

Quito, 20 de noviembre de 2020

Jorge Homero Yunda Machado
Alcalde del Distrito Metropolitano de Quito
Presente.

ASUNTO: Postulación al reconocimiento 'Carlos Montúfar'

Por medio del presente me es grato enviarle un cordial saludo y en mi calidad de Servidor municipal y en conformidad con lo establecido en el Código Municipal, en el Título VII, Capítulo I, artículo II.3.46 y siguientes, referente a las condecoraciones, premios y reconocimientos, convocamos a todas las instituciones y personas ecuatorianas o extranjeras residentes en el Distrito Metropolitano de Quito, a presentar sus postulaciones para las condecoraciones que otorga el Concejo Metropolitano de Quito, con motivo de la celebración de la fundación española de San Francisco de Quito, el 6 de diciembre.

Me permito presentar mi postulación al reconocimiento "Carlos Montúfar" el cual premia a los servidores municipales de acuerdo con la labor excepcional en el beneficio de la ciudad; mediante la presentación de un estudio realizado por mi persona previo a obtener el grado de Máster en Transporte, Territorio y Urbanismo, denominado "Propuesta de uso y mejora de la ciclovía en el Distrito Metropolitano de Quito-Ecuador" dentro de este documento técnico se analizan varios escenarios que permitirían aumentar el número de usuarios que utilizan la infraestructura ciclista de la ciudad, así como la propuesta de automatización e implementación del sistema público de préstamo de bicicletas, que de materializarse permitiría a la población de escasos recursos movilizarse de una manera más cómoda y segura, alineándose paralelamente a las tendencias mundiales de modelos de ciudades sostenibles dentro del ámbito de la pandemia que está atravesando la ciudad y el mundo entero.

Agradezco la gentileza de su atención.

Atentamente,



Ing. Mario Balseca MSc.
Servidor Municipal 11

ANEXO: Hoja de Vida y Tesis "Propuesta de uso y mejora de la ciclovía en el Distrito Metropolitano de Quito-Ecuador"

Currículum Vitae



INFORMACIÓN PERSONAL Mario Bolívar Balseca Carrera

 Calle Santa Teresa y Figueroa, Cotacollao - Quito
 0999013806
 maboca11@gmail.com

Sexo Masculino | **Fecha de nacimiento** 11/02/1989 | **Nacionalidad** Ecuatoriana

PERFIL PROFESIONAL

Máster en Transporte, Territorio y Urbanismo con más de 4 años de experiencia tanto en el sector público como en el privado, durante este periodo he aplicado mis conocimientos enfocados en el análisis de la dinámica territorial a través de la generación de cartografía temática, manejo de herramientas SIG y bases de datos geográficas, así como dominio de equipos topográficos de alta precisión además de contribuciones técnicas en la gestión del territorio y planificación en movilidad urbana. Interesado en desenvolverme en nuevos retos profesionales que me permitan un aprendizaje continuo.

EDUCACIÓN Y FORMACIÓN

- 25/09/2017–24/05/2019 **Máster en Transporte, Territorio y Urbanismo**
Universidad Politécnica de Valencia UPV
Valencia – España
N° de registro SENESCYT: 7241150412
- 13/04/2008–22/02/2016 **Ingeniero Geógrafo y del Medio Ambiente**
Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE
Sangolquí - Ecuador
N° de registro SENESCYT: 1079-2017-1808893
- 12/06/2000–14/08/2006 **Bachiller Técnico Industrial (Especialidad Mecánica Automotriz)**
Instituto Tecnológico Superior Central
Técnico Quito - Ecuador

EXPERIENCIA LABORAL

- 21/10/2019–Presente **Analista de Planificación Territorial**
Secretaría de Territorio, Hábitat y Vivienda, Quito (Ecuador)
- Coordinador del componente de movilidad para el análisis y desarrollo del modelo territorial actual, que forma parte del Plan Metropolitano de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del DMQ.
 - Modelos geográficos de análisis concluyentes para la toma de decisiones en función de hipótesis y escenarios.
 - Elaboración de base de datos geográficos que contiene toda la información necesaria para el desarrollo Plan de Uso y Gestión del Suelo del DMQ (PUGS).
 - Intervención en el desarrollo de los componentes estructurante y urbanístico del Plan de Uso y Gestión del Suelo del DMQ (PUGS).
- 15/09/2019–18/10/2019 **Especialista en Transporte**
YES INNOVATION, Quito (Ecuador)
- Integrante del equipo ganador de la primera fase del proyecto "Corredor Metropolitano de Quito". Elaboración de estrategias de movilidad sostenible.
- 01/01/2019–31/05/2019 **Planificador Territorial - Becario**
Universidad Politécnica de Valencia, Valencia (España)
- Participación en el proyecto de Planificación Territorial en cooperación Ecuador – España con título: Estudio de la relación entre el coste del suelo y la vulnerabilidad. Efectos sobre los patrones de ocupación. Proyecto entre la Universidad de Cuenca, Universidad Politécnica de Valencia y el Municipio de Cuenca.

