineamientos de paradas, tipo y número de vehículo para el funcionamiento del sistema.

3.2. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

En cuanto a la caracterización del área de estudio, esta se la realizará considerando dos parámetros fundamentales: en el primero se tratará aspectos generales relacionados a la ciudad de Ibarra y en el segundo se detallará la información referente a los campus universitarios.

3.2.1. CIUDAD DE IBARRA

En cuanto a los datos de la ciudad de Ibarra, se obtendrá la información en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Ibarra – 2011, del Gobierno Autónomo Descentralizado de San Miguel de Ibarra. Para ello será necesario conocer datos relacionados a las condiciones geográficas de la ciudad, como su

orografía la cual nos permitirá establecer las pendientes relacionadas a cada ruta de estudio.

3.2.2. UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

En lo referente a la información sobre la ubicación de los cinco Campus universitarios que tiene la Universidad Técnica del Norte dentro de la ciudad de Ibarra, se la obtendrá mediante la página web oficial de esta Institución de Educación Superior, además los datos recolectados permitirán establecer las coordenadas geográficas de los Campus universitarios, determinar la distancia entre los mismos, y establecer las rutas mediante las aplicaciones Google Earth Pro y Google Maps.

3.3. DETERMINACIÓN DEL MODELO DE 4 ETAPAS

En cuanto al Análisis de los patrones de movilidad se lo desarrollará en base al modelo clásico de las 4 Etapas de los Sistemas de Planificación de Transporte los cuales son: Generación de viajes, Distribución, Partición modal y Asignación. Para obtener la información necesaria para la aplicación de este modelo se empleará una encuesta a los estudiantes de las carreras de la Universidad Técnica del Norte que necesitan movilizarse a los diversos Campus universitarios.

Los resultados permitirán conocer aspectos como: Número de viajes, flujos entre zonas de origen - destino, analizar y predecir los modos de transporte más utilizados en cada tipo de viaje, Identificar la oferta en el proceso de planeación del transporte y las características de los servicios ofrecidos, tales como frecuencia y capacidad. Es importante señalar que para aplicar las encuestas iniciaremos identificando la población y muestra de estudiantes de esta Institución de Educación Superior.

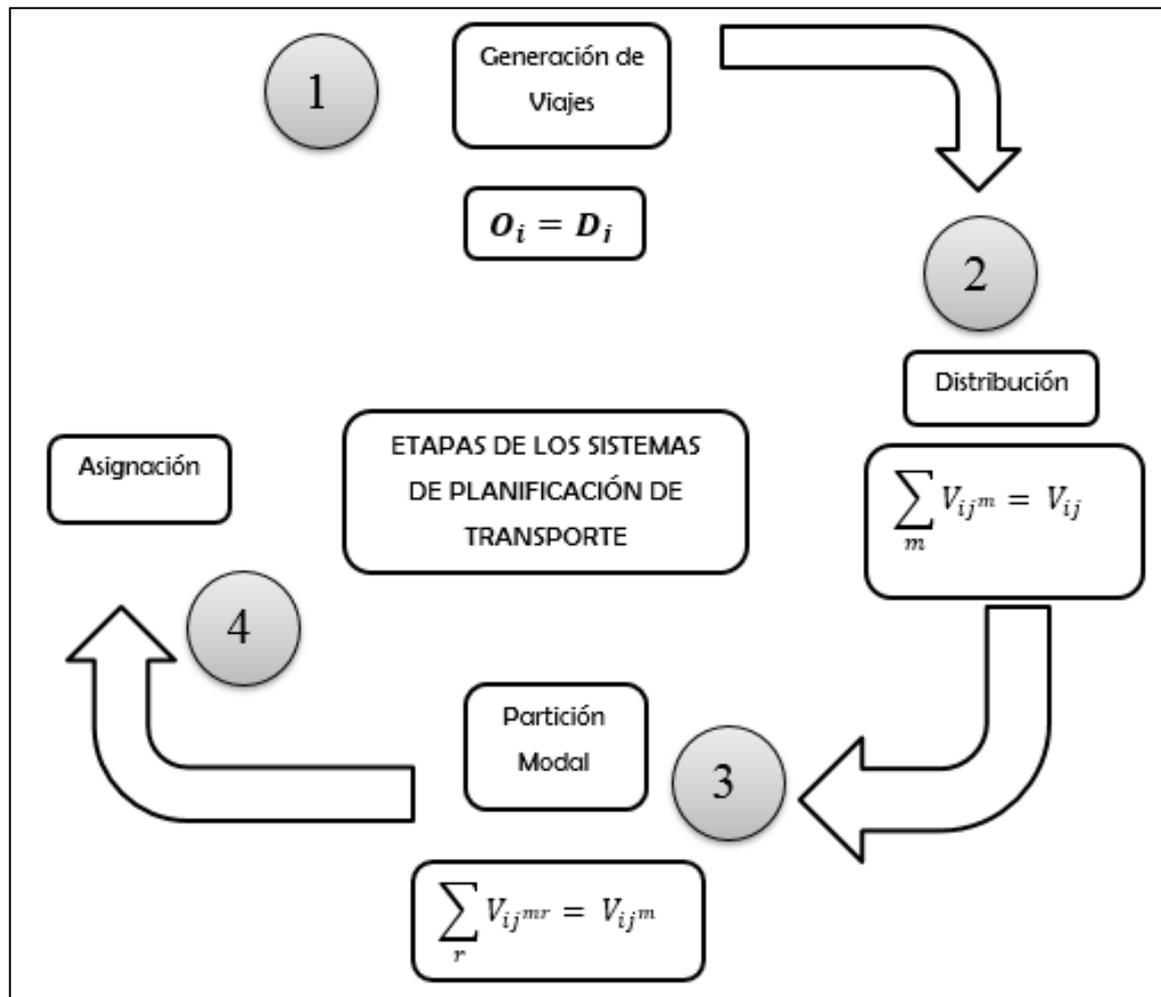


Figura 3. 2 Modelo de 4 Etapas

La Figura 3.2 representa el modelo de 4 etapas: Generación de viajes, Distribución, Partición modal y Asignación, este estudio se realizará en base al modelo clásico de Sistemas de Planificación de Transporte ya que es considerado como uno de los planteamientos más útiles para organizar o proyectar la estructura del tránsito. El singular diseño del método de las 4 etapas radica en utilizar datos de orígenes y destinos de los viajes en cada tramo. A continuación, se detalla cada una de las metodologías que se utiliza para desarrollar el Análisis de cada una de las 4 etapas de dicho modelo (Barreno et al., 2008, pág.15).

3.3.1. GENERACIÓN DE VIAJES

En la primera etapa del modelo del Sistema de Planificación de Transporte el cual es la Generación de viajes se utiliza como base al número de viajes que son generados y atraídos por cada una de las zonas en que se ha desagregado el área en estudio. Esta etapa esta relacionada únicamente con el número de viajes que inician y finalizan en cada zona, más no con la manera como se hacen las conexiones entre orígenes y destinos. Es decir, en esta etapa se trata de explicar la forma como se generan y atraen los viajes mediante la utilización de relaciones entre las características de los viajes y las del medio urbano.

Su fórmula es:

$$O_i = D_j \quad [\text{Ec. 3.1}]$$

Donde:

O_i = Viajes que se generados en i

D_j = Viajes que son atraídos a la zona j

3.3.1.1. Elaboración de encuesta

El cuestionario de la encuesta contiene preguntas cerradas por fines prácticos ya que responden mejor a las exigencias de los cálculos y a las generalizaciones estadísticas. Dicha encuesta se la realiza virtualmente mediante la aplicación Google Forms y su análisis e interpretación se obtendrá en base al programa estadístico de recopilación de datos Microsoft Excel (Anexo I-II).

3.3.1.2. Determinación de la población

Para la determinación de la población de la comunidad estudiantil universitaria, se considera a la cantidad de estudiantes matriculados en el periodo académico

comprendido entre los meses de septiembre del año 2018 hasta febrero 2019 de la Universidad Técnica del Norte pertenecientes a las facultades FICA, FICAYA, FCCSS. FACAE. Una vez determinada la población de la Comunidad estudiantil universitaria, se procederá al cálculo de la muestra.

3.3.1.3. Determinación de muestra

La muestra es una parte o un subconjunto de individuos de una población a estudiar y sirve para representarla estadísticamente, esta se obtiene con la intención de asumir propiedades de la totalidad de la población. La determinación de la muestra para esta investigación se la realiza de acuerdo con la siguiente ecuación 3.2.

$$n = \frac{PQ \cdot N}{(N - 1) \frac{E^2}{K^2} + PQ} \quad [\text{Ec. 3.2}]$$

Donde:

- n = Tamaño de la muestra
- P.Q = Varianza de la población, valor constante = 0.25
- N = Población / Universo
- (N-1) = Corrección Geométrica
- E = Margen de error estadísticamente 0.05 = 5%
- K = Coeficiente de corrección de error, valor constante = 2

3.3.2. DISTRIBUCIÓN DE VIAJES

La segunda etapa del modelo es la Distribución de viajes. En esta investigación se considerará los números de viajes en pares que se originan en dos zonas específicas. Además, el propósito del viaje serán las actividades académicas dentro del horario de estudio y se toma en cuenta como modo de transporte al medio más

utilizado habitualmente por el estudiante. La determinación de la distribución de viajes se la realiza de acuerdo con la ecuación 3.3 que se detalla a continuación.

$$\sum_m V_{ij}^m = V_{ij} \quad [\text{Ec. 3.3}]$$

Donde:

V_{ij} = Viajes origen destino

m = modo de transporte

3.3.3. PARTICIÓN MODAL

Para la determinación de la Participación modal, tercera etapa del modelo clásico de planificación del transporte se analiza detalladamente los modos de transporte que actualmente utilizan los estudiantes para moverse entre los distintos Campus universitarios. Entre los medios de transporte a analizarse tenemos el bus, el vehículo privado, la bicicleta y la caminata; para esto utilizaremos la ecuación 3.4 detallada a continuación.

$$\sum_r V_{ij}^{mr} = V_{ij}^m \quad [\text{Ec. 3.4}]$$

Donde:

V_{ij} = Viajes origen destino

m = modo de transporte

r = ruta

3.3.4. ASIGNACIÓN DE RUTAS

La última etapa es la Asignación de rutas, se la realiza mediante la combinación de dos aplicaciones: Google Maps y Google Earth Pro. Google Maps permite establecer la ruta más corta o rápida según el algoritmo de tráfico preestablecido

por la aplicación, así como determinar el tiempo base de recorrido para cada ruta. La segunda aplicación Google Earth Pro, se la utiliza para diseñar el mapa de asignación de rutas en base a distancias y pendientes.

3.4. DIMENSIONAMIENTO DEL TREN DE POTENCIA

La determinación del dimensionamiento del tren de potencia para los Vehículos eléctricos de transporte personal propuestos de este estudio se lo realiza en base a un cálculo estimado del Tren de potencia que requiere el motor eléctrico de dichos vehículos y la autonomía de estos, su análisis se desarrolla en base a los siguientes parámetros:

3.4.1. POTENCIA

En cuanto a la determinación de la potencia, esta se la calcula en base a la obtención del tren motriz de cada uno de los vehículos eléctricos y para ello se considera las siguientes fuerzas que intervienen al instante de poner en movimiento el vehículo personal: Resistencia a la Rodadura F_{Ro} , Resistencia Gravitatoria F_G , Resistencia Aerodinámica F_{Ae} y Resistencia por Aceleración F_{Ac} .

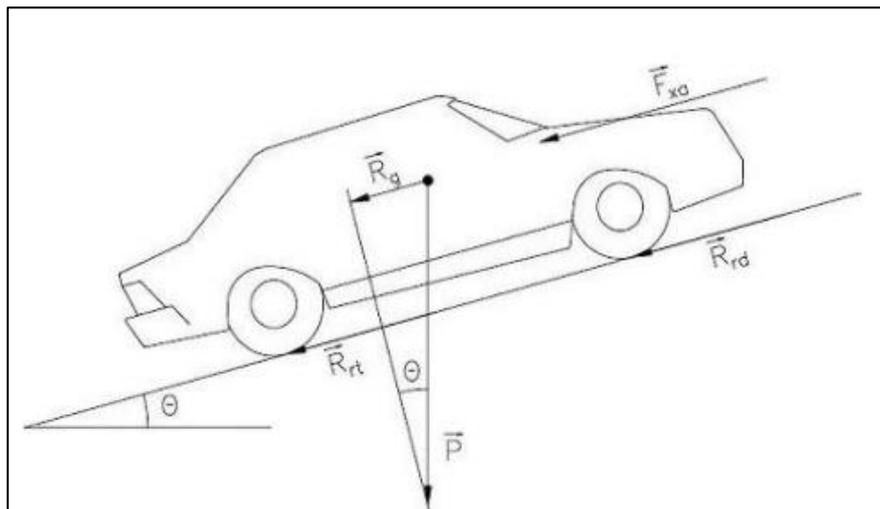


Figura 3. 3 Fuerza de resistencia al movimiento
(Aguilar et al., 2017, pág. 12)

En la Figura 3.7 se presenta las fuerzas que se oponen al movimiento, con el cálculo de estas fuerzas se logra determinar la potencia necesaria para el motor eléctrico, la autonomía y algunas características que se precisa tomar en cuenta para el dimensionamiento del tren motriz, además es indispensable conocer el grado de inclinación, ya que este indicador permite obtener la resistencia a la rodadura y gravitatoria. La recopilación de la información y datos para esta investigación se lo hace en base a fuentes confiables, garantizado así su autenticidad.

3.4.1.1. Resistencia a la rodadura

La resistencia que se genera al momento de entrar 2 cuerpos en contacto, por lo que primero será necesario conocer cada una de las abreviaturas que se encuentran suscritas en el lado del neumático, por esto se indagará sobre las clases o tipos de neumáticos y sus respectivas variaciones.

La ecuación 3.5 se utilizará para determinar el dimensionamiento de tren motriz de acuerdo con las especificaciones técnicas ajustadas al auto eléctrico y que permita conocer el desempeño de una manera eficiente tomando en cuenta los valores más críticos y que este apto para implementarlo en cualquier ruta es la siguiente:

$$F_{Ro} = m * g * fr \quad \text{[Ec. 3.5]}$$

Donde:

F_{Ro} = Resistencia a la rodadura (kg)

m = Masa (kg)

g = Gravedad (m/s^2)

fr = Coeficiente de resistencia a la rodadura (Adimensional)

En este análisis se considera que el tanto el coeficiente de rodadura delantero como el trasero son iguales, además esta fuerza es proyectada verticalmente hacia el centro de la rueda. Para el cálculo de masa total se considerará la máxima carga y

además se toma como base el peso promedio de una persona que según la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE) 1323:2009 del Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN que detalla los requisitos para carrocerías de vehículos livianos es de 70 *kg*. En lo referente al coeficiente de rodadura *f* se puede mencionar que este es adimensional y obedece especialmente a una magnitud μ_r , en [m], designado coeficiente de resistencia a la rodadura y al radio de la rueda r_r , como se expresa en la ecuación 3.6.

$$f = \mu_r / r_r \quad [\text{Ec. 3.6}]$$

Donde:

f = coeficiente de rodadura

μ_r = Magnitud

r_r = radio de rueda

El coeficiente de resistencia de rodadura *fr* expresa los coeficientes de rodadura para ruedas con cubiertas neumáticas (Marchese & Golato, 2011, pág. 2). Para los automóviles en general se considera el rango típico del coeficiente de resistencia a la rodadura de 0.010 a 0.015, automóviles de baja resistencia y camino sobre carretera lisa 0.006 a 0.010, a bicicleta eléctrica y convencional oscila entre 0.003 a 0.008. A continuación, la Tabla 3.1 describe los coeficientes de rodadura para los distintos neumáticos según el tipo de medio de transporte que se investigue.

Tabla 3. 1 Coeficientes de Rodadura para distintos tipos de neumaticos

Coeficientes de Rodadura para distintos tipos de neumaticos	
Tipos de Neumaticos	Coeficiente de Rodadura (<i>f</i>)
Especiales de Bicicletas	0,0055
Para Automoviles de Baja Resistencia	0,006 a 0,010
Para Camino sobre Carretera Lisa	0,006 a 0,010
Automoviles en General	0,010 a 0,015

Elaborado por: El Autor

Fuente : (Marchese & Golato, 2011 pág. 2)

En esta investigación, a la bicicleta eléctrica asistida y convencional se considera en base al rango típico del coeficiente de resistencia a la rodadura que oscila entre 0.003 a 0.008, para fines de cálculo, y se selecciona el valor intermedio de 0,006 (Marchese & Golato, 2011, pág. 5), que se obtiene de la sumatoria entre los dos rangos y dividido para 2 así:

$$(0.003 + 0.008) = \frac{0,011}{2} = 0,0055$$

3.4.1.2. Resistencia gravitatoria

La altitud es la encargada de determinar la variación de altura que experimenta un vehículo en un intervalo de distancia recorrida. Mediante este cambio de altura, se puede conocer la pendiente que existe durante el recorrido de una ruta, la cual es un factor determinante al momento de seleccionar las especificaciones técnicas de un vehículo.

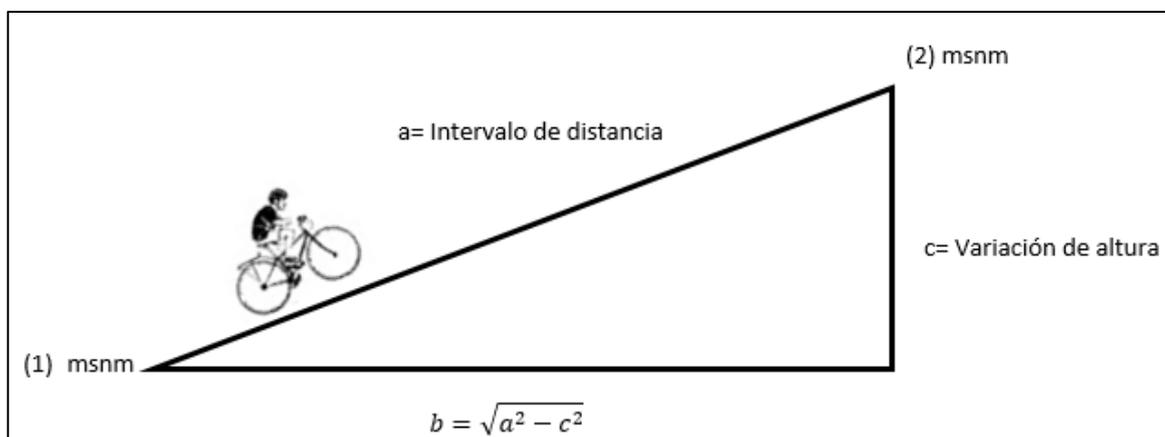


Figura 3. 4 Componentes para determinar la pendiente en terrenos inclinados

En la Figura 3.8. se presentan los datos para determinar la variación de altura, en este caso el punto 1 y 2, mediante la aplicación Google Earth podemos obtener estos datos referentes a los lugares de cada ruta donde existe pendientes, además estos datos se miden en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m). Luego, se procede a realizar el cálculo de la pendiente según el intervalo de recorrido

aproximadamente. A continuación, se expresa la ecuación 3.7 de la pendiente donde “c” es el resultado de la resta del punto 2 menos punto 1, dividido para “b” que es un cateto y se lo determina mediante la ecuación de Pitágoras.

$$Pendiente = \frac{c}{b} \times 100 \% \quad [Ec. 3.7]$$

Una pendiente se encuentra dada en porcentaje, por lo que, para realizar los cálculos es necesario convertirlos a grados, esto se lo hará mediante la aplicación de la ecuación 3.8 a continuación.

$$\phi = \arctg^{-1} \frac{\phi \%}{100} \quad [Ec. 3.8]$$

Donde:

ϕ = Ángulo de inclinación (°)

$\phi \%$ = Ángulo de inclinación (%)

Una vez obtenidos los respectivos valores, el siguiente paso es realizar los cálculos correspondientes a la resistencia gravitatoria utilizando la ecuación 3.9 que se detalla a continuación.

$$F_G = m * g * \text{sen} (\phi) \quad [Ec. 3.9]$$

Donde:

F_G = Resistencia Gravitatoria (N)

m = Masa del vehículo (kg)

g = Gravedad (m/s^2)

ϕ = Ángulo de la pendiente (°)

3.4.1.3. Resistencia aerodinámica

La resistencia aerodinámica, constituye la fuerza de una corriente de aire que se desliza por arriba y debajo del perfil de un vehículo, esta resistencia se va aumentando conforme se incrementa la velocidad, razón por la cual es importantes buscar el diseño más adecuado que permite obtener la menor resistencia aerodinámica. La determinar de las variaciones que están relacionados con el coeficiente aerodinámico, sección transversal, densidad del aire y la velocidad, se la calculará mediante la ecuacion 3.10.

$$F_{Ae} = \frac{1}{2} * C_x * A * \rho * v^2 \quad [\text{Ec. 3.10}]$$

Donde:

F_{Ae} = Resistencia aerodinamica (N)

C_x = Coeficiente aerodinamico (adiminesional)

A = Seccion transversal (m^2)

ρ = Densidad del aire (kg/m^3)

v^2 = Velocidad (m/s)

Es importante señalar que el coeficiente aerodinámico es un factor que interviene al momento de poner en marcha un vehículo y que además sus unidades son adimensionales, este valor va incrementando con el aumento de la velocidad y por ende en cada tipo de automotor es diferente, por lo tanto también varía en un amplio rango según las diferentes formas.