- Modelamientos descriptivos y explicativos de la dinámica de expansión de la ciudad mediante la utilización de datos geográficos y mapas temáticos.
- Generación de modelos de accesibilidad y conectividad de la infraestructura vial en el cantón Cuenca, en función del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial y el Plan de Movilidad y Espacios Públicos.
- Asesoramiento Gis (online) a técnicos investigadores de la Universidad de Cuenca con el fin de mantener actualizadas las bases de datos geográficas generadas.
- Manejo de softwares de simulación y modelación de tráfico tales como Aimsun y Transus.

26/07/2016–21/02/2017

Técnico en Transporte y Movilidad

Agencia de Ecología Urbana de Barcelona (España) - AOC Ingeniería, Quito (Ecuador)

- Participación en el proyecto de "Reestructuración de la Red de Transporte Público de Pasajeros del Distrito Metropolitano de Quito". elaborado por la Agencia de Ecología Urbana de Barcelona.
- Estudio de demanda de pasajeros y tráfico del transporte público (tiempos de recorrido y velocidades, aforos subidas y bajadas de pasajeros, aforos de tráfico, estudio de origen y destino).
- Desarrollo de rutas óptimas a través de herramientas geo-informáticas (ArcGis, Qgis) y postproceso de información tomada en campo mediante aplicaciones móviles (TransitWand).
- Modelación de tráfico y transporte mediante el uso de la herramienta basada en Sistemas de Información geográfica (TranCAD).

13/05/2015–15/06/2016

Técnico Cartográfico

AOC Ingeniería, Quito (Ecuador)

- Digitalización y Restitución de fotografías aéreas para la generación de nueva cartografía escala 1:1000, para el Proyecto "Multipropósito Río Verde – Esmeraldas".
- Levantamiento de información topográfica mediante fotogrametría con drones y RTK
- Manejo de software GIS para la edición e interpretación de datos LIDAR (nube de puntos) y generación de modelos digitales del terreno y ortofotos.
- Modelación hidrológica de la cuenca (alta y media) del Río Verde.

23/03/2015–10/04/2015

Técnico GIS

Gobierno Autónomo Descentralizado Rumiñahui (GADMUR), Sangolquí (Ecuador)

- Levantamiento de campo de información vial y de señalética de calles.
- Digitalización de nuevas vías mediante el uso de sistemas de información geográfica para la actualización del catastro vial del cantón Rumiñahui.
- Creación de bases de datos geográficas.

02/01/2014–31/03/2014

Técnico GIS

Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca, Quito (Ecuador)

- Participación en procesos enfocados a la planificación y la ordenación territorial.
- Estandarización de la información geográfica de los mosaicos bajo un mismo sistema de referencia (WGS84) y generación de base de datos geográfica.
- Salida de campo para realizar el levantamiento Georeferencial de las comunidades asentadas en la Franja Diversidad y Vida.

01/04/2013–16/08/2013

Servidor Público de Apoyo 2

Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca, Quito (Ecuador)

- Elaboración de Informes Técnicos previas a inspecciones realizadas en campo.
- Manejo de bases de datos geográficas además del uso de sistemas de información geográficas tales como ArcGIS y QGIS para la gestión de tierras de predios legalizados.
- Levantamientos topográficos a través del manejo de estación total, GPS de precisión y técnicas RTK.
- Asistir y apoyar en la elaboración y revisión de planimetrías de tipo CAD y GIS, de predios en proceso de titulación.

12/03/2012–14/09/2012

Técnico Ambiental

Empresa Eléctrica Quito S.A, Quito (Ecuador)

- Diagnóstico de las potencialidades productivas y sociales en función del desarrollo territorial en diferentes GADs.
- Verificación del cumplimiento de las normas ambientales vigentes de obras realizadas en campo.
- Elaboración de fichas ambientales y seguimiento a planes de manejo ambiental.
- Participación en la planificación del mantenimiento de cuencas hídricas.

COMPETENCIAS PERSONALES

Lengua Materna
Idioma Extranjero

Español
Inglés
Dominio del idioma hablado: Nivel B1
Dominio del idioma escrito: Nivel B1

Certificado:

Suficiencia en el Idioma Inglés Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.

Competencias comunicativas

- Aptitudes adquiridas como capacitador de programas geo-informáticos.
- Buenas facultades comunicativas adquiridas durante mi experiencia al trabajar con personas de distintas comunidades rurales.
- Trabajo en equipo.

Competencias relacionadas
Con el empleo

- Alta capacidad para el control de calidad de procesos.
- Elaboración de cartografía base y temática.
- Estructuración de datos espaciales (Geodatabase).
- Conocimientos sobre reglamentos de tránsito y transporte terrestre.
- Manejo de Planes de Movilidad Urbano sostenibles (PMUS).
- Buen dominio de Infraestructura de Datos Espaciales (IDE).

Competencia digital

Microsoft Office

Nivel: Intermedio

IBM SPSS

Nivel: Principiante

AutoCAD

Nivel: Intermedio

ArcGIS

Nivel: Intermedio

QGIS

Nivel: Intermedio

gvSIG

Nivel: Intermedio

Aimsun

Nivel: Intermedio

TRANUS

Nivel: Principiante

TransCAD

Nivel: Principiante

DepthmapX

Nivel: Intermedio

CityEngine

Nivel: Principiante

Permiso de conducir

B

INFORMACIÓN ADICIONAL

Presentaciones

Expositor en el evento de difusión Científica "ESPE INVESTIGA 2017" con el Tema: Modelamiento de distribución espacial del vector Aedes aegypti transmisor del virus zika en el Ecuador continental, mediante la aplicación de herramientas geo-informáticas.

Ponente Congreso Iberoamericano Ciudad Sostenible 2019 título "Retos para el desarrollo de una ciudad sostenible en Cuenca (Ecuador)"

Tesis Maestría

Propuesta de Uso y Mejora de la ciclovía en el Distrito Metropolitano de Quito-Ecuador.

Clases

Estudiante de Máster en Dirección y Gestión de Proyectos
Universidad Politécnica de Valencia UPV – 2018
Duración 1 bimestre.

- Cursos**
- Curso de Machine Learning + IoT**
Saturdays.AI Quito – junio 2020
Duración 50 horas.
 - Curso de gvSIG aplicado al Medio Ambiente y la Agricultura**
Universidad Politécnica de Valencia UPV – noviembre 2018
Duración 6 horas.
 - Curso de ArcGIS Básico**
Instituto Espacial Ecuatoriano - marzo 2013
Duración 40 horas.
 - Curso de ArcGIS Intermedio**
Instituto Espacial Ecuatoriano - marzo 2013
Duración 40 horas.
 - Curso de ArcGIS Avanzado**
Instituto Espacial Ecuatoriano - mayo 2013
Duración 40 horas.
 - Curso de Excel: Niveles Básico, Intermedio y Avanzado**
Kapacittplus (Escuela Politécnica Nacional) - Julio 2013
Duración 30 horas
- Seminarios**
- Seminario de Aplicaciones Tecnológicas con Imágenes Satelitales de Última Generación**
Agroprecisión (Pontificia Universidad Católica del Ecuador) - abril 2013
Duración 5 horas.
- Conferencias**
- V Jornada sobre Ciudades Seguras, Sostenibles e Inteligentes**
Universidad Politécnica de Valencia UPV – febrero 2018
Duración 6.5 horas.
 - Segundo Foro mundo UNIGIS 2014**
Universidad San Francisco – octubre 2014
Duración 10 horas.

REFERENCIAS

Ph.D. Eric Gielen
Profesor Contratado Doctor - Departamento de Urbanismo
Universidad Politécnica de Valencia UPV
Teléfono: (+34) 606126057

Ing. Oswaldo Padilla
Docente Investigador del Departamento de Estudios Geoespaciales
Universidad de las Fuerzas Armadas
Teléfono: (+593) 984321070

Ing. José Morocho
Gerente de Proyectos
Consultora AOC Ingeniería
Teléfono: (+593) 984431241

Ing. Santiago Jumbo
Servidor Público
Instituto Oceanográfico de la Armada
Teléfono: (+593) 995564182



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ETS INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS

TRABAJO DE FIN DE MASTER

PROPUESTA DE USO Y MEJORA DE LA CICLOVÍA EN EL
DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO-ECUADOR

Presentado por

Balseca Carrera, Mario Bolívar

Para la obtención del

Master Universitario en Transporte, Territorio y Urbanismo

Curso: 2017/2019

Fecha: Mayo/2019

Tutor: Jordi Esparza Soria





DEDICATORIA

A Dios por darme la fortaleza y guiarme en cada paso que doy, además de darme la oportunidad de vivir un día más acompañado de mi familia.