En la tabla 3.2, se detalla diversos valores de coeficientes de resistencia aerodinámicos C_x para distintos vehículos (Marchese & Golato, 2011, pág. 3), que servirá para el desarrollo de los respectivos cálculos.

Tabla 3. 2 Coeficientes de Resistencia Aerodinámica para Diferentes Vehículos

Tipos de Vehículos	Coeficiente de Resistencia Aerodinámica C_x
Monopatín	0,90
Péndulo invertido	0,90
Automóviles eléctricos pequeño	0.64

Elaborado por: El Autor

Fuente : (El Consumo de Combustible y Energía en el Transporte ,Marchese & Golato, 2011 , pág. 3)

Cabe recalcar que cuando aumenta la velocidad de circulación del vehículo también aumenta la relevancia de la resistencia aerodinámica, en nuestra investigación al tratarse de movimiento urbano no se tendrá velocidades muy elevadas, sin embargo, este es un aspecto muy importante que debe ser considerado ya que afecta considerablemente al funcionamiento del vehículo.

En la Tabla 3.3 se presenta datos relacionados al área frontal de un Renault Twizy, mismos que permiten determinar el área frontal para la carrocería y todos los neumáticos, este valor será un estimado que puede variar levemente, el valor para el área frontal que esta en contacto con el aire es de $2,14 \text{ m}^2$.

Tabla 3. 3 Cálculos de área de la parte frontal de Renault Twizy

Descripción	Altura (m)	Ancho (m)	Área (m^2)
Parte Frontal de la carrocería	1.45	1.23	1.78
Neumático delantero derecho	0.42	0.22	0.09
Neumático delantero izquierdo	0.42	0.22	0.09
Neumático trasero derecho	0.42	0.22	0.09
Neumático trasero izquierdo	0.42	0.22	0.09
Área Total			2.14

Elaborado por: El Autor

Fuente : (Renault S.A.S., 2016)

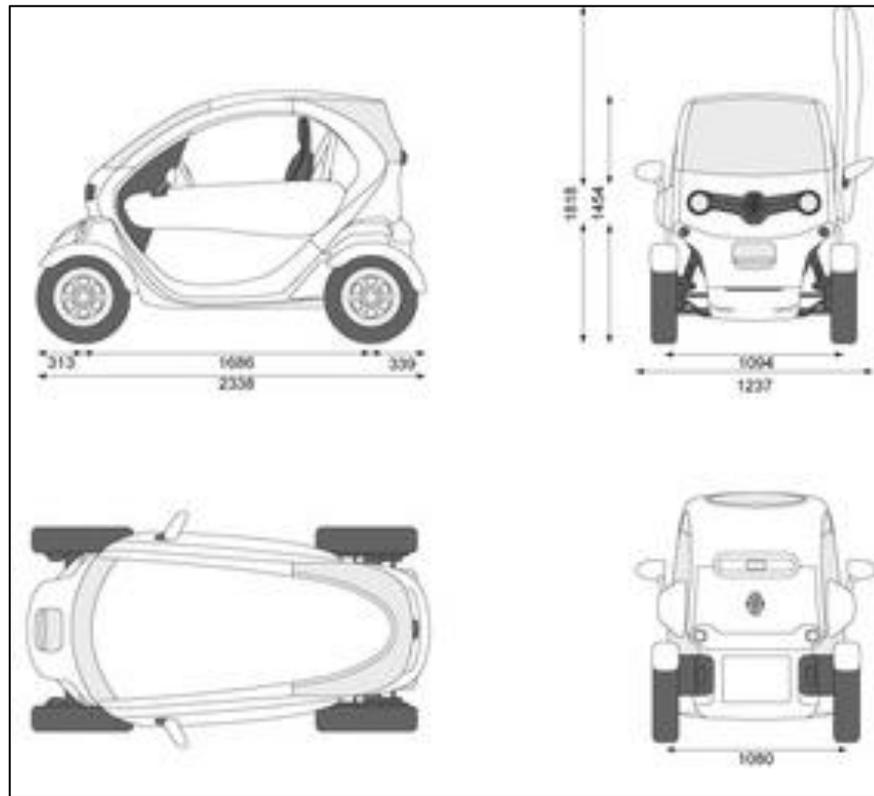


Figura 3. 5 Dimensiones Renault Twizy
(Renault S.A.S., 2016, pág. 25)

La Figura 3.5 muestra las dimensiones específicas de un Renault Twizy según el manual del fabricante Renault S.A.S del año 2016, donde podemos observar las vistas lateral, superior, frontal y trasera con las medias detalladas en la Tabla 3.3.

En cuanto al área del neumático esta depende de la superficie de contacto, así como por el alto que se encuentra en contacto directo con el aire, para el cálculo del área de los neumáticos de la parte posterior se considerará 2 de 4 ya que así se logra obtener un menor margen de error.

Para determinar la densidad del aire, se considera la elevación promedio de los diferentes campus universitarios que corresponde a 2200 m.s.n.m, y se encuentran aproximadamente a 102.4 KPa la temperatura promedio anual en la Ciudad de Ibarra ronda los 16,3⁰. La densidad del aire es un indicador que se determina mediante la temperatura, presión y condiciones de humedad, se la puede calcular mediante la ecuación 3.11 que se detalla a continuación :

$$\rho = \rho_{aire\ seco} * \frac{p}{1atm} * \frac{Rd}{273,16 + T} \quad [\text{Ec. 3.11}]$$

Donde:

$\rho_{aire\ seco}$ = Presión del aire seco (kg/m^3)

1atm = unidad de presión atmosférica (kPa)

Rd = Constante del gas aire seco ($\frac{J}{kg * K^\circ}$)

3.4.1.4. Resistencia por aceleración

Cuando la velocidad del vehículo eléctrico alternativo varía durante el transcurso de la ruta, es necesario tomar en cuenta la aceleración que este experimenta, así, por medio del uso de la aceleración y la masa del VEA se puede obtener la resistencia producida por la aceleración.

En el cálculo de la determinación de la aceleración, se utiliza la ecuación derivada del movimiento rectilíneo uniforme variado, en la que la aceleración es la magnitud vectorial que permite determinar la rapidez con la que el vehículo cambia su velocidad (Navarro, 2014, pág. 127) , se toma una velocidad inicial de cero y una velocidad máxima de 25 *km/h*, la ecuación 3.12 describe lo anterior mencionado.

$$Vf^2 = Vo^2 + 2 * a * d \quad [\text{Ec. 3.12}]$$

Donde:

Vf = Velocidad final (m/s)

Vo = Velocidad Inicial (m/s)

a = Aceleración (m/s^2)

d = Distancia (m)

Una vez calculada la aceleración con la anterior ecuación , esta se la utiliza como constante para las diferentes ecuaciones posteriores, cuya ecuación 3.13 a ser aplicada será:

$$F_{la} = m * a \quad [\text{Ec. 3.13}]$$

Donde:

F_{la} = Resistencia por Aceleración (N)

m = Masa (kg)

a = Aceleración lineal (m/s^2)

3.4.1.5. Resistencia total

El cálculo de la resistencia total o fuerza de impulsión, se lo realiza una vez determinadas todas las resistencias anteriores y esta es la sumatoria de la resistencia a la rodadura, resistencia gravitatoria, resistencia aerodinámica y resistencia por aceleración, mismas que permite obtener la fuerza de impulsión para diferentes velocidades y ángulos de pendiente, utilizamos la ecuación 3.14.

$$F_i = R_R + R_g + R_{ae} + R_{la} \quad [\text{Ec. 3.14}]$$

Donde:

F_i = Fuerza de impulsión (N)

R_R = Resistencia a la rodadura (N)

R_g = Resistencia gravitatoria (N)

R_{ae} = Resistencia aerodinamica (N)

R_{la} = Resistencia por aceleración (N)

3.4.1.6. Cálculo de potencia requerida para el motor

El cálculo de la potencia requerida para el motor se lo realiza considerando la pendiente máxima, ya que en esta es la condición donde se requiere que el motor se desempeñe de una forma eficiente, la fórmula para dicho cálculo es:

$$P_c = F_i * V_{max} \quad [\text{Ec. 3.15}]$$

Donde:

P_c = Potencia requerida para el motor (W)

F_i = Fuerza resiste al avance (N)

V_{max} = Velocidad maxima (m/s)

En este parámetro, la velocidad constituye el factor determinante para establecer cuál es la potencia que requiere el motor.

3.4.1.7. Potencia requerida para el vehículo eléctrico personal

En el cálculo de la potencia requerida para un motor eléctrico se considera a la eficiencia energética del motor, ya que de esto depende el tamaño y peso. En esta investigación se toma como base la información que según señala (Díaz, 2019, pág. 77). Los motores a diésel tienen una eficiencia energética del 37 %, mientras que para los motores eléctricos se toma de los datos otorgados por (Chuquiana, 2014, pág. 40), quién manifiesta que la eficiencia para este tipo de vehículos es del 80 %, la siguiente fórmula permite establecer dicha potencia:

$$P_{mr} = \frac{P_c}{e} \quad [\text{Ec. 3.16}]$$

Donde:

P_{mr} = Potencia del Motor (W)

P_c = Potencia requerida para el motor (W)

e = Eficiencia Energetica (%)

3.4.1.8. Consumo energético

Una vez realizados todos los cálculos relacionados a la potencia requerida del motor, se procede a determinar el Consumo Energético mediante la utilización de la siguiente fórmula:

$$\text{Consumo Energético} = \frac{P_{mr} * t}{d} \quad [\text{Ec. 3.17}]$$

Donde:

P_{mr} = Potencia requerida del motor

t = tiempo

d = distancia

3.4.2. AUTONOMÍA

El cálculo de la autonomía de los vehículos eléctricos propuestos para este estudio, se lo realiza considerando la tensión de voltaje del motor de cada uno de estos vehículos, la cantidad de carga eléctrica de las baterías más conocido como capacidad, y además considerando solo el 90% de capacidad de la misma para prolongar la vida útil de dicha batería, todo esto dividido al consumo energético previamente calculado. Su fórmula de cálculo es:

$$A = \frac{V_{mot} * Capacidad * 0,90}{Consumo energético} \quad [\text{Ec. 3.18}]$$

Donde:

A = Autonomía (km)

V_{mot} = Tensión del motor (V)

C = Capacidad (Ah)

C_e = Consumo energético

3.4.3. ANÁLISIS COMPARATIVO

El análisis comparativo se lo desarrolla en base a los requisitos técnicos de cada vehículo, para ello se considera el tren de potencia, el consumo energético y la autonomía de cada uno de los medios de transporte eléctricos seleccionados para esta investigación. Dicho análisis se realiza mediante el uso de ponderación de valores de 1 a 5, donde 1 es el valor inferior y 5 el superior.

Se consideró ocho parámetros de análisis para los cuatro vehículos eléctricos personales de estudio, mismos que se representaran mediante un gráfico radial para tener una mejor visualización de dichos parámetros. Entre los parámetros analizados se puede mencionar los siguientes:

- **Potencia de Motor:** Este parámetro toma como referencia los datos de la ficha técnica y los del dimensionamiento del tren de potencia calculada. Es importante mencionar que, en el caso de la bicicleta eléctrica asistida, esta puede utilizar una potencia adicional por parte del usuario para realizar su desplazamiento.
- **Consumo Energético:** Se basa en los cálculos determinados para cada una de las rutas preestablecidas.
- **Autonomía:** Este proceso se determina de los valores obtenidos en los cálculos que se realiza de cada uno de los vehículos en cuanto a tensión del motor multiplicado por la capacidad de la batería al 90% dividida para el consumo energético.
- **Precio de adquisición:** Es el valor unitario de compra establecido por el proveedor en la ficha técnica.
- **Seguridad vial:** Considera el nivel de seguridad de cada uno de los vehículos, tomando como base los percances o accidentes que podrían suscitar en el desplazamiento.
- **Facilidad de uso:** Toma en cuenta la simplicidad o habitualidad al momento de conducir el medio de transporte eléctrico alternativo.

- **Costo de Batería:** Precio establecido en el mercado que depende del tipo de vehículos eléctricos.
- **Tiempo de Carga:** Se basa en los datos de las fichas técnicas para determinar un tiempo aproximado de recarga total de la batería.

3.5. INFRAESTRUCTURA Y GESTIÓN

Mediante la información obtenida en los apartados anteriores y una vez determinado el vehículo óptimo, es necesario considerar y analizar los siguientes aspectos: infraestructura y ubicación de los estacionamientos, fuentes de carga, número de vehículos. Por otro lado, la gestión se la analizara en base a costos y gastos necesarios para poner en funcionamiento la propuesta planteada, pero de igual manera considerando un monto límite para que su implementación sea netamente factible.

3.5.1. INFRAESTRUCTURA

En cuanto a la infraestructura, se lo realizará considerando los lineamientos de paradas, dimensionamientos, ubicación de estacionamientos y fuentes de carga en términos técnicos dentro de cada Campus universitario. Además, se realizará la determinación del número de vehículos eléctricos que se deberá adquirir para iniciar la puesta en marcha de este proyecto. Es necesario mencionar que el proyecto en su primera fase no abordara al total de la demanda requerida por la Universidad Técnica del Norte en esta problemática, pero da un inicio a un proyecto sostenible y posiblemente sustentable en un futuro.

3.5.1.1. Infraestructura de estacionamientos

En la infraestructura se considerará el espacio ideal que deberán tener los estacionamientos de las paradas de los vehículos eléctricos en metros cuadrados,

además también se incluirá la construcción de la cubierta de dicho espacio, mismo que permitirá evitar el agua, sol y desgaste ambiental de los medios de transporte.

3.5.1.2. Fuentes de carga

Las fuentes de carga estarán dentro de los estacionamientos implementados para los diferentes campus y se ubicará en el lado izquierdo de la infraestructura de los anclajes, contará de un tablero central para monitorear y verificar los estados de carga, se conectará a una fuente de energía eléctrica de 220 V la misma que estará enlazada a la red eléctrica general de cada Campus universitario. Para las fuentes de carga, es necesaria la instalación de un transformador trifásico, el cual transformará la energía eléctrica de corriente alterna a continua de 220 V a 36 V, logrando así el voltaje adecuado para el funcionamiento de las baterías de estos vehículos eléctricos.

3.5.1.3. Ubicación de estacionamientos

La Ubicación de los estacionamientos para los vehículos eléctricos y las infraestructuras necesarias para este proyecto serán determinados mediante logística de las redes eléctricas, es decir puntos en los estacionamientos generales de cada Campus en el cual sea accesible la obtención de energía eléctrica.

3.5.1.4. Número de vehículos

En lo referente al número de vehículos con los que se iniciará la puesta en marcha de este proyecto, se lo calculará en base a un límite monetario disponible para proyectos del Centro Universitario de Investigación Ciencia y Tecnología CUICYT, el cual destina el 6% del presupuesto anual para este tipo de iniciativas. Esto es necesario ya que el coste de los vehículos eléctricos representa la mayor parte de la inversión del proyecto, en base a la demanda se procederá a determinar el número de vehículos a distribuir en cada campus universitario.

3.5.2. GESTIÓN

Para el tema de gestión, es necesario realizar una entrevista al director del Departamento Financiero de la Universidad Técnica del Norte, para conocer algunos aspectos relacionados al tema financiero (Anexo III) las preguntas que tendrá esta técnica de recopilación de información serán las siguientes:

- ¿Usted ha escuchado hablar sobre el uso de vehículos eléctricos en las Universidades Nacionales o Internacionales como una medida de movilidad estudiantil y ciudad sostenible?
- ¿Cree usted que es necesaria la implementación de nuevas estrategias para lograr una movilidad sostenible de la población estudiantil universitaria entre los Campus universitarios?
- ¿Usted considera que la Universidad Técnica del Norte estaría dispuesta a invertir en un proyecto que permita la movilización sostenible de sus estudiantes?
- ¿Cuál cree usted que sería un monto estimativo que la Universidad Técnica del Norte estaría en capacidad de invertir en un plan de movilidad sostenible para sus estudiantes?
- ¿Cree Usted que la implementación de esta propuesta ayudaría a los estudiantes en cuanto a ahorro económico y tiempo?
- ¿Qué expectativa tendría usted si existiera una propuesta de movilidad sostenible en la Universidad Técnica del Norte?

En cuanto a la gestión, esta se la realiza mediante la determinación de la factibilidad económica de la propuesta planteada en esta investigación y se lo ejecutará considerando los montos de inversión, los costos y gastos que serán necesarios para poner en funcionamiento la implementación de los vehículos eléctricos alternativos dentro de los campus de la Universidad Técnica del Norte que se existen en la ciudad de Ibarra.(Anexo IV).

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Se refiere a la caracterización del área de estudio como la información obtenida sobre los aspectos generales relacionados a la ciudad de Ibarra y los Campus Universitarios de la Universidad Técnica del Norte que se encuentran dentro de la misma, dichos datos nos permitieron conocer la orografía y coordenadas geográficas, información importante para esta investigación.

4.1.1. CIUDAD DE IBARRA

Ibarra, capital de la provincia de Imbabura, está ubicada a 115 *km* al noroeste de Quito a 125 *km*, al sur de la ciudad de Tulcán, con una altitud de 2.225 m.s.n.m., posee un clima seco templado y agradable y una temperatura promedio de 18°C, se encuentra ubicado políticamente en la provincia de Imbabura, situada en la sierra norte del Ecuador entre las provincias de Pichincha, Carchi y Esmeraldas.

Los límites del Cantón son al norte con la provincia del Carchi, al noroeste con la provincia de Esmeraldas, al oeste con los cantones Urcuquí, Antonio Ante y Otavalo, al este con el cantón Pimampiro y al sur con la provincia de Pichincha, tiene una superficie de 1.162,22 *km*², con una densidad de 131,87 *hab/km*² en el cantón, 2.604 *hab/km*² en el área urbana y 39,91 *hab/km*² en el área rural (GADMI, 2011).

La zona urbana del cantón cubre la superficie de 41.68 *km*², la zona rural incluido la periferia de la cabecera cantonal cubre la superficie de 1.120,53 *km*², está constituido por cinco parroquias urbanas: El Sagrario, San Francisco, Caranqui,

Alpachaca y La Dolorosa del Priorato; y las siete parroquias rurales: Ambuquí, Angochagua, La Carolina, La Esperanza, Lita, Salinas, San Antonio.

4.1.2. CAMPUS UNIVERSITARIOS

Los campus Universitarios, que se consideraron para análisis en el desarrollo de esta investigación fueron los campus que posee la Universidad Técnica del Norte y se encuentran ubicados dentro de la Ciudad de Ibarra, entre los cuales tenemos los siguientes:

4.1.2.1. Campus Matriz El Olivo

El campus matriz de la Universidad Técnica del Norte se encuentra al noreste de la ciudad de Ibarra, en el Sector del Olivo, Av. 17 de Julio 5-21 y General José María Córdova (17 N 821550 m E 39612 m N) en una elevación aproximada de 2200 m.s.n.m.



Figura 4. 1 Campus Matriz El Olivo
(Autor, Vista Satélite)

La Figura 4.1 muestra la ubicación del Campus Matriz El Olivo que se encuentra a 3 km de distancia del centro de la urbe y a aproximadamente 4 km de la entrada y salida norte de la ciudad de Ibarra.

4.1.2.2. Campus Estadio Universitario

El Campus Estadio Universitario, se encuentra en el norte de la ciudad, sector Plan de Vivienda Imbabura, entre las calles Av. 13 de Julio y calle Morona Santiago (17° N 820255 E 41852 m N) en una elevación aproximada de 2250 m.s.n.m.

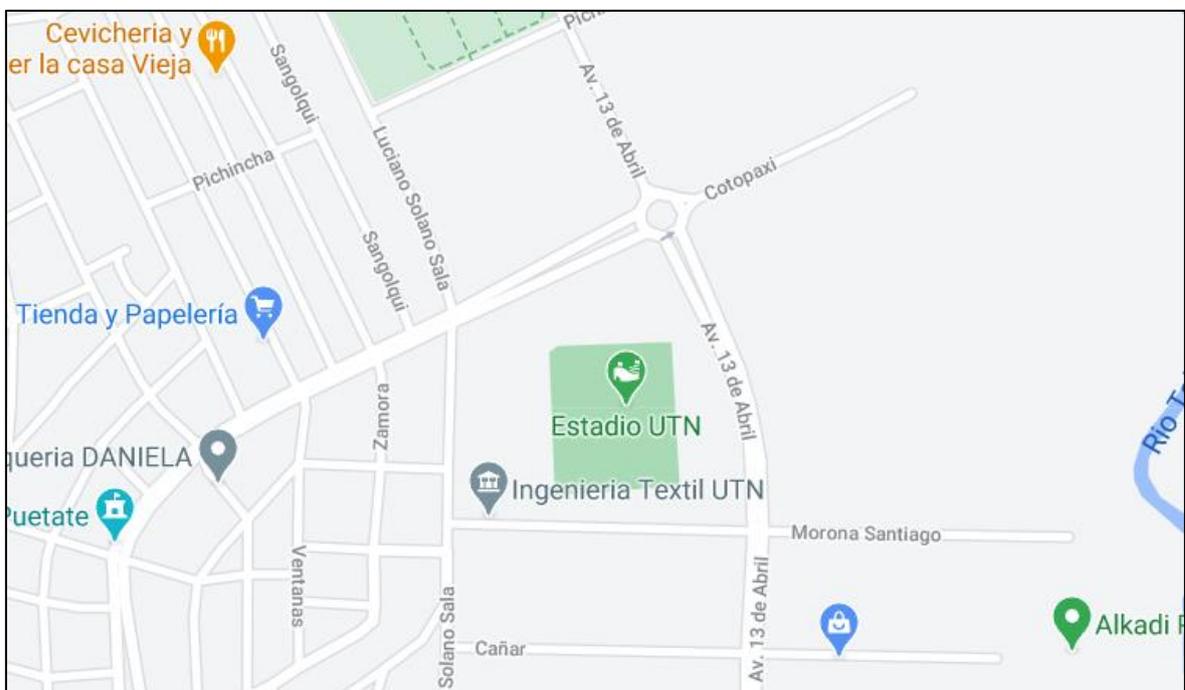


Figura 4.2 Campus Estadio Universitario
(Autor, Vista Satélite)

La Figura 4.2 muestra la ubicación del Campus Estadio Universitario que se encuentra aproximadamente a 2,5 km del Estadio Olimpico Ciudad de Ibarra entrada norte de la ciudad de Ibarra.

4.1.2.3. Campus Colegio Universitario

Se encuentra al noreste de la ciudad, en el sector El Camal perteneciente a la Cooperativa Carchi, en la calle Ulpiano de la Torre (17 N 820775 m E 40107 m N) a una elevación aproximada de 2210 m.s.n.m.



Figura 4. 3 Campus Colegio Universitario
(Autor, Vista Satélite)

La Figura 4.3 muestra la ubicación del Campus Colegio Universitario que se encuentra a 2 min de la Panamericana Norte E 35, vía de acceso principal en la entrada norte de la ciudad de Ibarra.

4.1.2.4. Campus Antiguo Hospital San Vicente de Paul

Se encuentra en centro de la ciudad, perteneciente al sector San Francisco, en las calles Juan Montalvo y Cristóbal Colon, a una cuadra del parque San Francisco, con unas coordenadas satelitales de (17 N 821246 m E 38362 m N), a una elevación aproximada de 2220 m.s.n.m como se observa en la Figura 4.4.

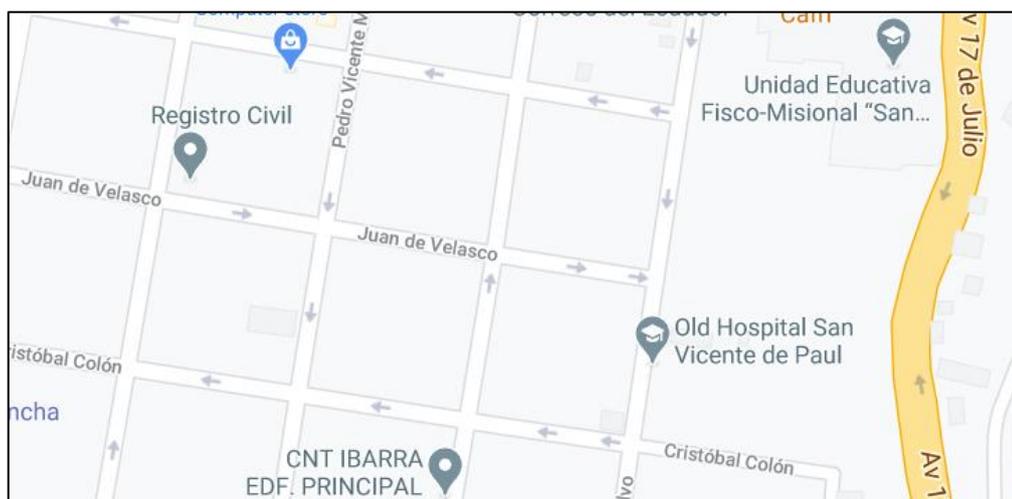


Figura 4. 4 Campus Antiguo Hospital San Vicente de Paul
(Autor, Vista Satélite)

4.1.2.5. Campus Granja Experimental Yuyucocha

Esta ubicado al sur de la ciudad, en la Parroquia Caranqui, sector Ciudadela Municipal, en calles Av. José Espinoza de los Monteros y Leonardo Páez, (17 N 819381 m E 36251 m N) con elevación aproximada de 2253 m.s.n.m.

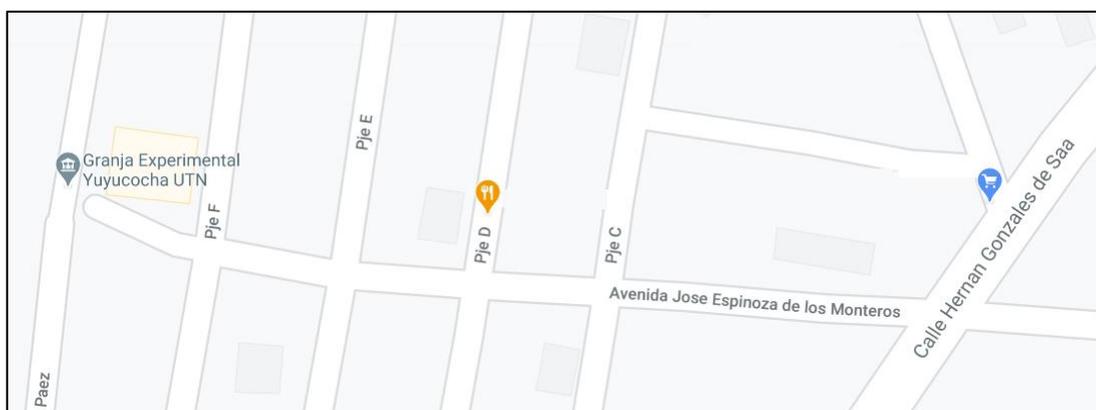


Figura 4. 5 Campus Granja Experimental Yuyucocha
(Autor, Vista Satélite)

La Figura 4.5 muestra la ubicación del Campus Granja Experimental Yuyucocha que se encuentra a 237 m de la calle Hernan Gonzales de Saa , principal via de acceso en la ciudadela Municipal del sector Yuyucocha.

4.2. ANÁLISIS DE PATRONES DE MOVILIDAD

El análisis de los Patrones de Movilidad se lo desarrolló en base al clásico modelo de las 4 Etapas de los Sistemas de Planificación de Transporte donde se consideró la Generación de viajes, Distribución, Partición modal y Asignación.

4.2.1. GENERACIÓN DE VIAJES

Para la recopilación de la información se aplicó una encuesta a los estudiantes de las carreras de la Universidad Técnica del Norte. Además, para aplicar las encuestas primero se determinó la población de esta investigación, para luego proceder al cálculo de la muestra correspondiente.

4.2.1.1. Identificación de la población

En cuanto a la identificación de la población para esta investigación, se consideró a los estudiantes de las carreras que pertenecen a las Facultades de la FICA, FICAYA, FACAE, y FCCSS quienes se movilizan a los diversos Campus universitarios que se encuentran dentro de la ciudad de Ibarra, para realizar actividades académicas dentro del horario de clases, es decir estos necesitan movilizarse entre los diferentes Campus universitarios para actividades como: laboratorios, talleres, y clases en general. La Tabla 4.1 muestra la población de estudiantes matriculados por carrera en el ciclo septiembre 2018 -febrero 2019.

Tabla 4. 1 Población Estudiantil por Carreras

N.	Carrera	Género Femenino	Género Masculino	Total
FICA				
1	Ingeniería Automotriz	4	124	128
1	Ingeniería Industrial	83	152	235
1	Industrial Rediseño	37	91	128
1	Ing. Mantenimiento Automotriz	7	219	226
Total		204	628	717
FICAYA				

1	Agroindustria	66	47	113
1	Ing. Agroindustria	151	105	256
1	Ing. Biotecnología	69	45	114
1	Biotecnología Rediseño	48	40	88
1	Recursos Naturales Renovables	140	106	246
1	Forestal	107	120	227
1	Recursos Naturales Renovables	48	42	90
Total		629	505	1134
FCCSS				
1	Medicina	118	71	189
Total		118	71	189
FACAE				
1	Gastronomía	49	39	88
1	Gastronomía Rediseño	38	36	74
Total		87	75	162
17	Total Estudiantes Facultades	1038	1279	2.202

Fuente: Datos por Carrera correspondiente a la página web UTN en cifras.

Elaborado por: El Autor

A continuación, la Tabla 4.2 muestra el número de estudiantes de la población según a la facultad que pertenecen en el periodo académico 2018-2019.

Tabla 4. 2 Resumen de la Población Estudiantes

Facultad	Total
FICA	717
FICAYA	1.134
FACAE	162
FCCSS	189
Total estudiantes por facultad	2.202

Fuente: Datos por facultades correspondiente a la página web UTN en cifras.

Elaborador por: Autor

4.2.1.2. Determinación de la muestra

Es importante señalar que para el desarrollo de esta investigación fue necesario determinar una muestra de la población total de 2.202 estudiantes, a quienes se aplicó la técnica de la encuesta, para de esta manera obtener información confiable con un margen de error estadístico del 5%. El cálculo de la muestra para este estudio se la realizó de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$n = \frac{PQ \cdot N}{(N - 1) \frac{E^2}{K^2} + PQ} \quad [\text{Ec. 4.1}]$$

Donde:

- n = Tamaño de la muestra
- P. Q = Varianza de la población, valor constante = 0.25
- N = Población / Universo
- (N-1) = Corrección Geométrica
- E = Margen de error estadísticamente 0.05 = 5%
- K = Coeficiente de corrección de error, valor constante = 2

Datos:

- n = ?
- P.Q = 0.25
- N = 2.202
- (N-1) = (2202 -1)= 2201
- E = 0.05
- K = 2

$$n = \frac{PQ \cdot N}{(N - 1) \frac{E^2}{K^2} + PQ}$$

$$n = \frac{0,25 * 2.202}{(2.201) \frac{0,05^2}{2^2} + 0,25}$$

$$n = \frac{550,5}{(2.201) \frac{0,0025}{4} + 0,25}$$

$$n = \frac{550,5}{(2.201)0,000625 + 0,25}$$

$$n = \frac{550,5}{1,375625 + 0,25}$$

$$n = \frac{550,5}{1,625625}$$

$$n = 339 \text{ estudiantes}$$

La muestra determinada para la presente investigación fue de 339 estudiantes correspondientes a las Facultades de la FICA, FICAYA, FACAE, FCCSS quienes tienen la necesidad de movilizarse por diversas razones académicas entre los Campus universitarios, la muestra representa el 15,39% de la población total, dato que nos servirá para realizar los siguientes cálculos y estimaciones con la información obtenida de nuestra encuesta (Anexo I). La Tabla 4.3 presenta los números según los valores de porcentaje tanto para la población como para la muestra en general.

Tabla 4. 3 Tamaño de la muestra por facultades

FACULTAD	POBLACIÓN	%	MUESTRA
FICA	717	32,56	110
FICAYA	1.134	51,50	175
FACAE	162	7,36	25
FCCSS	189	8,58	29
Total estudiantes por facultad	2.202	100,00	339

Elaborado por: El Autor

En cuanto al desarrollo de la primera etapa del modelo de Sistema de transporte la Generación de viajes, se puede señalar que esta fase se inició con la determinación del Número y Porcentaje de estudiantes que necesitan movilizarse a los diferentes campus que posee la Universidad Técnica del Norte dentro de la ciudad de Ibarra.

Para ello se utilizó como base la información de las encuestas aplicadas. Es importante señalar que una vez tabuladas y analizadas las encuestas los porcentajes obtenidos se aplicaron para poder asumir datos estadísticos de la población total.

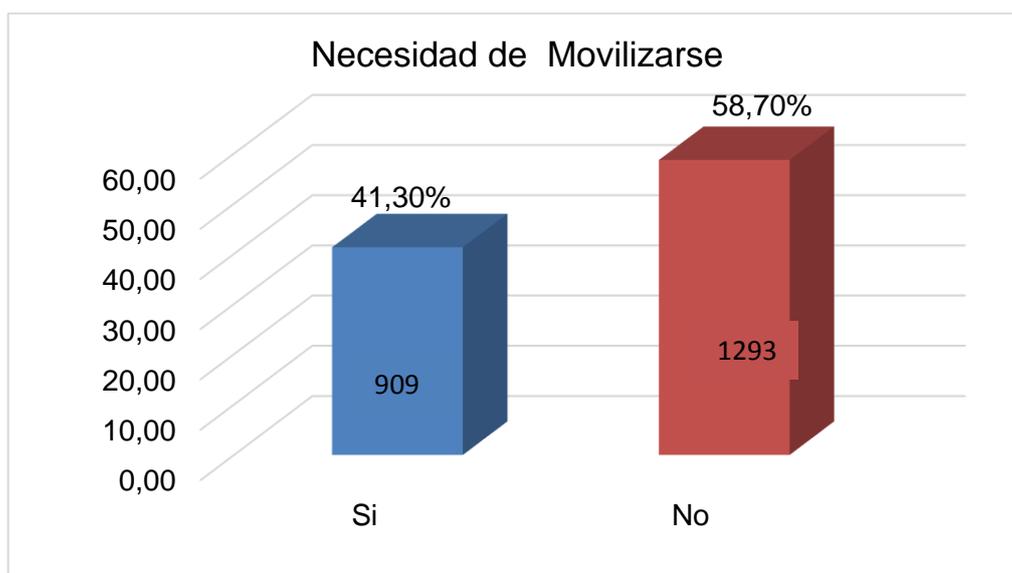


Figura 4. 6 Necesidad de Movilizarse

Fuente: Encuestas estudiantes Universidad Técnica del Norte

La Figura 4.6 presentada anteriormente muestra que el 41,30% de los encuestados que equivale 140 estudiantes Si necesitaban movilizarse entre los distintos Campus Universitarios dentro de los horarios de clase en el periodo Septiembre 2018 - Febrero 2019, por tanto podemos asumir que 909 estudiantes necesitaron movilizarse en tal periodo académico. Por otro lado, el 58,70% correspondiente a 199 estudiantes señalaron que ellos no necesitaban trasladarse entre los Campus Universitarios para realizar actividades académicas en ese semestre. De igual manera con estos datos estadísticos se pudo asumir que 1293 estudiantes no tenían la necesidad de movilizarse en aquel periodo académico.

Determinado el Número de estudiantes de la población que requieren movilizarse en base a los porcentajes de la muestra, se procedió a calcular que cantidad de dichos estudiantes pertenecen a cada facultad. Este procedimiento se detalla en la Tabla 4.4 que se presenta a continuación:

Tabla 4. 4 Estudiantes que necesitan movilizarse según cada Facultad

FACULTAD	MUESTRA ESTUDIANTES	(%) APLICADO	POBLACIÓN ESTUDIANTES
FICA	32	22,86	208
FICAYA	71	50,71	461
FACAE	8	5,71	52
FCCSS	29	20,71	188
TOTAL	140	100,00	909

Elaborado por: El Autor

Establecido el número de estudiantes de la población pertenecientes a cada facultad, el siguiente paso es determinar el Número de viajes que realiza esta población. Se utiliza el número de viajes que realizan los estudiantes de la muestra como base, datos que se detalla en la tabla 4.5 que se presenta a continuación:

Tabla 4. 5 Número de viajes Muestra

FACULTAD	MUESTRA	NÚMERO DE VIAJES MUESTRA
FICA	32	141
FICAYA	71	333
FACAE	8	32
FCCSS	29	174
TOTAL	140	680

Elaborado por: El Autor

Una vez conocido el número de viajes que realizan la muestra, el siguiente paso es determinar el número de viajes de la población total, su cálculo se lo realizó mediante la aplicación de una regla de tres así:

Si 140 estudiantes de la muestra = hacen 680 viajes [Ec. 4.2]

Los 909 estudiantes de la población = x viajes hacen

$$N. \text{ de viajes Población} = \frac{909 \text{ estudiantes población} \times 680 \text{ viajes muestra}}{140 \text{ estudiantes muestra}}$$

N. de viajes semanal Población = 4.416 viajes Semanales

Determinado el número de viajes de la población total se procedió a la distribución de dichos viajes por facultades y para ello se utilizó los porcentajes establecidos en la muestra como lo detalla la tabla 4.6 que se muestra a continuación así:

Tabla 4. 6 Porcentajes para distribuir el número de viajes en cada facultad

FACULTAD	(%) APLICADO
FICA	22,86
FICAYA	50,71
FACAE	5,71
FCCSS	20,71
TOTAL	100,00

Elaborado por: El Autor

La tabla 4.7 detalla el número de estudiantes y viajes semanales tanto de la muestra como de la población por cada una de las facultades.

Tabla 4. 7 Número de estudiantes y Número de viajes por facultades

FACULTAD	MUESTRA ESTUDIANTES QUE SE MOVILIZAN	No. VIAJES (MUESTRA)	(%)	POBLACIÓN ESTUDIANTES QUE SE MOVILIZAN	Nº. VIAJES (POBLACIÓN)
FICA	32	141	22,86	208	916
FICAYA	71	333	50,71	461	2.162
FACAE	8	32	5,71	52	208
FCCSS	29	174	20,71	188	1.130
TOTAL	140	680	100,00	909	4.416

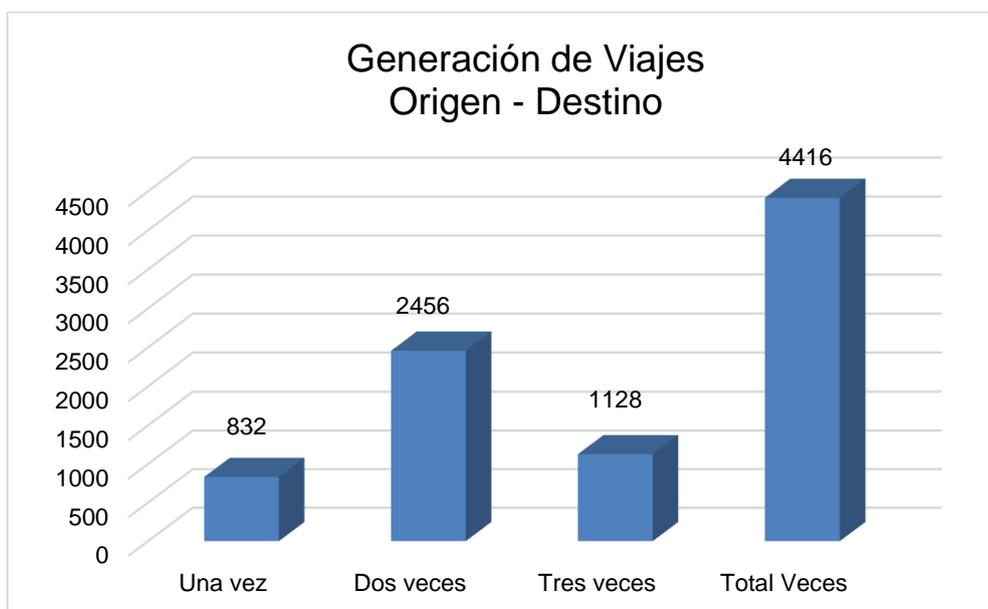
Elaborado por: El Autor

Una vez determinado el número de viajes semanales de la población total (4.416 viajes), el siguiente procedimiento se lo realiza en base a la información otorgada por los encuestados en cuanto a las veces que se movilizan entre los diferentes Campus universitarios. Los datos recopilados se aplicaron a la población total y permitieron elaborar la Generación de viajes Origen – Destino (Tabla 4.8), dando como resultado lo siguiente:

Tabla 4. 8 Generación de viajes Origen – Destino

ORIGEN O_i	DESTINOS D_j	VECES QUE SE MOVILIZAN SEMANA		
		1 VEZ	2 VECES	3 VECES
ESTADIO	Colegio	26		
	Matriz		97	
	Hospital	26		
COLEGIO	Matriz	52	65	
	Hospital	26		
MATRIZ	Estadio		97	
	Colegio	52	65	
	Hospital	98	305	188
	Granja	52		
HOSPITAL	Estadio	40		
	Matriz	136	247	188
	Granja	65	143	
GRANJA	Matriz	65	208	
	Hospital	195		
TOTAL VECES		832	1.128	376
N. VECES		1	2	3
VIAJES SEMANA		832	2456	1128
TOTAL VIAJES SEMANA		4.416		

Elaborado por: El Autor

**Figura 4. 7** Número de veces por semana

Fuente: Encuestas estudiantes Universidad Técnica del Norte

La Figura 4.7 muestra el número de veces que los estudiantes se movilizan entre los campus universitarios ya sea una, dos o tres veces respectivamente en una semana laboral del periodo septiembre 2018 – febrero 2019. La ecuación 4.3 representa los viajes generados y atraído por cada zona.

$$O_i = D_j \quad [\text{Ec. 4.3}]$$

Donde:

O_i = Viajes que se generados en i

D_j = Viajes que son atraídos a la zona j

$$O_i = D_j$$

$$832 + 2.456 + 1.128 = 4.416$$

$$4.416 = 4.416$$

Dentro de la Etapa de la Generación de viajes uno de los aspectos que se debe realizar es el cálculo de la Demanda de viajes. Para este proceso se tomó como base la información del Art. 13 del Reglamento de Régimen Académico Consejo Educación Superior que señala: Que el período académico tendrá una duración mínima de 18 semanas efectivas (2016). La tabla 4.9 describe el número de veces y los viajes que realizan los estudiantes en un semestre.