A mi padre por haber apostado una vez más en mí y darme la confianza de salir al mundo y vivir experiencias nuevas; siempre brindándome su apoyo incondicional.

A mi madre que, a pesar de estar a miles de kilómetros de distancia, siempre me ha acompañado en esta travesía brindándome sus bendiciones y su amor infinito.

A mis hermanas por siempre brindarme un consejo oportuno y enviarme buenas vibras a cada momento.

A mi hijo de cuatro patas, amigo, compañero por casi 12 años; donde quiera que estés solo quiero que sepas fuiste el mejor, gracias, Mimito Cuscús por todas las alegrías que me diste. 🐾

Mario B.



AGRADECIMIENTO

A mi familia por todo el apoyo que me han brindado este aventura, son lo mejor del mundo mundial.

A la Universidad Politécnica de Valencia, en especial a la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos y todos sus docentes por transmitirme el conocimiento necesario para alcanzar este logro.

A mi tutor de TFM Jordi Esparza por brindarme las directrices necesarias para que el presente proyecto concluya satisfactoriamente.

A los Profes Eric, Sergio, Sebastián y Javier, muchas gracias por compartirme su conocimiento y experiencia.

A mi grupo de "Favelados" definitivamente son las mejores personas que Valencia me pudo dar la oportunidad de conocer; gracias, chicas por el cariño y el apoyo que brindaron, como les dije alguna vez, los amigos son la familia que uno escoge y eso lo son para mí.

Mario B.



TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	8
ABSTRACT.....	9
INTRODUCCIÓN	10
1 ANTECEDENTES.....	11
2 OBJETIVOS.....	11
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	11
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	11
3 ESTADO DEL ARTE.....	12
3.1 Movilidad en el Distrito Metropolitano de Quito.....	12
3.1.1 Transporte Público	13
3.1.2 Calidad de Servicio	15
3.1.3 Otros sistemas de Transporte Publico	16
3.1.4 Índice de Accidentes de Tránsito	17
3.2 Actores Viales.....	18
3.2.1 Peatones	18
3.2.2 Pasajeros	19
3.2.3 Ciclistas	19
3.2.4 Conductores de vehículos Motorizados	20
3.2.5 Jerarquía de los Actores viales.....	20
3.2.6 Normas de convivencia entre los Actores Viales.....	21
3.3 La Bicicleta y Movilidad Sostenible	21
3.3.1 Sistemas de Bicicleta Publica.....	22
3.3.2 Factores influyentes para la implantación del SBP.....	26
3.3.3 Limitaciones del Uso de Bicicleta.....	28
3.4 CICLOVÍAS	28
3.4.1 Tipologías de Ciclovías.....	29
3.4.2 Condiciones para la construcción de una Ciclovía.....	32
3.4.3 Señalización	36
3.4.4 Pavimento	40
3.4.5 Cicloparqueaderos (Estacionamientos).....	43
3.4.6 Elementos de Protección.....	44
3.5 Sistemas de Información Geográfica (SIG)	45
3.5.1 SIG y Planificación ciclovial.....	45
3.5.2 Localización óptima de Elementos geográficos.....	46
3.5.3 Análisis de Redes	47
4 METODOLOGÍA	48
4.1 Datos de Geográficos de partida	49
4.1.1 Ciclovías Actuales.....	50