Tabla 4. 9 Demanda de Número de Viajes – Semestre

ALTERNATIVAS	Nº. VIAJES		
	1 VEZ	2 VECES	3 VECES
VIAJES POR SEMANA	832	2456	1.128
VIAJES POR SEMESTRE	14.946	44.208	20.304
TOTAL DEMANDA VIAJES POR SEMESTRES	79.488		

Elaborado por: El Autor

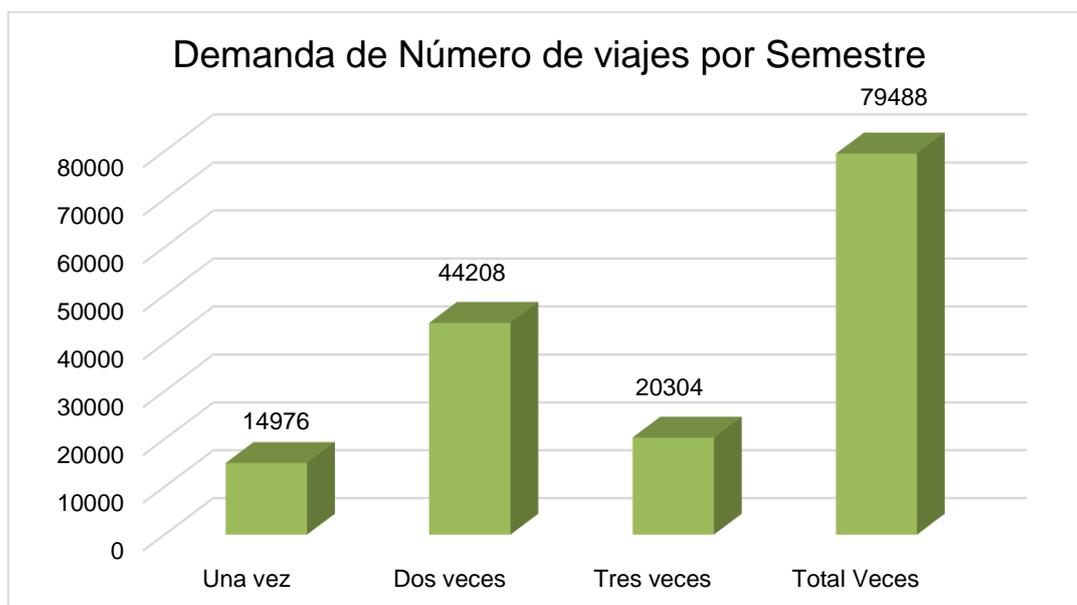


Figura 4. 8 Número de viajes por Semestre
Fuente: Encuestas estudiantes Universidad Técnica del Norte

La Figura 4.8 muestra gráficamente los valores del número de viajes según una , dos o tres veces por semestre con un total de 18 semanas laborales dentro del periodo académicos septiembre 2018 -febrero 2019.

4.2.2. DISTRIBUCIÓN DE VIAJES

En esta investigación, la segunda etapa del modelo del sistema de transporte es la Distribución de Viajes, se lo realizó tomando como base el número de viajes que se originaron entre pares de zonas específicas. Previamente siendo necesario realizar la Zonificación del área de estudio donde se asignó la siguiente nomenclatura :

- **Zona 1:** Campus Estadio Universitario
- **Zona 2:** Campus Colegio Universitario
- **Zona 3:** Campus Matriz el Olivo
- **Zona 4:** Campus Antiguo Hospital San Vicente de Paul
- **Zona 5:** Campus Granja Experimental Yuyucocha



Figura 4. 9 Zonificación del Área de Estudio

La Figura 4.9 muestra la zonificación de los diferentes Campus de la Universidad Técnica del Norte , generando un número de zona por cada campus dentro de la ciudad de Ibarra .

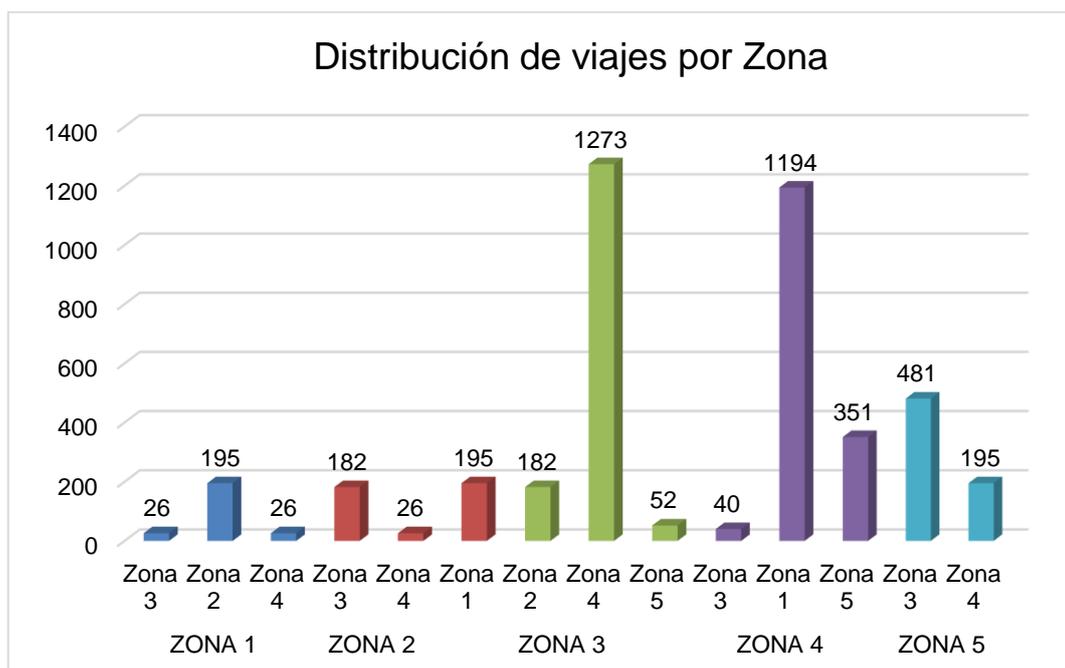


Figura 4. 10 Distribución de viajes por zona

La Figura 4.10 describe la distribución de viajes por zona de estudio, considerando el número de viajes totales generados semanalmente por los estudiantes de las facultades de la Universidad Técnica del Norte que se movilizan a los distintos Campus universitarios. Una vez establecida la zonificación y realizada la Distribución de viajes por Zona, se procedió a determinar el Número de viajes por pares. Un viaje se considera un ciclo completo de doble desplazamiento, es decir ida y vuelta.

Se considera como Origen al punto inicial del desplazamiento, y Destino al punto final del mismo, en esto caso son los diferentes Campus universitarios. Así de esta manera se considera que se realizó 1 viaje o se cumplió el ciclo completo de viaje a un desplazamiento de ida y vuelta entre estos puntos.

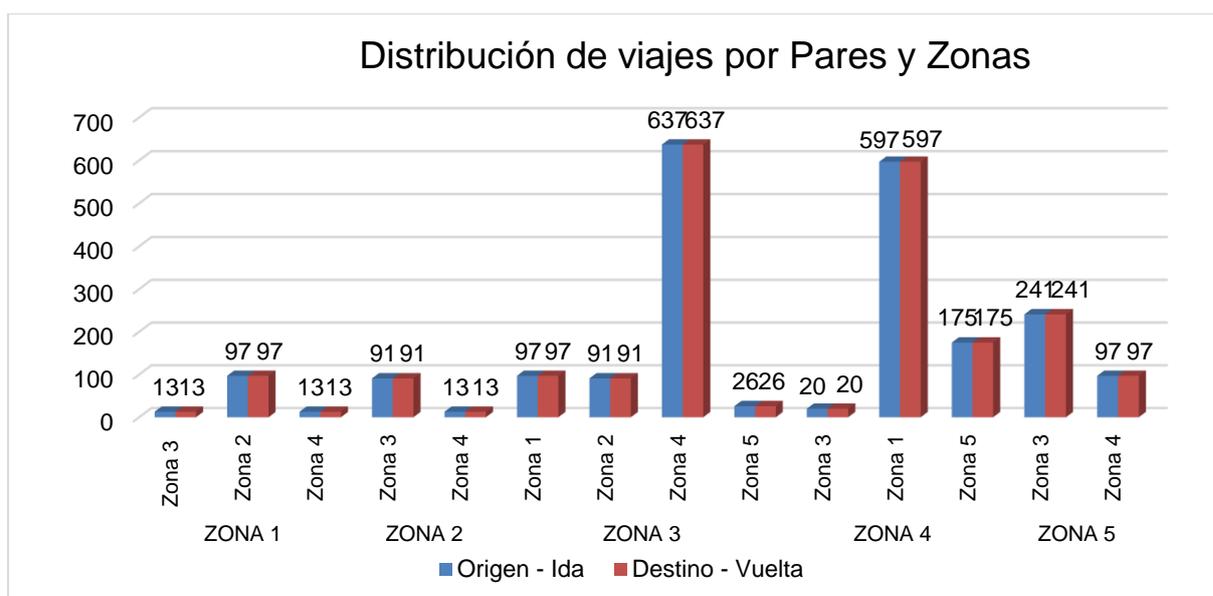
En la Tabla 4.10 se detalla el Número de viajes por Pares, Zona y Propósito de viaje que en este caso son las Actividades académicas establecidas por los horarios de clase de cada una de las carreras de estudio.

Tabla 4. 10 Distribución de Viajes Semanal

ORIGEN O_i	DESTINOS D_j	NÚMERO DE VIAJES	NÚMERO DE VIAJES POR PARES		PROPÓSITO DEL VIAJE
			IDA	VUELTA	
ZONA 1	Zona 2	26	13	13	Actividades académicas
	Zona 3	194	97	97	Actividades académicas
	Zona 4	26	13	13	Actividades académicas
ZONA 2	Zona 3	182	91	91	Actividades académicas
	Zona 4	26	13	13	Actividades académicas
ZONA 3	Zona 1	194	97	97	Actividades académicas
	Zona 2	182	91	91	Actividades académicas
	Zona 4	1274	637	637	Actividades académicas
	Zona 5	52	26	26	Actividades académicas
ZONA 4	Zona 1	40	20	20	Actividades académicas
	Zona 3	1194	597	597	Actividades académicas
	Zona 5	350	175	175	Actividades académicas
ZONA 5	Zona 3	482	241	241	Actividades académicas
	Zona 4	194	97	97	Actividades académicas
DISTRIBUCIÓN DE VIAJES		4.416	2.208	2.208	

Elaborado por: El Autor

La distribución de viajes presenta el número de viajes por pares y a cual zona de estas pertenece , el propósito principal del viaje es las actividades académicas realizadas por los estudiantes .Dando como resultado los 4416 viajes entre la suma del número de viajes por pares de ida y vuelta (2208).

**Figura 4. 11** Distribución de viajes por Pares y Zonas

La Figura 4.11 muestra la distribución de viajes por pares y Zonas con los valores obtenidos de la Tabla 4.10 . Con este resultado se procede a realizar el Análisis del Modo de transporte por los estudiantes de las facultades de la Universidad Técnica del Norte que necesitan movilizarse a los distintos Campus universitarios.

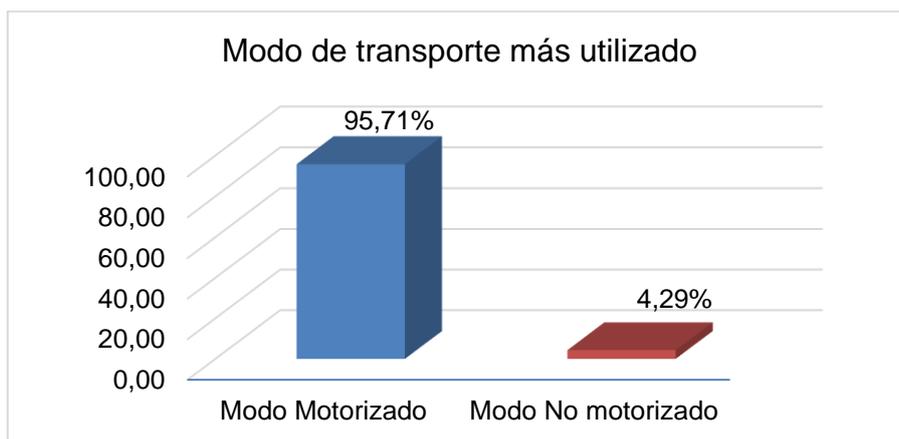


Figura 4. 12 Modo de transporte

Fuente: Encuestas estudiantes Universidad Técnica del Norte

La Figura 4.12 muestra los resultados obtenidos de la encuesta donde se puede determinar que el 95,71% de los encuestados prefieren movilizarse en un Modo Motorizado como el Bus o su Vehículo propio. Mientras que un porcentaje mínimo del 4,29 % manifiestan que optan por utilizar un Modo No Motorizado como la bicicleta y la caminata.

La tabla 4.11 representa el Número de viajes de la población por Modo de transporte: Motorizado y No motorizado, esto se determinó mediante las estadísticas asumidas en el proceso.

Tabla 4. 11 Número de Viajes por Modo

MEDIO DE TRANSPORTE Y VIAJES		MODOS	NÚMERO DE VIAJES POR MODO
Bus	3722	Modo Motorizado	4.226
Vehículo propio	504		
Bicicleta	126	Modo No motorizado	190
Caminata	64		
TOTAL	4.416	TOTAL VIAJES MODOS	4.416

Elaborado por: El Autor

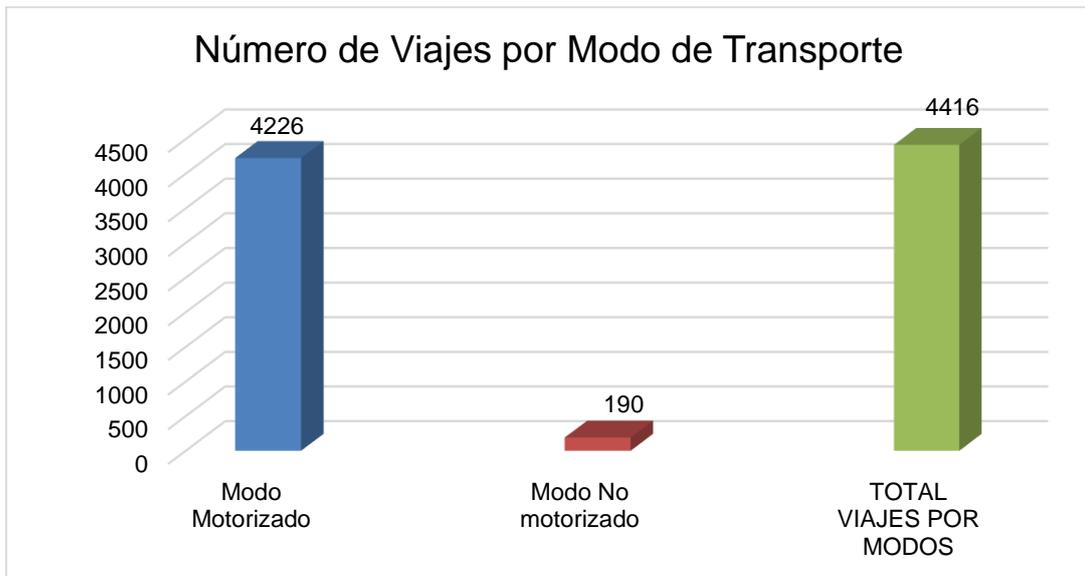


Figura 4. 13 Número de viajes por Modo de Transporte

Fuente: Encuestas estudiantes Universidad Técnica del Norte

La Figura 4.13 representa los valores obtenidos de la Tabla 4.11 donde los medios de transporte como el bus y automóvil privado mismo que pertenecen al modo motorizado, generan un total de 4226 viajes. Por otro lado, la caminata y la bicicleta pertenecientes al modo no motorizado, generan un total de 190 viajes. A continuación, la Ecuación 4.4 describe este proceso según el modelo de 4 etapas.

$$\sum_m V_{ij}^m = V_{ij}$$

Donde:

[Ec. 4.4]

V_{ij} = Viajes origen destino

m = modo de transporte

$$\sum_{2 \text{ modos}} V_{\text{motorizados} + \text{No motorizados}} = V_{4.416}$$

$$\sum_{2 \text{ modos}} V_{(3.722+504)+(126+64)} = V_{4.416}$$

$$\sum_{2 \text{ modos}} V_{(4.226)+(190)} = V_{4.416}$$

$$4.416 = 4.416$$

4.2.3. PARTICIÓN MODAL

La tercera etapa la cual es Partición modal, se la realizó en base al análisis del medio de transporte más utilizado por los estudiantes al momento de movilizarse a los diversos Campus universitario. Los vehículos Motorizados tomados en cuenta en la encuesta fueron el bus y el vehículo propio, mientras que entre los No Motorizados se optó por la bicicleta y caminata debido a que son los medios de transporte más habituales.

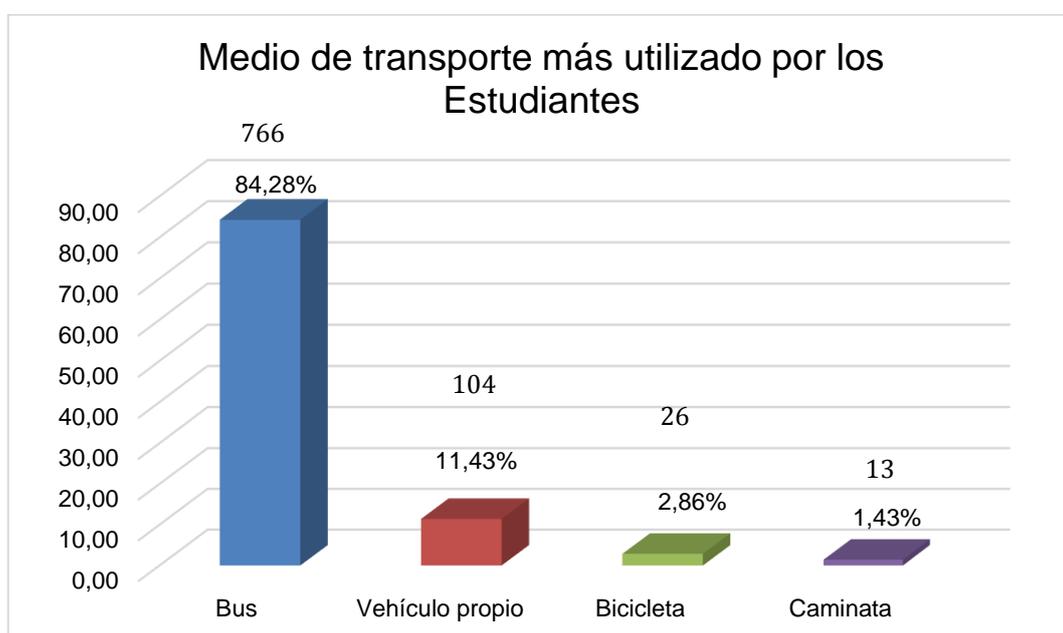


Figura 4. 14 Medio de transporte más utilizado por los estudiantes
Fuente: Encuestas estudiantes Universidad Técnica del Norte

La Figura 4.14 respresenta los datos obtenidos en la encuesta donde se logró determinar el medio de transporte que los estudiantes prefieren para trasladarse desde el Origen hasta su Destino, esta información se la adjudicó a la población total lo cual nos permitió asumir el medio de transporte más utilizado para la realización de dichos desplazamientos.

Determinando que el 84,28% es equivalente a 766 estudiantes, concuerdan en que el Bus es el trasporte que ellos usan frecuentemente para su movilización, en cambio el 11,43% correspondiente a 104 estudiantes coinciden en que para

trasladarse emplean su vehículo propio. Todo esto en cuanto a los vehículos Motorizados. Un porcentaje mínimo manifiestan que el medio de transporte No Motorizado más usado es la bicicleta con un 2,86% que concierne a 26 estudiantes, mientras que la caminata obtiene el 1,43% perteneciente a 13 alumnos. En conclusión, los estudiantes de la Universidad Técnica del Norte prefieren utilizar el bus como medio de transporte habitual . La Tabla 4.12 describe los valores anteriormente para el proceso de Partición Modal.

Tabla 4. 12 Partición Modal

PARTICIPACIÓN MODAL		MEDIO DE TRANSPORTE	DESTINO CAMPUS UNIVERSITARIOS
776 Estudiantes	84,28%		
104 Estudiantes	11,43%		
26 Estudiantes	2,86%		
13 Estudiantes	1,43%		

Elaborado por: El Autor

En cuanto a la Partición modal se puede determinar que la movilidad de los estudiantes universitarios depende en su gran mayoría del servicio brindado por las cooperativas de transporte público que existen en la ciudad de Ibarra entre estas la Cooperativa 28 de Septiembre y San Miguel de Ibarra. Es importante señalar que en algunos casos además se debe optar por el uso de dos líneas para llegar de su punto de Origen a su Destino. A pesar de que para ciertos desplazamientos este medio de transporte no dispone de líneas directas, es decir es necesario tomar dos o más líneas de buses para llegar a los destinos. Por otro lado, los costos son muy accesibles, la disponibilidad es alta, pero puede tomar un mayor tiempo en comparación a otros medios de transporte.

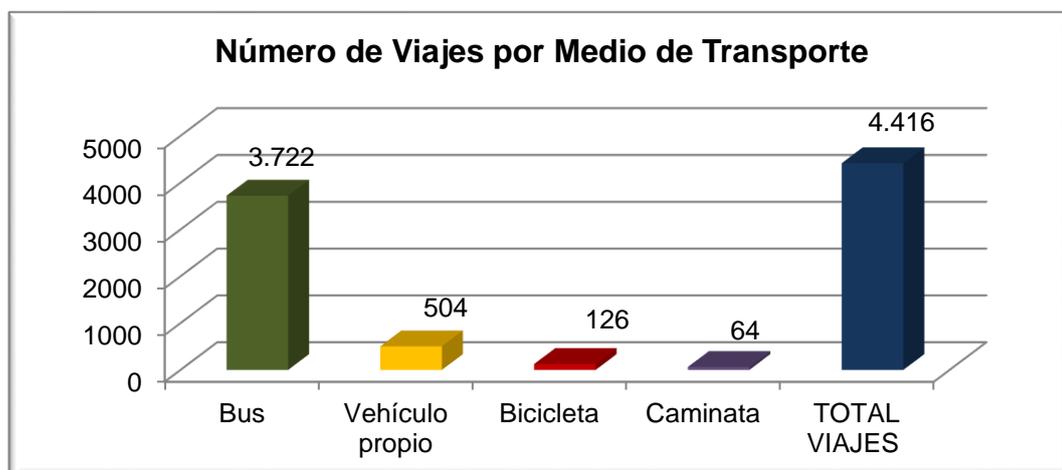


Figura 4. 15 Número de viajes por Medio de Transporte
Fuente: Encuestas estudiantes Universidad Técnica del Norte

La Figura 4.15 muestra los valores correspondiente a cada medio de transporte utilizado .Calculado el Número de viajes se procede a determinar la cantidad de viajes por rutas que realizan los estudiantes en cada uno de estos medios. Aquí se consideró al bus, vehículo propio, bicicleta y caminata como está determinado en la encuesta. La tabla 4.13 detalla esta información.

Tabla 4. 13 Número de Viajes por Ruta y Medio de Transporte

RUTAS	NÚMERO DE VIAJES TOTALES POR RUTA	MODO DE TRANSPORTE			
		BUS	VEHÍCULO PROPIO	BICICLETA	CAMINATA
Ruta 1	26	22	3	0	1
Ruta 2	194	164	22	6	3
Ruta 3	26	22	3	1	0
Ruta 4	182	153	21	5	3
Ruta 5	26	22	3	1	0
Ruta 6	194	164	22	6	3
Ruta 7	182	153	21	5	3
Ruta 8	1274	1.074	146	36	18
Ruta 9	52	44	6	1	1
Ruta 10	40	34	5	1	1
Ruta 11	1194	1.006	136	34	17
Ruta 12	350	295	40	10	5
Ruta 13	482	406	55	14	7
Ruta 14	194	164	22	6	3
TOTAL	4.416	3.722	504	126	64

Elaborado por: El Autor

La ecuación 4.5 muestra el proceso para poder determinar el número total de viajes por ruta según del medio de transporte utilizado.

$$\sum_r V_{ijmr} = V_{ijm} \quad [\text{Ec. 4.5}]$$

Donde:

V_{ij} = Viajes origen destino

m = medio de transporte

r = ruta

$$\sum_{14\text{rutas}} V_{bus+vehículo\ propio+bicicleta+caminata} = V_{totales}$$

$$\sum_{14\text{rutas}} V_{3722+504+126+64} = V_{4.416}$$

$$4.416 = 4416$$

4.2.4. ASIGNACIÓN DE RUTAS

La Asignación de rutas la cual es la última etapa del modelo del Sistema de transporte, se lo desarrollo utilizando Google Maps y Google Earth, aplicaciones que facilitaron establecer las rutas de cada una de las zonas de estudio, dando como resultado la siguiente información:

Tabla 4. 14 Asignación de Rutas

ORIGEN	DESTINO	ASIGNACIÓN DE RUTAS
ZONA 1 ESTADIO UTN	Colegio	Morona Santiago- Av. 13 de Julio -Obispo Jesús Yerovi - Ulpiano de la Torre.
	Matriz	Morona Santiago- Av. 13 de Julio- Obispo Jesús Yerovi- Arsenio Torres- Panamericana Norte- Dr. Luis Madera- Av. 17 de Julio.
	Hospital	Morona Santiago- Av. 13 de Julio- Obispo Jesús Yerovi - Arsenio Torres- Av. Jaime Roldós Aguilera- Víctor Manuel Peñaherrera- Luis Fernando Villamar- José Joaquín Olmedo - Eusebio Borrero- Pedro Vicente Maldonado- Juan de Velasco - Juan Montalvo.

Tabla 4.14 Asignación de Rutas (Continuación...)

ZONA 2 COLEGIO UNIVERSITARIO	Matriz	Ulpiano de la Torre- Arsenio Torre-Panamericana Norte-Dr. Luis Madera-Av. 17 de Julio.
	Hospital	Ulpiano de la Torre- Obispo Jesús Yerovi - Arsenio Torres- Av. Jaime Roldós Aguilera- Víctor Manuel Peñaherrera- Luis Fernando Villamar- José Joaquín Olmedo - Eusebio Borrero- Pedro Vicente Maldonado- Juan de Velasco - Juan Montalvo.
ZONA 3 MATRIZ	Estadio	Av. 17 de Julio-Dr. Luis Madera-Panamericana Norte- Arsenio Torres- Obispo Jesús Yerovi- Av. 13 de Julio- Morona Santiago
	Colegio	Av. 17 de Julio-Dr. Luis Madera-Panamericana Norte-Arsenio Torres-Ulpiano de la Torre
	Hospital	Av. 17 de Julio- Juan José Flores- Juan Montalvo
	Granja	Av. 17 de Julio-Av. Padre Aurelio Espinosa Polit-Eduardo Garzón Fonseca- Alfredo Albuja Galindo- Carlos Barahona-Tahuando- Av. El Retorno- Hernán Gonzales de Saa- Av. José Espinoza de los Monteros
ZONA 4 HOSPITAL SAN VICENTE DE PAÚL	Estadio	Juan Montalvo- Cristóbal Colon- Juan Salinas- Germán Grijalva - Simón Bolívar - Víctor Manuel Peñaherrera- Av. Jaime Roldós Aguilera- Arsenio Torres-Obispo Jesús Yerovi- Av. 13 de Julio- Morona Santiago.
	Matriz	Juan Montalvo- Cristóbal Colon- Juan Salinas- Miguel Oviedo- Av. 17 de Julio.
	Granja	Juan Montalvo- Av. El Retorno- Hernán Gonzales de Saa- Av. José Espinoza de los Monteros.
ZONA 5 GRANJA EXPERIMENTAL YUYUCOCHA	Matriz	Av. José Espinoza de los Monteros- Hernán Gonzales de Saa- Av. El Retorno- Tahuando- Carlos Barahona - Alfredo Albuja Galindo- Eduardo Garzón Fonseca- Av. Padre Aurelio Espinosa Polit- Av. 17 de Julio.
	Hospital	Av. José Espinoza de los Monteros- Hernán Gonzales de Saa- Av. El Retorno- Av. Teodoro Gómez de la Torre - Juan de Salinas- Juan de Velasco - Juan Montalvo.

Elaborado por: El Autor

Es importante señalar que una vez realizada la asignación de Rutas se optó por establecer una Nomenclatura, misma que permitió la identificación de cada ruta, para ello se utilizó como símbolos representativos a los números, iniciando con el Número 1 para la primera ruta de la Zona 1 y finalizando con el número 14 para la última Ruta de la zona 5, a continuación se detalla lo anteriormente mencionado:

- **Ruta 1:** Estadio Universitario – Colegio Universitario
- **Ruta 2 :** Estadio Universitario - Matriz El Olivo
- **Ruta 3:** Estadio Universitario – A.H. San Vicente de Paul
- **Ruta 4:** Colegio Universitario - Matriz El Olivo
- **Ruta 5:** Colegio Universitario - A.H. San Vicente de Paul
- **Ruta 6:** Matriz El Olivo - Campus Estadio Universitario
- **Ruta 7:** Matriz El Olivo - Colegio Universitario
- **Ruta 8:** Matriz El Olivo - A.H. San Vicente de Paul
- **Ruta 9:** Matriz El Olivo - Granja Experimental Yuyucocha
- **Ruta 10:** A.H. San Vicente de Paul - Estadio Universitario
- **Ruta 11:** A.H. San Vicente de Paul - Matriz El Olivo
- **Ruta 12:** A.H. San Vicente de Paul - Granja Experimental Yuyucocha
- **Ruta 13:** Granja Experimental Yuyucocha - Matriz El Olivo
- **Ruta 14:** Granja Experimental Yuyucocha - A.H. San Vicente de Paul

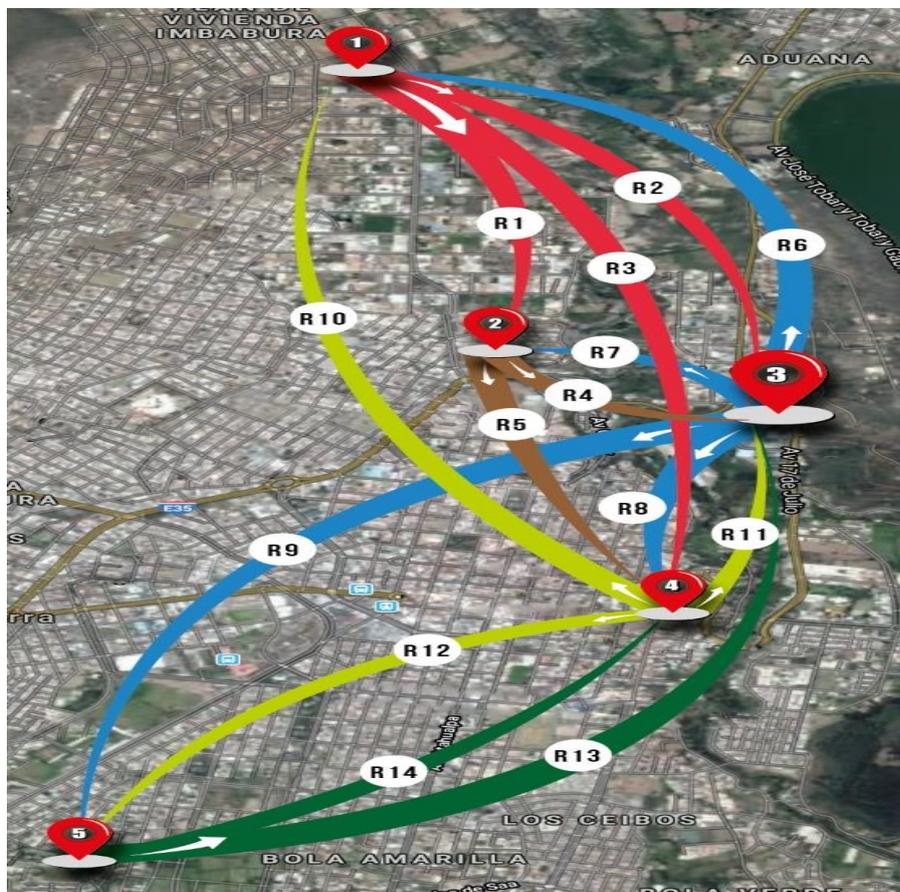


Figura 4. 16 Mapa - Asignación de Rutas

La Figura 4.16 muestra la nomenclatura de las 14 rutas para la asignación de ruta para las 5 zonas de estudio , colocando el nombre de Ruta 1 desde la zona 1 en el Norte de la ciudad de Ibarra hacia las siguientes zonas sucesivamente en orden.

4.3. DIMENSIONAMIENTO DEL TREN DE POTENCIA

Entre los vehículos eléctricos alternativos seleccionados para este estudio se consideraron a la bicicleta eléctrica, el monopatín eléctrico, el péndulo invertido y el biplaza. La determinación de los requisitos técnicos para dichos medios de transporte se realizó en base al cálculo de Potencia y Autonomía con datos obtenidos de las fichas técnicas proporcionadas por los fabricantes de cada uno de los vehículos. A continuación, se resume los datos necesarios para el cálculo de los distintos parámetros a obtener en este estudio. La Tabla 4.15 presenta tal información de los vehículos eléctricos: bicicleta eléctrica (E-bike Smart Paris), monopatín eléctrico (Segway Es2), péndulo invertido (Ninebot S) y biplaza eléctrico (Renault Twizy).

Tabla 4. 15 Ficha Técnica de los Tipos de Vehículos

TIPO	BICICLETA ELÉCTRICA	MONOPATÍN ELÉCTRICO	PÉNDULO INVERTIDO	BIPLAZA ELÉCTRICO
				
Modelo	E-bike Smart Paris	Segway Es2	Ninebot S	Renault Twizy
Velocidad máx.	25 km/h	25 km/h	16 km/h	80 km/ h
Autonomía	40 -60 km	25 km	22 km	60 a 70 km
Potencia salida	350 W	300 W	350 x 2 W	4 (5) kW
Peso neto	19 kg	12.5 kg	12,8 kg	690 kg
Carga útil	100 kg	100 kg	85 kg	110 kg
Batería	36 V 10 Ah	36 V 5,2 Ah	36 V 5,2 Ah	58 V 69 Ah
Altura	56,5 cm	113 cm	59,5 cm	1,454 m
Ancho	58,5 cm	43 cm	54, 8 cm	1,094 m
Espesor	27 cm	40 cm	26 cm	Largo 2, 338 m
Tiempo de Carga de Batería 110 V	3 h	3,5	3,5 h	6 a 7 h
Tiempo de Vida Útil Batería aprox.	3 años	3 años	3 años	8 a 10 años
Ciclos de vida de batería – Ion-litio	1.000	1.000	1.000	2.400 – 3.500
Costo de batería	\$150 - 200	\$230 -250	\$300 -350	\$7.500 – 7.800
Mantenimiento	1 000 km	600 km	600 km	10 000 km
Costo vehículo	\$1.190	\$ 575	\$ 595	\$ 13,990

Elaborado por: El Autor

4.3.1. POTENCIA

El cálculo del Tren de Potencia se realizó considerando como base las resistencias de: Rodadura, Gravitatoria, Aerodinámica y Aceleración. Este procedimiento permitió determinar el Consumo energético de los vehículos eléctricos alternativos propuestos para esta investigación.

Los datos de pendiente, se los obtuvo mediante la aplicación Google Earth, misma que permitió determinar la variación de altura mediante la altitud y la distancia de cada una de las rutas de estudio. A continuación, en la Tabla 4.16 se presenta las pendientes en cada ruta, los cálculos se realizaron en base a los metros de distancia otorgados por Google Earth, en los lugares de mayor pendiente en cada ruta. Siendo el mayor porcentaje de pendiente la que se encuentra en la calle Morona Santiago cercana al Estadio UTN con 7,68% con una altitud máxima de 2249 msnm y una altitud mínima de 2228 msnm.

Tabla 4. 16 Valores de Pendientes en las Rutas

RUTA	msnm (máx)	msnm (min)	a (m)	c (m)	b (m)	PENDIENTE (%)	LUGARES
Ruta 1	2204	2200	170	4	169,95	2,35	Calle Obispo Yerovi
Ruta 2	2200	2168	429	32	427,8	7,48	Tahuando - El Olivo
Ruta 3	2213	2207	209	6	208,91	2,87	Calle Vicente Maldonado
Ruta 4	2200	2168	429	32	427,8	7,48	Tahuando- El Olivo
Ruta 5	2213	2207	209	6	208,91	2,87	Calle Vicente Maldonado
Ruta 6	2249	2228	274	21	273,19	7,68	Calle Morona Santiago
Ruta 7	2200	2178	313	22	312,22	7,04	Tahuando- Estadio Olímpico
Ruta 8	2209	2197	180	12	179,59	6,60	Tahuando- C. San Francisco
Ruta 9	2250	2231	760	19	759,76	2,50	Av. El Retorno
Ruta 10	2249	2228	274	21	273,19	7,68	Calle Morona Santiago
Ruta 11	2208	2197	155	11	154,6	7,11	Tahuando- C. Arrayanes
Ruta 12	2250	2231	760	19	759,76	2,50	Av. El Retorno
Ruta 13	2214	2199	206	15	205,45	7,30	Radar UTN
Ruta 14	2247	2250	105	3	104,95	2,85	Polideportivo los Ceibos

Elaborado por: El Autor

Una vez obtenido el valor de la fuerza de impulsión de cada uno de los vehículos de estudio en las diferentes rutas, la Tabla 4.17 presenta los valores de los cálculos sobre la Potencia de Motor en cada una de las 14 rutas.

Tabla 4. 17 Cálculo de Tren de Potencia

RUTA	PARÁMETROS	BICICLETA	MONOPATIN	PENDULO	BIPLAZA
RUTA 1	Fuerza de Impulsión (N)	39,48	38,79	30,52	334,51
	Velocidad (m/s)	6,94	6,94	4,16	6,94
	Potencia Requerida del Motor (W)	274,02	269,19	126,98	2321,52
	Eficiencia Energética (%)	0,80	0,80	0,80	0,80
	Potencia Motor (W)	342,52	336,49	158,72	2901,89
RUTA 2	Fuerza de Impulsión (N)	83,64	79,72	71,75	711,59
	Velocidad (m/s)	6,94	6,94	4,16	6,94
	Potencia Requerida del Motor (W)	580,47	553,26	298,48	4938,41
	Eficiencia Energética (%)	0,80	0,80	0,80	0,80
	Potencia Motor (W)	725,59	691,58	373,10	6173,02
RUTA 3	Fuerza de Impulsión (N)	43,56	42,56	34,58	369,29
	Velocidad (m/s)	6,94	6,94	4,16	6,94
	Potencia Requerida del Motor (W)	302,28	295,39	143,85	2562,87
	Eficiencia Energética (%)	0,8	0,8	0,8	0,8
	Potencia Motor (W)	377,85	369,24	179,81	3203,58
RUTA 4	Fuerza de Impulsión (N)	84,13	80,18	71,92	715,80
	Velocidad (m/s)	6,94	6,94	4,16	6,94
	Potencia Requerida del Motor (W)	583,90	556,44	299,17	4967,67
	Eficiencia Energética (%)	0,80	0,80	0,80	0,80
	Potencia Motor (W)	729,87	695,55	373,96	6209,59
RUTA 5	Fuerza de Impulsión (N)	43,92	42,90	34,70	372,37
	Velocidad (m/s)	6,94	6,94	4,16	6,94
	Potencia Requerida del Motor (W)	304,79	297,71	144,35	2584,27
	Eficiencia Energética (%)	0,8	0,8	0,8	0,8
	Potencia Motor (W)	380,98	372,14	180,44	3230,33
RUTA 6	Fuerza de Impulsión (N)	85,39	81,34	73,37	726,48
	Velocidad (m/s)	6,94	6,94	4,16	6,94
	Potencia Requerida del Motor (W)	592,58	564,49	305,22	5041,79
	Eficiencia Energética (%)	0,8	0,8	0,8	0,8
	Potencia Motor (W)	740,72	705,61	381,52	6302,24
RUTA 7	Fuerza de Impulsión (N)	80,38	75,49	66,41	683,78
	Velocidad (m/s)	6,94	6,94	4,16	6,94
	Potencia Requerida del Motor (W)	557,87	523,90	276,27	4745,41
	Eficiencia Energética (%)	0,8	0,8	0,8	0,8
	Potencia Motor (W)	697,34	654,87	345,34	5931,76

Tabla 4.17 Cálculo de Tren de Potencia (Continuación...)

RUTA 8	Fuerza de Impulsión (N)	75,56	71,01	62,52	642,46
	Velocidad (m/s)	6,94	6,94	4,16	6,94
	Potencia Requerida del Motor (W)	524,35	492,83	260,08	4458,69
	Eficiencia Energética (%)	0,8	0,8	0,8	0,8
	Potencia Motor (W)	655,44	616,04	325,10	5573,36
RUTA 9	Fuerza de Impulsión (N)	40,28	38,31	29,54	341,29
	Velocidad (m/s)	6,94	6,94	4,16	6,94
	Potencia Requerida del Motor (W)	279,53	265,88	122,90	2368,55
	Eficiencia Energética (%)	0,80	0,80	0,80	0,80
	Potencia Motor (W)	349,41	332,35	153,62	2960,68
RUTA 10	Fuerza de Impulsión (N)	85,34	81,30	73,35	726,09
	Velocidad (m/s)	6,94	6,94	4,16	6,94
	Potencia Requerida del Motor (W)	592,26	564,19	305,15	5039,07
	Eficiencia Energética (%)	0,8	0,8	0,8	0,8
	Potencia Motor (W)	740,32	705,24	381,44	6298,84
RUTA 11	Fuerza de Impulsión (N)	80,82	75,89	66,92	687,48
	Velocidad (m/s)	6,94	6,94	4,16	6,94
	Potencia Requerida del Motor (W)	560,88	526,68	278,38	4771,09
	Eficiencia Energética (%)	0,8	0,8	0,8	0,8
	Potencia Motor (W)	701,10	658,35	347,98	5963,86
RUTA 12	Fuerza de Impulsión (N)	40,51	39,74	31,64	343,24
	Velocidad (m/s)	6,94	6,94	4,16	6,94
	Potencia Requerida del Motor (W)	281,11	275,77	131,63	2382,11
	Eficiencia Energética (%)	0,80	0,80	0,80	0,80
	Potencia Motor (W)	351,39	344,71	164,54	2977,64
RUTA 13	Fuerza de Impulsión (N)	82,06	78,25	70,34	698,06
	Velocidad (m/s)	6,94	6,94	4,16	6,94
	Potencia Requerida del Motor (W)	569,48	543,07	292,62	4844,55
	Eficiencia Energética (%)	0,8	0,8	0,8	0,8
	Potencia Motor (W)	711,85	678,84	365,77	6055,68
RUTA 14	Fuerza de Impulsión (N)	43,50	42,52	34,46	368,84
	Velocidad (m/s)	6,94	6,94	4,16	6,94
	Potencia Requerida del Motor (W)	301,92	295,06	143,34	2559,78
	Eficiencia Energética (%)	0,80	0,80	0,80	0,80
	Potencia Motor (W)	377,40	368,82	179,18	3199,72

Elaborado por: El Autor

Una vez determinado la Potencia de Motor de cada uno de los vehículos eléctricos alternativos, el siguiente procedimiento a realizar es el cálculo del Consumo Energético ,mismo que se lo desarrollo en la Tabla 4.18 en base a los datos obtenidos en la Tabla 4.17 anteriormente detalla y la distancia de Ruta otorgada

por la aplicación Google Earth. En lo referente al tiempo fue necesario aplicar dos velocidades 25 - 15 Km/h, la primera se utilizó para la bicicleta eléctrica, monopatín, biplaza y la segunda se usó en los cálculos del péndulo.

Tabla 4. 18 Consumo Energético

RUTA	PARÁMETROS	BICICLETA	MONOPATÍN	PÉNDULO	BIPLAZA
Ruta 1	Potencia motor (W)	342,52	336,49	158,72	2901,89
	Distancia Ruta (km)	2,33	2,33	2,33	2,33
	Tiempo a 25 km /h	0,0932	0,0932		0,0932
	Tiempo a 15 km/h			0,1553	
	Consumo Energético (W/km)	13,70	13,4596212	10,58	116,08
Ruta 2	Potencia motor (W)	725,59	691,58	373,10	6173,02
	Distancia Ruta (km)	4,22	4,22	4,22	4,22
	Tiempo a 25 km /h	0,1688	0,1688		0,1688
	Tiempo a 15 km/h			0,2813	
	Consumo Energético (W/km)	29,02	27,66	24,87	246,92
Ruta 3	Potencia motor (W)	377,85	369,24	179,81	3203,58
	Distancia Ruta (km)	4,69	4,69	4,69	4,69
	Tiempo a 25 km /h	0,1876	0,1876		0,1876
	Tiempo a 15 km/h			0,3126	
	Consumo Energético (W/km)	15,11	14,77	11,98	128,14
Ruta 4	Potencia motor (W)	729,87	695,55	373,96	6209,59
	Distancia Ruta (km)	2,14	2,14	2,14	2,14
	Tiempo a 25 km /h	0,0856	0,0856		0,0856
	Tiempo a 15 km/h			0,1633	
	Consumo Energético (W/km)	29,19	27,82	28,54	248,38
Ruta 5	Potencia motor (W)	380,98	372,14	180,44	3230,33
	Distancia Ruta (km)	2,62	2,62	2,62	2,62
	Tiempo a 25 km /h	0,1048	0,1048		0,1048
	Tiempo a 15 km/h			0,1746	
	Consumo Energético (W/km)	15,24	14,89	12,02	129,21
Ruta 6	Potencia motor (W)	740,72	705,61	381,52	6302,24
	Distancia Ruta (km)	4,22	4,22	4,22	4,22
	Tiempo a 25 km /h	0,1688	0,1688		0,1688
	Tiempo a 15 km/h			0,2813	
	Consumo Energético (W/km)	29,63	28,22	25,43	252,09
Ruta 7	Potencia motor (W)	697,34	654,87	345,34	5931,76
	Distancia Ruta (km)	2,14	2,14	2,14	2,14
	Tiempo a 25 km /h	0,086	0,086		0,086
	Tiempo a 15 km/h			0,1426	
	Consumo Energético (W/km)	28,02	26,32	23,01	238,38

Tabla 4.18 Consumo Energético (Continuación...)

Ruta 8	Potencia motor (W)	655,44	616,04	325,10	5573,36
	Distancia Ruta (km)	2,45	2,45	2,45	2,45
	Tiempo a 25 km /h	0,098	0,098		0,098
	Tiempo a 15 km/h			0,1633	
	Consumo Energético (W/km)	26,22	24,64	21,67	222,93
Ruta 9	Potencia motor (W)	349,41	332,35	153,62	2960,68
	Distancia Ruta (km)	5,27	5,27	5,27	5,27
	Tiempo a 25 km /h	0,2108	0,2108		0,2108
	Tiempo a 15 km/h			0,3513	
	Consumo Energético (W/km)	13,98	13,29	10,24	118,43
Ruta 10	Potencia motor (W)	740,32	705,24	381,44	6298,84
	Distancia Ruta (km)	4,64	4,64	4,64	4,64
	Tiempo a 25 km /h	0,1856	0,1856		0,1856
	Tiempo a 15 km/h			0,3093	
	Consumo Energético (W/km)	29,61	28,21	25,43	251,95
Ruta 11	Potencia motor (W)	701,10	658,35	347,98	5963,86
	Distancia Ruta (km)	2,6	2,6	2,6	2,6
	Tiempo a 25 km /h	0,104	0,104		0,104
	Tiempo a 15 km/h			0,1733	
	Consumo Energético (W/km)	28,04	26,33	23,19	238,55
Ruta 12	Potencia motor (W)	351,39	344,71	164,54	2977,64
	Distancia Ruta (km)	3,38	3,38	3,38	3,38
	Tiempo a 25 km /h	0,1352	0,1352		0,1352
	Tiempo a 15 km/h			0,2253	
	Consumo Energético (W/km)	14,06	13,79	10,97	119,11
Ruta 13	Potencia motor (W)	711,85	678,84	365,77	6055,68
	Distancia Ruta (km)	5,27	5,27	5,27	5,27
	Tiempo a 25 km /h	0,2108	0,2108		0,2108
	Tiempo a 15 km/h			0,3513	
	Consumo Energético (W/km)	28,47	27,15	24,38	242,23
Ruta 14	Potencia motor (W)	377,40	368,82	179,18	3199,72
	Distancia Ruta (km)	3,7	3,7	3,7	3,7
	Tiempo a 25 km /h	0,148	0,148		0,148
	Tiempo a 15 km/h			0,2466	
	Consumo Energético (W/km)	15,10	14,75	11,94	127,99

Elaborado por: El Autor

4.3.2. AUTONOMÍA

Delimitados los parámetros de la Potencia y el Consumo energético, el siguiente paso es la determinación de la Autonomía de los vehículos eléctricos propuestos para la investigación. Este proceso se lo realizó considerando la información de la ficha técnica donde se obtuvo datos de tensión del motor y capacidad de la batería. Además, se optó por trabajar con el 90% de la capacidad de batería para prolongar la vida útil de esta. Otro aspecto que se tomó en cuenta para dicho procedimiento fue el Consumo energético dato obtenido en los cálculos en la Tabla 4.18.

Tabla 4. 19 Autonomía

RUTA	PARÁMETROS	BICICLETA	MONOPATÍN	PÉNDULO	BIPLAZA
Ruta 1	Tensión del Motor (V)	36	36	36	58
	Capacidad de batería (Ah)	10	5,2	5,2	69
	Capacidad Vida Útil (%)	0,9	0,9	0,9	0,9
	Consumo Energético (W/km)	13,70	13,46	10,58	116,08
	Autonomía (km)	23,65	12,52	15,93	31,03
Ruta 2	Tensión del Motor (V)	36	36	36	58
	Capacidad de batería (Ah)	10	5,2	5,2	69
	Capacidad Vida Útil (%)	0,9	0,9	0,9	0,9
	Consumo Energético (W/km)	29,02	27,66	24,87	246,92
	Autonomía (km)	11,16	6,09	6,77	14,59
Ruta 3	Tensión del Motor (V)	36	36	36	58
	Capacidad de batería (Ah)	10	5,2	5,2	69
	Capacidad Vida Útil (%)	0,9	0,9	0,9	0,9
	Consumo Energético (W/km)	15,11	14,77	11,98	128,14
	Autonomía (km)	21,44	11,41	14,06	28,11
Ruta 4	Tensión del Motor (V)	36	36	36	58
	Capacidad de batería (Ah)	10	5,2	5,2	69
	Capacidad Vida Útil (%)	0,9	0,9	0,9	0,9
	Consumo Energético (W/km)	29,19	27,82	28,54	248,38
	Autonomía (km)	11,10	6,06	5,90	14,50
Ruta 5	Tensión del Motor (V)	36	36	36	58
	Capacidad de batería (Ah)	10	5,2	5,2	69
	Capacidad Vida Útil (%)	0,9	0,9	0,9	0,9
	Consumo Energético (W/km)	15,24	14,89	12,02	129,21
	Autonomía (km)	21,26	11,32	14,01	27,87

Tabla 4.19 Autonomía (Continuación...)

Ruta 6	Tensión del Motor (V)	36	36	36	58
	Capacidad de batería (Ah)	10	5,2	5,2	69
	Capacidad Vida Útil (%)	0,9	0,9	0,9	0,9
	Consumo Energético (W/km)	29,63	28,22	25,43	252,09
	Autonomía (km)	10,94	5,97	6,62	14,29
Ruta 7	Tensión del Motor (V)	36	36	36	58
	Capacidad de batería (Ah)	10	5,2	5,2	69
	Capacidad Vida Útil (%)	0,9	0,9	0,9	0,9
	Consumo Energético (W/km)	28,02	26,32	23,01	238,38
	Autonomía (km)	11,56	6,40	7,32	15,11
Ruta 8	Tensión del Motor (V)	36	36	36	58
	Capacidad de batería (Ah)	10	5,2	5,2	69
	Capacidad Vida Útil (%)	0,9	0,9	0,9	0,9
	Consumo Energético (W/km)	26,22	24,64	21,67	222,93
	Autonomía (km)	12,36	6,84	7,78	16,16
Ruta 9	Tensión del Motor (V)	36	36	36	58
	Capacidad de batería (Ah)	10	5,2	5,2	69
	Capacidad Vida Útil (%)	0,9	0,9	0,9	0,9
	Consumo Energético (W/km)	13,98	13,29	10,24	118,43
	Autonomía (km)	23,18	12,67	16,45	30,41
Ruta 10	Tensión del Motor (V)	36	36	36	58
	Capacidad de batería (Ah)	10	5,2	5,2	69
	Capacidad Vida Útil (%)	0,9	0,9	0,9	0,9
	Consumo Energético (W/km)	29,61	28,21	25,43	251,95
	Autonomía (km)	10,94	5,97	6,63	14,30
Ruta 11	Tensión del Motor (V)	36	36	36	58
	Capacidad de batería (Ah)	10	5,2	5,2	69
	Capacidad Vida Útil (%)	0,9	0,9	0,9	0,9
	Consumo Energético (W/km)	28,04	26,33	23,19	238,55
	Autonomía (km)	11,55	6,40	7,26	15,10
Ruta 12	Tensión del Motor (V)	36	36	36	58
	Capacidad de batería (Ah)	10	5,2	5,2	69
	Capacidad Vida Útil (%)	0,9	0,9	0,9	0,9
	Consumo Energético (W/km)	14,06	13,79	10,97	119,11
	Autonomía (km)	23,05	12,22	15,36	30,24

Tabla 4.19 Autonomía (Continuación...)

Ruta 13	Tensión del Motor (V)	36	36	36	58
	Capacidad de batería (Ah)	10	5,2	5,2	69
	Capacidad Vida Útil (%)	0,9	0,9	0,9	0,9
	Consumo Energético (W/km)	28,47	27,15	24,38	242,23
	Autonomía (km)	11,38	6,20	6,91	14,87
Ruta 14	Tensión del Motor (V)	36	36	36	58
	Capacidad de batería (Ah)	10	5,2	5,2	69
	Capacidad Vida Útil (%)	0,9	0,9	0,9	0,9
	Consumo Energético (W/km)	15,10	14,75	11,94	127,99
	Autonomía (km)	21,46	11,42	14,11	28,14

Elaborado por: El Autor

Finalizado el análisis de Potencia, Consumo energético y Autonomía de cada uno de los vehículos eléctricos alternativos, se realizó un análisis comparativo entre estos vehículos en base a estos cálculos y otros parámetros con la finalidad de determinar cuál es el vehículo óptimo para este tipo de uso.

4.3. ANÁLISIS COMPARATIVO

El análisis comparativo se lo realizó mediante la otorgación de una ponderación de 1 a 5 a los siguientes parámetros: potencia, consumo energético, autonomía, precio de adquisición, seguridad vial, facilidad de uso costo de batería y tiempo de carga. La Tabla 4.20 muestra los parámetros que se calcularon o determinaron para cada uno de los vehículos eléctricos alternativos propuesto en esta investigación.

Tabla 4. 20 Valores de Ponderación de los Vehículos Eléctricos Propuestos

PARÁMETROS	BICICLETA	MONOPATÍN	PÉNDULO	BIPLAZA
Potencia de Motor	4	3	4	5
Consumo Energético	3	4	5	1
Autonomía	4	3	2	5
Precio de Adquisición	3	5	4	1
Seguridad Vial	4	3	2	5
Facilidad de Uso	5	2	2	3
Costo de Batería	5	4	3	1
Tiempo de Carga	5	4	4	3
Total	33	28	26	24

En el Análisis Comparativo proyecta como resultados que la ponderación referente al parámetro de Potencia del Motor obtenido en la Tabla 4.17, el biplaza es el vehículo con mayor potencia con 4 kW, seguido de la bicicleta eléctrica asistida.

El consumo energético según la Tabla 4.18, muestra que el péndulo invertido y el monopatín son los vehículos con un mayor consumo de energía debido a que poseen motores eléctricos de baja potencia, la bicicleta tiene un valor promedio y el biplaza es el que menos consume.

En cuanto a los datos de autonomía en la Tabla 4.19, el biplaza es el vehículo más autónomo, en segundo lugar, se encuentra la bicicleta y por último el monopatín y el péndulo.

En lo referente al precio de adquisición se puede concluir que el monopatín es el vehículo más económico con \$575, seguido del péndulo con \$595, la bicicleta eléctrica con \$ 1190, y por último el biplaza con un valor de \$13.990.

En la seguridad vial el biplaza es el transporte más seguro, seguido de la bicicleta y por último el monopatín y el péndulo vehículo que no son considerados de uso habitual.

Facilidad de uso en este aspecto se puede señalar que la bicicleta es el medio de transporte más fácil de utilizar con relación al monopatín y al péndulo. Costo de batería, la bicicleta es tiene el mercado más accesible con valores entre \$150 y \$200, en último lugar el biplaza con \$7800 demostrando que la batería de este vehículo tiene un valor mayor a la mitad de precio de adquisición.

En Tiempo de carga, la bicicleta se carga en 3 horas aproximadamente, el monopatín y péndulo en 3 horas y media mientras que el biplaza se demora 7 horas a 110 V.

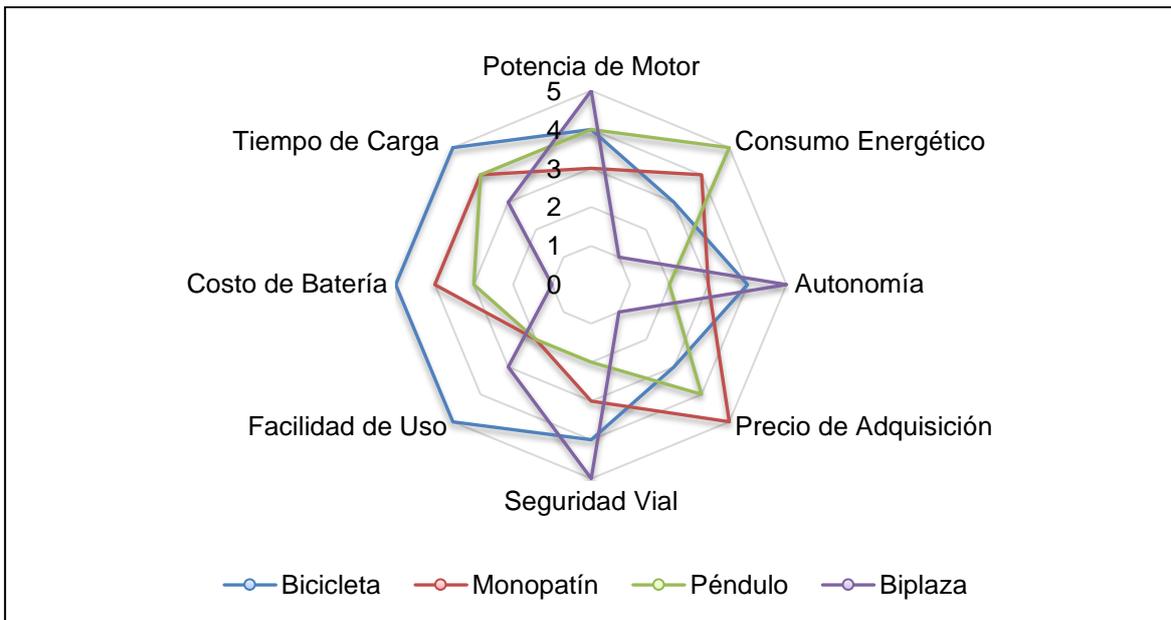


Figura 4. 17 Valores de Ponderación

La Figura 4.17 muestra los valores de ponderación asignados para los 8 parámetros de estudio previamente detallados. El Biplaza es el vehículo eléctrico óptimo en cuanto cálculos de potencia, menos consumo energético y autonomía, sin embargo, este se descarta debido a su alto costo de adquisición, costo de batería, facilidad de uso y tiempo de carga. La bicicleta posee el segundo lugar en los parámetros de potencia, consumo energético, autonomía; pero en cuanto a los otros parámetros de estudio, ocupa el primer lugar. El monopatín y el péndulo invertido a pesar de tener características técnicas similares y un bajo costo de adquisición no son vehículos habituales en el entorno de la ciudad de Ibarra, por lo que para su uso se necesitaría de brindar una capacitación más compleja, llevando a demandar un proceso de logística adicional al desarrollo del proyecto.

Ratificamos la elección de la bicicleta debido a que es un medio de transporte de uso habitual dentro de la sociedad, y es adecuado para el tipo de carretera de esta urbe. Además, actualmente en la ciudad de Ibarra ya se cuenta con ciclo rutas establecidas para bicicletas, misma que en el futuro se espera una expansión por las principales vías de conexión de la urbe, así sumamos otro aspecto que garantiza la puesta en marcha y funcionamiento de este proyecto.

4.4.1. INFORMACIÓN BICICLETA ELÉCTRICA

SMART ha desarrollado una ebike perfecta para la ciudad por su peso ligero (19 kg) ruedas de 28" y su cuadro diseñado para brindar la mayor comodidad al manejo sumado a su batería de litio cilíndrica oculta dentro del cuadro de última generación. Posee guardabarros, luces, pata, protector de cadena, parrilla trasera y accesorios como puerto USB para carga celular; en relación calidad / precio es la más destacada de todas.

Tabla 4. 21 Información del Proveedor

BICICLETA: Smart PARIS	
	
Motor: Controlador: Batería: Pantalla Rueda: Marco: Velocidad Engranajes: Horquilla delantera Freno: Costo:	Motor sin escobillas 36 V 350W 36 V inteligente Batería de Litio Oculta 36V 10 Ah LCD 880 de 5 niveles de asistencia Kenda 28 * 1,75 6. Aluminio ultraligero Máxima con acelerador: 32 km / h Shimano 7 velocidades Acero al carbono Disco delantero y trasero 1190

Fuente: Electrobike

Elaborado por: El Autor

4.4. INFRAESTRUCTURA Y GESTIÓN

Una vez finalizado el análisis de los cuatro medios de transporte eléctricos propuestos para esta investigación, en base a la factibilidad técnica se logra concluir que la bicicleta eléctrica es el vehículo óptimo para este tipo de servicio de movilización, razón por la cual se optó por realizar el análisis sobre la infraestructura

y gestión que será necesaria para poner en funcionamiento este sistema de transporte dentro de la Universidad Técnica del Norte.

4.5.1. INFRAESTRUCTURA

La infraestructura para la puesta en marcha de este proyecto fue diseñada considerando los espacios e instalaciones disponibles en cada uno de los Campus universitarios, entre estos se tomó en cuenta las dimensiones requeridas para cada una de las estaciones de acuerdo con la cantidad de vehículos que van a ser distribuidos.

4.4.1.1. Infraestructura de estacionamientos

En cuanto a la infraestructura de los estacionamientos para las bicicletas eléctricas se puede señalar que está estará compuesta por una estructura metálica y cubierta por paneles de policarbonato.

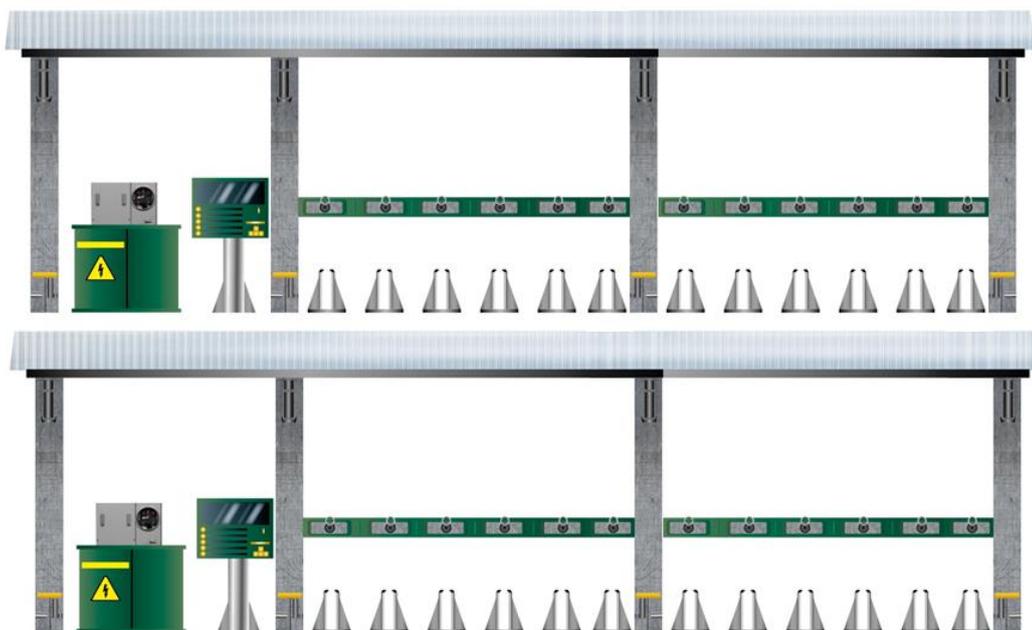


Figura 4. 18 Estacionamientos Modelo 1
Elaborado por: El Autor

La Figura 4.18 muestra la infraestructura de los estacionamientos de bicicletas eléctricas para el modelo 1 en el campus Matriz y Hospital San Vicente de Paúl donde cubre un área de $60 m^2$ distribuidas en $6 m$ de ancho y $10 m$. de largo, por $3 m$ de alto. Además, contará con 1 cargador por bicicleta.



Figura 4. 19 Estacionamientos Modelo 2
Elaborado por: El Autor

La Figura 4.19 muestra la infraestructura para los estacionamientos del modelo 2 para los otros 4 campus : Estadio Universitario, Colegio Universitario y Granja Experimental Yuyucocha donde sus instalaciones serán de $3 m$ de ancho y $10 m$ de largo dando un total de $30 m^2$, con una altura de $3 m$.

En la Tabla 4.27 se detalla el número de paneles que estarán presentes en cada campus , mismos que tendrán un espacio total de estacionamiento para las bicicletas y además contarán un determinado número de espacios libres para su ocupación en caso de lograr llenar el aforo de los espacios asignado.

Tabla 4. 22 Número de Espacios

CAMPUS - ZONAS	NÚMERO DE PANELES	NÚMERO DE ESPACIOS	TOTAL ESPACIOS
Estadio Universitario – Zona 1	2	6	12
Colegio Universitario – Zona 2	2	6	12
Matriz – Zona 3	4	6	24
Antiguo Hospital San Vicente de Paúl – Zona 4	4	6	24
Granja experimental Yuyucocha – Zona 5	2	6	12

Elaborado por: El Autor

4.5.1.2. Fuente de carga

Las fuentes de carga se encuentran ubicadas dentro de la infraestructura de los estacionamientos de las bicicletas eléctricas de cada campus en el lado izquierdo de los anclajes. Estas tendrán un tablero central que permitirá monitorear y supervisar cada una de las bicicletas eléctricas. Estas fuentes de carga están conectadas a la red de energía eléctrica de 220 V de cada Campus universitario. Además, contará con un transformador trifásico Pad Mounted que convierte la energía eléctrica de corriente alterna a corriente continua de 220 V a 36 V. También tendrá una Caja principal de Breakers misma que permitirá proteger los puntos de carga y cableado. Esto se detalla de forma grafica en la Figura 4.20 a continuación , además Se puede señalar que las fuentes de recarga estarán ubicadas en cada Campus Universitario y los ciclos de recarga se los realizará una vez por día.

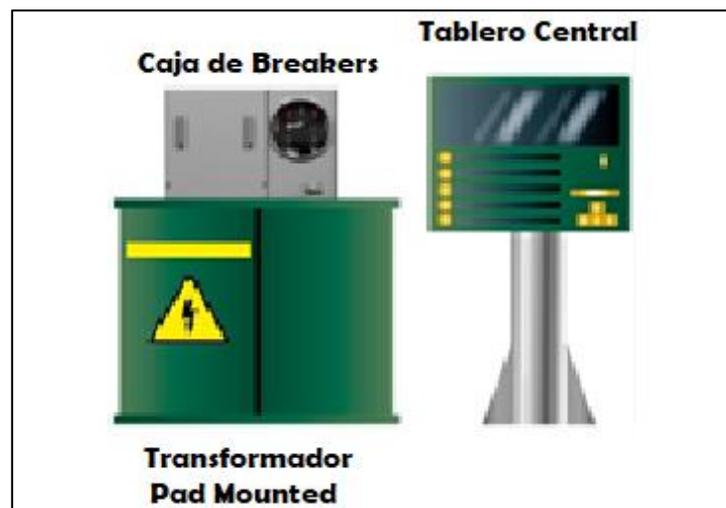


Figura 4. 20 Fuente de Carga Estacionamientos
Elaborado por: El Autor

4.5.1.3. Ubicación de los estacionamientos en los campus

En lo relacionado a la ubicación de los estacionamientos para las bicicletas eléctricas en cada Campus universitario se optó por considerar el lugar donde exista el suficiente espacio y la facilidad de conexión a una red de energía eléctrica con las especificaciones antes mencionadas. La Tabla 4.23 nos indica una descripción de la ubicación de dichos estacionamientos.

Tabla 4. 23 Ubicación de Estacionamientos

<p style="text-align: center;">Campus Matriz</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estará a lado derecho del taller de la Carrera de Ingeniería automotriz 	
<p style="text-align: center;">Campus Estadio Universitario</p> <ul style="list-style-type: none"> • Espacio al lado derecho del Edificio de planta textil. 	
<p style="text-align: center;">Campus Colegio Universitario</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estará ubicado en el espacio que se encuentra en la parte Norte del Colegio UTN en el área de taller de la carrera de Ingeniería automotriz. 	
<p style="text-align: center;">Campus del Hospital San Vicente de Paúl</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estará situado en patio posterior que se encuentra en el Hospital. 	
<p style="text-align: center;">Campus Granja Experimental Yuyucocha</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estará frente al área de Investigación Científica. 	

4.6.1.4. Número de bicicletas

Una vez determinado la demanda del Número de viajes, se procedió a realizar el cálculo del Número de bicicletas eléctricas que se van a adquirir para poner en funcionamiento este proyecto, siendo necesario señalar que inicialmente se cubrirá el 5% de dicha demanda de viajes diarios. El cálculo se lo desarrolló de la siguiente manera:

$$Demanda\ de\ viajes\ Diarios = \frac{Demanda\ viajes\ Semanal}{días\ semana} \quad [Ec. 4.6]$$

$$Demanda\ de\ viajes\ Diarios = \frac{4.416\ viajes\ semana}{5\ días\ semana}$$

$$Demanda\ de\ viajes\ Diarios = 883\ viajes\ Diarios$$

Determinada la Demanda de viajes diarios (883) se procedió a realizar el cálculo del número de bicicletas, considerando además que inicialmente el proyecto cubrirá el 5% de dicha demanda. Este procedimiento se lo ejecutó así:

$$Número\ de\ Bicicletas = Demanda\ de\ viajes\ diarios \times 5\% \quad [Ec. 4.7]$$

$$Número\ de\ Bicicletas = 883 \times 5\%$$

$$Número\ de\ Bicicletas = 44\ bicicletas$$

Establecido el número de bicicletas se procedió a efectuar su distribución para ello se tomó como base la demanda de viajes que se realizan en cada uno de los Campus. En lo relacionado a la distribución del número de bicicletas eléctricas para cada Campus Universitario se lo realizó de la siguiente manera:

En el Campus Central y en el Hospital San Vicente de Paúl por tener una mayor demanda de viajes contarán con 4 estacionamientos con divisiones para 6 bicicletas (4 x 6 =24), 9 paneles estarán vacío como opción para estacionar las bicicletas que vaya llegando, dando un total de 15 bicicletas (4 x 6 = 24 – 9 = 15 bicicletas).

En los otros campus Estadio y Colegio los estacionamientos son 2 paneles de 6 bicicletas ($2 \times 6 = 12$) con 8 espacio vacíos, ($2 \times 6 = 12 - 8 = 4$ bicicletas por campus). Y en el campus de la Granja Experimenta Yuyucocha el estacionamiento tendrá 2 paneles de 6 bicicletas ($2 \times 6 = 12$) con 6 espacios vacíos ($2 \times 6 = 12 - 6 = 6$ bicicletas) , la Tabla 4.24 muestra la distribución antes mencionada .

Tabla 4. 24 Distribución de Bicicletas en cada Campus

ZONA	CAMPUS	NÚMERO DE BICICLETAS
Zona 1	Estadio	4
Zona 2	Colegio UTN	4
Zona 3	Matriz	15
Zona 4	Hospital San Vicente de Paúl	15
Zona 5	Granja Experimental Yuyucocha	6
TOTAL		44

Elaborado por: El Autor

El número de bicicletas que se va a adquirir para iniciar este proyecto de factibilidad en la Universidad Técnica del Norte será en un número de 44 bicicletas eléctricas y su precio está establecido en un valor de \$ 1.190 dólares costo referencial de acuerdo al proveedor Ecuatoriano “Electrobike” ubicado en el Distrito Metropolitano de Quito (*ElectroBike*).

4.5.2. GESTIÓN

En cuanto a la Gestión, se lo realizó considerando el presupuesto, inversión, costos y gastos necesarios para la ejecución de este proyecto. Para conocer información referente al presupuesto se entrevistó al director del Departamento Financiero de la Universidad Técnica de Norte se detalla la entrevista al señor Magister Marcelo Placencia, quién supo manifestar que del presupuesto anual asignado a la Universidad por parte del Ministerio de Educación el 6% está destinado al Centro Universitario de Investigación Ciencia y Tecnología CUICYT, siendo para el año 2018 un monto de 37.650.674,55 dólares cuyo 6% es 2. 259.052,47 dólares, mismo

que es repartido a un número de 15 proyectos dando como presupuesto individual de 150.603,50. En la siguiente Tabla 4.25 muestra en detalle los rubros que intervinieron para determinar la factibilidad económica de este estudio investigativo.

Tabla 4. 25 Detalle de Inversión del Proyecto

DETALLE	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Infraestructura			
Estructura Metálica cubierta 60 m	2	\$ 22,55	\$ 2.029,50
Estructura Metálica cubierta 30 m	3	\$ 22,55	\$ 2.706,00
Policarbonato plancha	14	\$ 230,00	\$ 3.220,00
Materiales			
Circuito electrónico	7	\$ 400,00	\$ 2800,00
Insumo eléctricos de instalación (cables, conectores, amarres)	5	\$ 350,00	\$ 1750,00
Insumos mecánicos de instalación (tornillos, herrajes)	5	\$ 150,00	\$ 750,00
Herramientas	1	\$ 100,00	\$ 100,00
Insumos de limpieza	1	\$ 300,00	\$ 300,00
Circuito electrónico	7	\$ 400,00	\$ 2800,00
Insumo eléctricos de instalación (cables, conectores, amarres)	5	\$ 350,00	\$ 1750,00
Soportes para estacionamiento			
Estadio Universitario	10	\$ 215,00	\$ 2.150,00
Colegio Universitario	10	\$ 215,00	\$ 2.150,00
Campus El olivo	24	\$ 215,00	\$ 5.160,00
A.H. San Vicente de Paúl	24	\$ 215,00	\$ 5.160,00
Granja Experimental Yuyucocha	10	\$ 215,00	\$ 2.150,00
Sistema de Recargas			
Transformador Trifásico Pad Mounted 3 KVA de 220 V a 36 V	2	\$ 900,00	\$ 1.800,00
Transformador Trifásico Pad Mounted 2 KVA de 220 V a 36 V	3	\$ 800,00	\$ 2.400,00
Tablero Central	7	\$ 200,00	\$ 1.400,00
Tubo cuindic 3/4 6mts	14	\$ 8,00	\$ 112,00
Tablero de Breakers	7	\$ 100,00	\$ 700,00
Breakers	44	\$ 20,00	\$ 880,00
Bicicletas			
Bicicletas	44	\$ 1.190,00	\$ 52.360,00
Instalación Sistemas eléctrico			
Instalaciones Equipos	44	\$15,00	\$ 660,00
Gastos mantenimiento y servicio técnico			
Mantenimiento Anual	44	\$ 50,00	\$ 2.200,00
Costo Recarga			
Recarga Semestre	3960	\$ 0,12	\$ 475,20

Elaborado por: El Autor

La Tabla 4.26 muestra el resumen de la factibilidad económica de este proyecto , donde se detalla los valores referentes al presupuesto asignado , inversión , costos y gastos ; dando un valor a favor de \$ 57.190 ,80 como resultado final.

Tabla 4. 26 Resumen de Inversión del Proyecto

	DETALLE	PARCIAL	TOTAL
	Presupuesto para Proyectos CUICYT		\$ 150.603,50
(-)	INVERSIÓN		
	Infraestructura	\$ 4.735,50	
	Policarbonato	\$ 3.220,00	
	Soporte para estacionamiento	\$ 16.770,00	
	Sistema de recargas	\$ 7.292,00	
	Bicicletas	\$ 52.360,00	
	Instalación sistema eléctrico	\$ 660,00	
	Total Inversión	\$ 85.037,50	
(-)	COSTOS Y GASTOS		
	Materiales	\$ 5.700,00	
	Gasto mantenimiento y servicio técnico	\$ 2.200,00	
	Costo de recarga anual	\$ 475,20	
	Total Costos y gastos	\$ 8.375,20	
	Total Inversión + Costos y Gastos		(\$ 93.412,70)
(=)	Saldo a Favor		\$ 57.190,80

Elaborado por: El Autor

Para el uso del sistema se cobrará un valor de \$30 por semestre , con un cupo aproximado de 200 estudiantes, de esta manera en comparación con el Bus Urbano, este proyecto podrá disminuir costos y tiempo para la movilización de los mismos . La Tabla 4.27 muestra una estimación económica según el numero de veces por viajes que se deben realizar en un semestre académico.

Tabla 4. 27 Estimación Económica

Numero de Viajes	Costo de Paseje-Bus	Valor por Semana	Valor por Semestre
1 veces	\$ 0,30	\$ 1,5	\$ 27
2 veces	\$ 0,30	\$ 3	\$ 54
3 veces	\$ 0,30	\$ 4,5	\$ 81

Elaborado por: El Autor

La Tabla 4.28 muestra la rentabilidad de este proyecto con una inversión inicial de \$ 93 412,70 , dando como resultado un TIR de 0,54% a partir del semestre 17, así se podrá recuperar el monto de inversión inicial del proyecto.

Tabla 4. 28 Rentabilidad del Proyecto

Periodo	Ingresos	Egresos	Total	Flujo Neto
Semestre 0	0	0	0	-\$ 93 412,70
Semestre 1	\$ 6000	\$ 237,60	\$ 5762,40	-\$ 87 650,30
Semestre 2	\$ 6000	\$ 237,60	\$ 5762,40	-\$ 81 887,90
Semestre 3	\$ 6000	\$ 237,60	\$ 5762,40	-\$ 76 125,50
Semestre 4	\$ 6000	\$ 237,60	\$ 5762,40	-\$ 70 363,10
Semestre 5	\$ 6000	\$ 237,60	\$ 5762,40	-\$ 64 600,70
Semestre 6	\$ 6000	\$ 237,60	\$ 5762,40	-\$ 58 838,10
Semestre 7	\$ 6000	\$ 237,60	\$ 5762,40	-\$ 53 075,90
Semestre 8	\$ 6000	\$ 237,60	\$ 5762,40	-\$ 47 313,50
Semestre 9	\$ 6000	\$ 237,60	\$ 5762,40	-\$ 41 551,10
Semestre 10	\$ 6000	\$ 237,60	\$ 5762,40	-\$ 35 788,70
Semestre 11	\$ 6000	\$ 237,60	\$ 5762,40	-\$ 30 016,30
Semestre 12	\$ 6000	\$ 237,60	\$ 5762,40	-\$ 24 253,90
Semestre 13	\$ 6000	\$ 237,60	\$ 5762,40	-\$ 18 501,50
Semestre 14	\$ 6000	\$ 237,60	\$ 5762,40	-\$ 12 739,10
Semestre 15	\$ 6000	\$ 237,60	\$ 5762,40	-\$ 6 976,70
Semestre 16	\$ 6000	\$ 237,60	\$ 5762,40	-\$ 1 214,30
Semestre 17	\$ 6000	\$ 237,60	\$ 5762,40	\$ 4 548,10

Elaborado por: El Autor

CAPITULO IV

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Los Patrones de Movilidad se los analizó en base al Modelo de las 4 etapas del Sistema de Transporte obteniendo como resultado 14 rutas, en la primera Etapa se concluye que un 41,30% de la población estudiantil al menos necesita movilizarse una vez por semana. En lo que se refiere a la Distribución de viajes, el modo motorizado alcanza un 95,71% de la demanda, lo cual presenta 4226 viajes por semana. Para la Partición Modal, el bus es el medio más utilizado con un 84,28% representando un total de 3722 viajes.
- Los cálculos de el Consumo Energético como de la Autonomía, dependieron principalmente de la potencia del motor eléctrico en el punto más crítico; la sección de la ruta 6, específicamente en la Calle Morona Santiago tiene un una distancia de 247 m con una variación de altura es de 21 m de altura, en tanto un 7,68% de pendiente. Por este motivo los motores de los vehículos propuestos necesitan tener ciertas características de potencia para cumplir dicho tramo de la ruta, y poder generalizar al resto de rutas.
- La tabulación de los datos obtenidos en la investigación permitió realizar un análisis comparativo de la factibilidad técnica y económica de los 4 vehículos propuesto, de esta manera se llegó a concluir que la bicicleta eléctrica sería el medio de transporte adecuado para la puesta en marcha de este proyecto. En base a los 8 aspectos analizados: potencia de motor, consumo energético, autonomía, precio de adquisición, seguridad vial , facilidad de uso , costo de batería y tiempo de carga, dicho modelo obtuvo un puntaje de 33 puntos sobre 40, por encima del resto de vehículos propuestos en este proyecto.

- Un total de 44 bicicletas cubrirían el 5% de la demanda total de viajes realizados entre campus universitarios para actividades académicas de los estudiantes de la Universidad Técnica del Norte en el periodo Septiembre 2018 - Febrero 2019. Por tanto, los estacionamientos y las fuentes de carga de los vehículos a implementarse en este proyecto se determinaron según la distribución de la demanda en los diferentes campus universitarios. El Campus Matriz y Antiguo Hospital constarán con 4 estacionamientos de 12 espacios. Mientras que campus con menor demanda relativa tales como el Campus del Estadio Universitario, Colegio Universitario y Granja Experimental constarán con 2 estacionamientos de 10 espacios.

5.2. RECOMENDACIONES

- Utilizar el modelo clásico de las 4 etapas del Sistema de transporte, es el método más eficiente para poder determinar la demanda de usuarios, generación de viajes, distribución de viajes, partición modal y asignación de rutas en cuanto se refiere a estudios de Patrones de Movilidad para una determinada población.
- Obtener información relacionada con valores de fichas técnicas para el cálculo del Consumo energético y Autonomía proporciona valores teóricos, que en condiciones prácticas podrían variar por uno o más factores reales. Por lo cual se recomienda comparar los datos obtenidos por esta investigación con datos que provee un trabajo práctico en la zona de estudio, específicamente en las rutas con mayor porcentaje de pendiente para poder determinar con mayor certeza el tema de potencia y distancia recorrida en cuanto a autonomía se refiere.

- Para realizar la tabulación de datos referente a la factibilidad técnica se recomienda obtener información real de la fichas técnicas de los fabricantes, la cual nos proporciona valores teóricos mediante los cuales podremos asignar una ponderación a los diferentes parámetros que hemos seleccionado para nuestra investigación.
- Considerar los tres parámetros fundamentales sobre los lineamientos de parada , donde la infraestructura de los estacionamientos deberá tener un diseño acorde a las dimensiones del lugar seleccionado, el calculo para determinar la potencia del transformador deberá ser acorde a la capacidad total del numero de vehículos de cada estación , asi cuando incrementemos la flota de vehículos , las estaciones no sufrirán problemas de energía eléctrica.
- Se recomienda iniciar con el 5% de la demanda de viajes referente a 44 bicicletas de adquisición que mediante el buen uso y aceptación por parte de los estudiantes, se podrá aumentar cada cierto periodo académico , la implementación de más estaciones y número de bicicletas, con esto se podrá evitar el deterioro de las estaciones y vehículos que esten habilitados para su mal uso.
- En mantenimiento anual de las 44 bicicletas representan un total de \$2200, para disminuir este valor , se sugiere que este mantenimiento sea realizado por los estudiantes de las carreras de Ing. Mantemiento Automotriz, Ing. Mantemiento Eléctrico e Ing. Mecatrónica , los cuales podrán realizar activades tanto teoricas como practicas afines a su formación academica en este proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilar, Y., Caldas, I., Rivera, A., & Tapia, E. (2017). Estudio de la influencia de la velocidad de circulación en la apertura de las ventanas y la aerodinámica de un vehículo de turismo. *Ingenius*, 18, 7–13. <https://doi.org/10.17163/ings.n18.2017.01>
2. Alvarez, D. (2018). Estudio de Patrones de Movilidad de Trabajadores y Estudiantes de la Universidad Técnica Del Norte para estimar el Consumo de Energía en función del tipo de transporte utilizado. In *Universidad Técnica del Norte*.
3. Álvarez, E., & Menéndez, J. (2017). *Energías alternativas para el transporte de pasajeros - Orkestra Instituto Vasco de Competitividad*. <https://www.orquestra.deusto.es/es/investigacion/publicaciones/cuadernos-orkestra/1150-energias-alternativas-transporte-pasajeros>
4. Anguita, F., Duarte, B., & Flores, S. (2014). Situación actual del transporte público urbano: La visión de las empresas operadoras. *Investigaciones Europeas de Direccion y Economia de La Empresa*, 20(1), 16–22. <https://doi.org/10.1016/j.iedee.2013.10.003>
5. Ashurst, J., & Wagner, B. (2015). Injuries following Segway personal transporter accidents: Case report and review of the literature. *Western Journal of Emergency Medicine*, 16(5), 693–695. <https://doi.org/10.5811/westjem.2015.7.26549>
6. Barreno, E., Cabrera, E., & Millones, R. (2008). Metodología de modelamiento de un sistema de transporte urbano. *Ingeniería Industrial*, 11. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2008.n026.633>
7. Borja, J. (2000). *El espacio público, ciudad y ciudadanía*.
8. Caño, M. M. P., Sánchez, E. V., Lozano, M. S., & Arcas, A. N. (2009). Estudio de variables de influencia en el ensayo de Limitación de Velocidad para Ciclomotor de 2 ruedas (L1e) en condiciones estáticas , de aplicación para Estaciones ITV. *XIX CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA*. <http://www.xixcnim.uji.es/CDActas/Documentos/ComunicacionesOrales/18-06.pdf>
9. Ceballos, J. E. D., Caicedo, E. C., & Ospina, S. (2016). Una Propuesta Metodologica para Dimensionar el Impacto de los Vehiculos Electricos sobre la Red Electrica. *Revista Ingenieria*. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.reving.2016.2.a03>
10. CES (Consejo de Educación Superior). (2016). Reglamento de Régimen Académico Consejo Educación Superior. *Lexis Finder*, 051, 46. <http://www.utpl.edu.ec/sites/default/files/documentos/reglamento-de-regimen-academico-2015.pdf>
11. Chuquiana, E. (2014). Diseño e implementación del tren motriz con motor

eléctrico y transmisión cvt, para un vehículo biplaza plegable. *Universidad de Las Fuerzas Armadas*.

- 12.DEKRA. (2018). *VERKEHRSSICHERHEITSREPORT* 2018. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- 13.Díaz, F. M. (2019). Caracterización de las rutas de buses de transporte público de la ciudad de Ibarra para la implementación de buses híbridos y eléctricos GPS. *Universidad Técnica Del Norte*. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8894>
- 14.Duque, D. A., & Rocano, J. A. (2017). *Determinación de la autonomía del vehículo eléctrico mediante ciclos controlados*. 167. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14867/1/UPS-CT007298.pdf>
- 15.Escalón, E. (2010). *Aumento de población, una causa más de problemas ambientales*. Universo. https://www.uv.mx/universo/396/infgral/infgral_12.html
- 16.EUSKO. (2018). *Plan Integral de Movilidad Electrica en la Comunidad Autonoma del Pais Vasco*.
- 17.GADMI. (2011). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Ibarra*. 300. http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/ZONA1/NIVEL_DEL_PDOT_CANTONAL/IMBABURA/IBARRA/INFORMACION_GAD/01_CANTON_IBARRA_PDOT/1_Plan_de_Development_y_Ordenamiento_Territorial_del_Cantón_Ibarra/PARTE_1_PLAN_IBARRA_2031.pdf
- 18.Guarnizo, M. (2018). *Ciclo inclusión en la infraestructura vial y el desarrollo urbano de Ibagué en el marco de las ciudades amigables y sostenibles*. Universidad Autónoma de Manizales.
- 19.Gutiérrez, L. R. (2013). *Transporte Público de Calidad y la Movilidad Urbana*. [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/A51043F477187F5E05257C8400626870/\\$FILE/Transporte_público_de_calidad_y_la_movilidad_urbana.pdf%0A](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/A51043F477187F5E05257C8400626870/$FILE/Transporte_público_de_calidad_y_la_movilidad_urbana.pdf%0A)
- 20.IDAE. (2015). *El cambio en las formas de desplazamiento en seis ciudades españolas*. <https://www.esmartcity.es/movilidad-urbana>
- 21.INEN. (2016). *CLASIFICACIÓN VEHICULAR NTE INEN 2656*.
- 22.ITDP. (2008). Institute for Transportation and Development Policy. *TOD Standard*.
- 23.Izquierdo, J. F. (2019). *Importación de scooters eléctricos desde China*. UDLA.
- 24.Jaimurzina, A., Salas, G. P., & Sánchez, R. J. (2015). Políticas de logística y movilidad para el desarrollo sostenible y la integración regional. *Naciones Unidas Cepa*, 75. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39427/S1500864_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y

25. Jans, M. (2009). Movilidad urbana: en camino a sistemas de transporte colectivo integrados. *Universidad Austral de Chile*, 3–6. <https://doi.org/10.4206/aus.20>
26. Jáuregui, F. (2014). *Regulación Legal Sobre La Contaminación Sonora Producida Por Los Medios De Transporte Público Y Privado En La Ciudad De Juliaca* [UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO]. <https://doi.org/10.1174/021435502753511268>
27. Ji, S., Cherry, C. R., Han, L. D., & Jordan, D. A. (2014). Electric bike sharing: Simulation of user demand and system availability. *Journal of Cleaner Production*, 85, 250–257. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.09.024>
28. Jin, L., Searle, S., & Lutsey, N. (2014). *Evaluation of state-level U.S. PEV incentives*. *International Council on Clean Transportation*. October, 39. https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_state-EV-incentives_20141030.pdf
29. Knowles, M., & Morris, A. (2014). Impact of Second Life Electric Vehicle Batteries on the Viability of Renewable Energy Sources. *British Journal of Applied Science & Technology*, 4(1), 152–167. <https://doi.org/10.9734/bjast/2014/5632>
30. Mañez, B., Esteban, B., & Araya, M. (2016). Movilidad Eléctrica Oportunidades para la Latinoamérica. *MOVE*, 84.
31. Marchese, R. A., & Golato, M. A. (2011). *El Consumo de Combustible y Energía en el Transporte*. October, 1–9.
32. Miranzo, M., & del Río, C. (2018). La Transformación en los Planteamientos de Política Medioambiental y Energética de Estados Unidos. *UNISCI*, 48(October), 525–550.
33. Molinero, A., & Sánchez, L. (2005). *Transporte público: planeación, diseño, operación y administración*.
34. Navarro, R. (2014). *La guía de la cinemática - Teoría y ejercicios*. https://books.google.com.ec/books?id=nTiPAgAAQBAJ&source=gbs_navlinks_s
35. Needell, Z. A., McNerney, J., Chang, M. T., & Trancik, J. E. (2016). Potential for widespread electrification of personal vehicle travel in the United States. *Nature Energy*, 1(9). <https://doi.org/10.1038/nenergy.2016.112>
36. ONU. (2015). Transporte y movilidad. *Habitat III*. http://habitat3.org/wp-content/uploads/Issue-Paper-19_Transporte_y_movilidad-SP.pdf
37. Pardo, C., & Calderón, P. (2014). Integración de transporte no motorizados y DOTS. *Cámara de Comercio De Bogotá*, 1–114.
38. París – *Al mejor estilo europeo: Urbana, cómoda y veloz*. – *ElectroBike Ecuador*. (n.d.). Retrieved July 25, 2020, from <https://www.electrobike.com.ec/producto/paris-al-mejor-estilo-europeo-urbana-comoda-y-veloz/>

- 39.Pavlovic, A., & Fragassa, C. (2015). General considerations on regulations and safety requirements for quadricycles. *International Journal for Quality Research*, 9(4), 657–674.
- 40.Quevedo, F., Asprilla, Y., & González, M. G. (2017). Entropías de la movilidad urbana en el espacio metropolitano de Guadalajara: Transporte privado y calidad del aire. *Tecnura*, 21(53), 138–140. <https://doi.org/10.14483/22487638.10725>
- 41.Quintero, J. (2017). Del concepto de ingeniería de tránsito al de movilidad urbana sostenible. *Ambiente y Desarrollo*, 21(40), 57. <https://doi.org/10.11144/javeriana.ayd21-40.citm>
- 42.Quintero, J., & Quintero, L. E. Q. (2015). El transporte sostenible y su papel en el desarrollo del medio ambiente urbano Sustainable transport and its role in the development of urban environment. *Revista Ingeniería y Región*, 14(2), 87–97. <http://img.diariodelviajero.com/2010/07/>
- 43.Ramírez, J. (2017). *Estudio de la dinámica de tracción de un vehículo eléctrico*. 33. <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/8533/53111R173.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- 44.Renault S.A.S. (2016). *Renault Twizy-Users Manual*. <https://www.renault.de/modellpalette/renault-modelluebersicht/twizy.html>
- 45.Rivera, J. A. (2015). *El Uso De La Bicicleta Como Alternativa De Transporte Sostenible E Inclusivo Para Lima Metropolitana. Recomendaciones Desde Un Enfoque De Movilidad*. 1–186.
- 46.Rybecky, J. P. (2015). *Análisis de viabilidad técnica, económica y financiera de proyecto de fabricación de bicicletas eléctricas*. <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/1768>
- 47.Schallenberg, J. C., Gonzalo, R., Izquierdo, P., Hernández Rodríguez, C., Unamunzaga, P., Ramón, F., Déniz, G., Díaz, M., Delia, T., Pérez, C., Martel Rodríguez, G., Pardilla, J., Vicente, F., & Ortin, S. (2008). *Energías renovables y eficiencia energética*.
- 48.Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2017). *Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021-Toda una Vida*. 84. http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL_0K.compressed1.pdf
- 49.Serra, G., Chastel, C., Campos, S., & Coch, H. (2018). Graphical approach to assess urban quality: Mapping walkability based on the TOD-standard. *Cities*, 76(July 2017), 58–71. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2018.01.007>
- Suárez, H. F., Verano, D. T., & García, A. S. (2016). La movilidad urbana sostenible y su incidencia en el desarrollo turístico. *25 De Mayo De 2016*, 19 (1)(1), 48–63.
- 50.Terraza, H., Blanco, D. R., & Vera, F. (2014). De Ciudades Emergentes a

Ciudades Sostenibles. *Educatio Siglo XXI*, 32(1), 287–290.

51. Torche, F., & Wordlmaid, G. (2004). Estratificación y movilidad social en América Latina. In *CEPAL* (Vol. 4). <https://doi.org/10.4067/S0718-23762009000100003>
52. Torres, J. (2015). *Estudio de viabilidad en la implementación de vehículos eléctricos en la ciudad de Cuenca*. 1–176. <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8050/1/UPS-CT004893.pdf>
53. UTN. (2019). *UniPortal Web UTN*. <https://www.utn.edu.ec/web/uniportal/>
54. Vasconcellos, E., & Mendonça, A. (2016). *Observatorio de Movilidad Urbana*. 25. [http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/981/OMU_CAF Resumen 20170509.pdf?sequence=10&isAllowed=y](http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/981/OMU_CAF_Resumen_20170509.pdf?sequence=10&isAllowed=y)
55. Vega, P. P. (2017). *Los planes de movilidad urbana sostenible (PMUS)*. <http://www.ecologistasenaccion.org/article33833.html>
56. Vera, J. F., Clairand, J. M., & Bel, C. Á. (2017). Public policies proposals for the deployment of electric vehicles in Ecuador. *2017 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference - Latin America, ISGT Latin America 2017, 2017-Janua*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ISGT-LA.2017.8126718>
57. Zapata, W. (2014). *Ecuador Universitario*. <http://ecuadoruniversitario.com/programas-academicos/carreras-que-oferta-la-universidad-tecnica-del-norte-utn/>

ANEXOS

ANEXO I.
FORMATO DE ENCUESTA ONLINE PARTE 1

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE ✕ ⋮

Encuesta dirigida a los Estudiantes de las Facultades FICA, FICAYA, FACAE, FCCSS de la Universidad Técnica del Norte.

Objetivo: Esta encuesta es anónima, tiene como objetivo recopilar información para realizar un "Proyecto de factibilidad sobre la implementación de vehículos eléctricos para transporte personal entre los Campus de la Universidad Técnica del Norte".

Los datos recopilados serán de absoluta reserva para la presente investigación

Para ello:

- Lea detenidamente las preguntas y exponga las respuestas
- Seleccione la(s) opción correcta.

Cuestionario:

1. Usted a que facultad pertenece *

FICA

FICAYA

FACAE

FCCSS

2. ¿Dentro de los horarios de clase en el periodo Septiembre 2018 - Febrero 2019 usted necesitaba movilizarse entre el Campus matriz "El Olivo" y los diferentes Campus Universitarios dentro de la ciudad de Ibarra? *

Sí

No

ANEXO II.
FORMATO DE ENCUESTA ONLINE PARTE 2

3. ¿Selecciona los desplazamientos en orden de Origen - Destino y la Frecuencia semanal considerando sus requerimientos académicos en el periodo septiembre 2018 - febrero 2019?

	Matri...	Matri...	Matri...	Matri...	Estad...	Estad...	Estad...	Coleg...	Coleg...	Hospi...	Hospi...	Hospi...
1 vez	<input type="checkbox"/>											
2 vec...	<input type="checkbox"/>											
3 vec...	<input type="checkbox"/>											
4 vec...	<input type="checkbox"/>											

4. ¿Qué medio de transporte utilizaba para movilizarse entre los Campus Universitarios dentro de la Ciudad de Ibarra?

- Bus
- Vehículo Privado
- Bicicleta
- Caminata

5. Si la Universidad dispusiera de vehículos eléctricos como una alternativa para la movilización a los campus Universitarios, ¿Usted los utilizaría? *

- Sí
- No
- Tal vez

ANEXO III
ENTREVISTA DIRECTOR FINANCIERO UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL
NORTE PARTE 1

ENTREVISTA
<p>Nombre: Magister Esteban Marcelo Placencia Enríquez</p> <p>Cargo: Director del Departamento Financiero Universidad Técnica del Norte</p>
<p>1. ¿Usted ha escuchado hablar sobre el uso de las bicicletas eléctricas en las Universidades como una medida de movilidad estudiantil y ciudad sostenible?</p>
<p>Respuesta: La verdad no, pero más o menos tengo conocimiento de que se está aplicando en Europa, al menos cuando tuve la oportunidad de estar por allá, pude observar de cerca que esa era una medida alternativa para tratar de descongestionar el transporte público y privado en estas grandes metrópolis, donde es necesario este tipo de medida, y que bueno sería que en nuestra Universidad se aplique esto.</p>
<p>2. ¿Cree usted que es necesaria la implementación de nuevas estrategias para lograr una movilidad sostenible de la población estudiantil universitaria hacia los Campus universitarios?</p>
<p>Respuesta: Yo creo que ahorita en la Universidad es fundamental, y enormemente necesario, porque existe un gran riesgo en las horas pico, es un relajo en el ingreso, es una congestión tenas de vehículo y personas, donde muchos de los jóvenes se exponen, es bastante preocupante, por eso muchas veces he propuesto a las autoridades de sacar de la matriz de la universidad todo lo que es transporte, hacer una universidad libre de humo, amigable al medio ambiente y disminuir la contaminación.</p>
<p>3. ¿Usted considera que la Universidad Técnica del Norte estaría dispuesta a invertir en un proyecto que permita la movilización sostenible de sus estudiantes?</p>
<p>Respuesta: Por supuesto, es más sería una buena alternativa que nosotros tomaríamos y que bueno que venga de los estudiantes, conjugaríamos autoridades, personal administrativo y estudiantes para ponerla en marcha, y se daría el apoyo al 100% en este proyecto.</p>

ANEXO IV
ENTREVISTA DIRECTOR FINANCIERO UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL
NORTE PARTE 2

4. ¿Cuál cree usted que sería un monto estimativo que la Universidad Técnica del Norte estaría en capacidad de invertir en un plan de movilidad sostenible para sus estudiantes?

Respuesta: El monto estimado que la Universidad destina para invertir es este tipo de proyecto es del 6% del ingreso anuales.

5. ¿Cree Usted que la implementación de esta propuesta mejoraría la calidad de vida de los estudiantes en cuanto a ahorro económico y tiempo?

Respuesta: De ley en un 100% por se dejaría el sedentarismo, se evitaría el congestionamiento en la horas pico y facilitaría la movilidad de los estudiantes hacia los Campus que se encuentran fuera de la matriz Central de la universidad.

6. ¿Qué expectativa tendría usted si existiera una propuesta de movilidad sostenible en la Universidad Técnica del Norte?

Respuesta: Una de mis expectativas sería que la Universidad este siempre a la vanguardia de la tecnología, a favor de una ciudad amigable, libre de congestión y contaminación, que crezca a pasos gigantescos en innovación ya que esto también permitiría ubicarnos entre las mejores universidades a pesar que hoy en día está ya considerada entre las 10 universidades más sobresalientes del país a pesar de ser una universidad con pocos años de servicio (34 años) exactamente.

ANEXO V

PRESUPUESTO ANUAL UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Monto total del presupuesto anual liquidado (ejercicio fiscal anterior)					
Tipo	Ingresos	Gastos	Financiamiento	Resultados operativos (% de gestión cumplida)	Link para descargar el presupuesto anual liquidado
Corriente	33,550,182.04	32,422,536.94	Fondos Fiscales	96.64%	presupuesto anual liquidado 2018
Inversión	4,100,692.51	4,711,475.30	Interno / Externo	114.89%	
Total	37,650,874.55	37,134,012.24		98.63%	
Destinatario de entrega de recursos públicos					
Link para descargar el listado de destinatarios de recursos públicos Destinatarios recursos públicos trimestral acumulado					
FECHA ACTUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN: 08/02/2019					
PERIODICIDAD DE ACTUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN: MENSUAL					
UNIDAD POSEEDORA DE LA INFORMACIÓN - LITERAL e): DIRECCION FINANCIERA					
RESPONSABLE DE LA UNIDAD POSEEDORA DE LA INFORMACIÓN DEL LITERAL e): Ing. Marcelo Placencia. MBA.					
CORREO ELECTRÓNICO DEL O LA RESPONSABLE DE LA UNIDAD POSEEDORA DE LA INFORMACIÓN: emplacencia@utn.edu.ec					
NÚMERO TELEFÓNICO DEL O LA RESPONSABLE DE LA UNIDAD POSEEDORA DE LA INFORMACIÓN: 062997800 ext. Direccion Fin. 7540 / Jefatura Presupuesto 7112					