4.1.2	Accidentabilidad	53
4.2	Diseño y análisis de la red.....	55
4.2.1	Actualización y Normalización de la malla vial.....	55
	4.2.2 Pendientes	56
	4.2.3 Velocidad	59
4.2.4	Carga de la red (Transporte público).....	64
	4.2.5 Iluminación	66
4.3	Análisis de demanda potencial ciclista.....	68
4.3.1	Generación de viajes	77
4.3.2	Atracción de viajes	78
4.3.3	Demanda Total de Viajes	79
4.3.4	Análisis de Intermodalidad	85
4.3.5	Ajuste de la localización de los candidatos	87
4.4	Generación de modelos de rutas óptimas ciclistas	88
4.4.1	Primera modelo: Composición de la ciclovia en función a 2 Puntos base de demanda ciclista cercanos	88
4.4.2	Segunda modelo: Composición de la ciclovia en función a 5 Puntos base de demanda ciclista cercanos	89
4.4.3	Tercera modelo: Composición de la ciclovia en función a 10 Puntos base de demanda ciclista cercanos	90
4.4.4	Caracterización del modelo de ruta ciclista óptima en el DMQ.....	92
4.5	Localización óptima de aparcamientos y estaciones SBP	94
4.5.1	Accesibilidad y Escenarios.....	94
4.5.2	Análisis de costes (tiempo y distancia) de las estaciones del SBP.....	97
5	RESULTADOS	102
5.1	Especificaciones y etapas de la propuesta.....	102
5.2	Automatización del SBP	104
5.3	Presupuesto	107
6	CONCLUSIONES	110
7	RECOMENDACIONES	111
8	BIBLIOGRAFÍA.....	112



LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Viajes realizados al Hipercentro del DMQ	12
Figura 2. Sistema Público Metropolitano de Transporte	13
Figura 3. Línea 1 Metro de Quito	16
Figura 4. Mapa de Estaciones BiciQuito	17
Figura 5. Jerarquización de Actores Viales	21
Figura 6. Diseño estratégico de un sistema público de alquiler de bicicletas	23
Figura 7. Modalidad en el Sistema de Bicicletas Públicas	23
Figura 8. Elementos Bicicleta Pública	24
Figura 9. Redes de Acceso Principal y Local	28
Figura 10. Carril Segregado	30
Figura 11. Carril Bicicleta	30
Figura 12. Carril compartido Tipo I	31
Figura 13. Carril compartido Tipo II	31
Figura 14. Dimensiones conjunto bicicleta y ciclista	32
Figura 15. Premisas de Diseño Intersecciones	34
Figura 16. Semáforo para ciclistas	39
Figura 17. Estacionamiento "Universal" Bicicleta	43
Figura 18. Elementos de Protección	44
Figura 19. Sistemas de Información Geográfica	45
Figura 20. Mapa de Ciclovías y Estaciones Buenos Aires	46
Figura 21. Elementos de una Red	47
Figura 22. Ubicaciones óptimas para un comercio	48
Figura 23. Esquema metodológico	49
Figura 24. Infraestructura Ciclista DMQ	50
Figura 25. Situación actual de la ciclovía del DMQ en función de las estaciones del SBP	52
Figura 26. Accidentabilidad ciclista y peatonal en el DMQ	54
Figura 27. Infraestructura vial actualizada del DMQ	56
Figura 28. Pendientes de la red vial del DMQ	58
Figura 29. Gráfico velocidad – Pendiente	61
Figura 30. Velocidad ciclista de la red vial del DMQ	63
Figura 31. Carga de la red (Transporte público) del DMQ	65
Figura 32. Iluminación vial del DMQ	67
Figura 33. Principales razones de desuso de Bicicletas propias y del SBP	68
Figura 34. Número de viajes diarios en bicicleta en Quito	69
Figura 35. Edad de los participantes de la 1ra Encuesta Nacional del Ciclista Urbano	70
Figura 36. Nivel de educación de los participantes de la 1ra Encuesta Nacional del Ciclista Urbano	70
Figura 37. Ocupación de los participantes de la 1ra Encuesta Nacional del Ciclista Urbano	71
Figura 38. Ingresos del Hogar de participantes de la 1ra Encuesta Nacional del Ciclista Urbano	71
Figura 39. Zonas Generadoras de viajes en el DMQ	77
Figura 40. Zonas Atractoras de viajes en el DMQ	78
Figura 41. Zonas Generadoras y Atractoras de viajes (Centro de Quito)	79
Figura 42. Clasificación de Bases del SBP en el DMQ	81
Figura 43. Mean Center ArcGis	84



Figura 44. Puntos de Demanda Ciclista Parcial en el DMQ	85
Figura 45. Análisis de Intermodalidad en el DMQ	86
Figura 46. Puntos base de demanda ciclista en el DMQ	87
Figura 47. Composición de la ciclovia en función a 2 Puntos base de demanda ciclista cercanos	89
Figura 48. Composición de la ciclovia en función a 5 Puntos base de demanda ciclista cercanos	90
Figura 49. Composición de la ciclovia en función a 10 Puntos base de demanda ciclista cercanos	91
Figura 50. Caracterización de la ciclovia óptima en el DMQ	93
Figura 51. Zonificación de la ciclovia óptima en el DMQ.....	94
Figura 52. Accesibilidad a puntos base de demanda ciclista en el DMQ.....	96
Figura 53. Análisis de costes (distancia-tiempo) de las estaciones del SBP en el DMQ	101
Figura 54. Distribución del tipo de estaciones del SBP en el DMQ	102
Figura 55. Imagen referencial de la propuesta del SBP “BiciQuito”	107



LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Demanda de Transporte Pública DMQ	14
Tabla 2. Demanda de Transporte Pública DMQ	15
Tabla 3. Registro de Accidentes DMQ	17
Tabla 4. Indicadores Medioambientales de medios de transporte.....	22
Tabla 5. Condiciones Sistema Manual.....	25
Tabla 6. Condiciones Sistema Automático	26
Tabla 7. Características para la implementación del SBP 	27
Tabla 8. Parámetros de Diseño Geométrico de una Ciclovia	33
Tabla 9. Tipos de Intersecciones	35
Tabla 10. Distancia de la señal en función de la velocidad de aproximación	36
Tabla 11. Tipo de Señales verticales	37
Tabla 12. Tipo de señales horizontales.....	38
Tabla 13. Características de los componentes que conforman el pavimento	41
Tabla 14. Características de los Tipos de pavimentos.....	42
Tabla 15. Análisis de infraestructura actual y proyectada del DMQ.....	51
Tabla 16. Situación Actual ciclovías y SBP.....	53
Tabla 17. Longitudes máximas de arcos con pendientes >5%	57
Tabla 18. Pendientes de la Red vial de DMQ	59
Tabla 19. Análisis de Pendiente Tramo CCI- Av. Patria	60
Tabla 20. Estudio muestral multitemporal de conteos fotográficos de viajes en bicicleta en Quito (Av. Carrión y Av. Amazonas)	69
Tabla 21. Uso y frecuencia de la bicicleta en el DMQ.....	72
Tabla 22. Infraestructura ciclista en el DMQ.....	74
Tabla 23. Percepciones y recomendaciones para el uso y mejora de la Infraestructura ciclista del DMQ	75
Tabla 24. Percepción del Sistema de Bicicleta Pública “BiciQuito”.....	76
Tabla 25. Ciclovías Propuestas e inconvenientes.....	92
Tabla 26. Correspondencia entre distancia recorrida y accesibilidad a instalaciones caminando	95
Tabla 27. Área de servicio de los Puntos base de demanda ciclista.....	97
Tabla 28. Estaciones propuestas del SBP.....	97
Tabla 29. Especificaciones de la Infraestructura ciclista mejorada.....	102
Tabla 30. Etapas de implementación de ciclovías.....	104
Tabla 31. Cálculo de Estaciones, bicicletas y anclajes.....	105
Tabla 32. Estimación de bicicletas por anclaje de acuerdo con la demanda	105
Tabla 33. Especificaciones Técnicas SBP automático	106
Tabla 34. Presupuesto Infraestructura Ciclista.....	108
Tabla 35. Presupuesto automatización SBP en Quito	109



RESUMEN

Durante los últimos años en el Distrito Metropolitano de Quito, ha aumentado de manera acelerada el parque automotor y a la par la preocupación por la contaminación atmosférica que esto provoca. Por tal motivo al igual que muchas ciudades de la región se ha venido impulsando en la ciudad el uso de modos de transporte sostenibles, a través de la generación de planes, programas y proyectos; entre los más emblemáticos se encuentra la Línea 1 del Metro de Quito que se inaugurará a finales de 2019 y en una menor escala, la red ciclista y el Sistema de Bicicletas Públicas; la cual esta última se encuentra focalizada y diseñada para cubrir únicamente el “Hipercentro” de la ciudad donde se concentra la mayor cantidad de equipamientos urbanos públicos y privados, así como fuentes de trabajo, dejando sin cobertura a gran parte de la ciudad donde se ha demostrado que existe demanda de infraestructura ciclista. La presente investigación buscó generar un modelo de ciclovías óptimas, cómodas y seguras que se adapten a la red ciclista actual y al entorno de la ciudad; además se propone repotenciar el Sistema de Bicicletas Públicas mediante la generación de nuevas estaciones de préstamo de bicicletas consiguiendo así, una mayor accesibilidad y una equitativa distribución geográfica de los recursos. La metodología aplicada parte de la integración de diferentes variables físicas y sociales que responden a realidades territoriales en cuanto a movilidad. Esta integración de información se la realizó mediante la aplicación de herramientas de Sistemas de Información Geográficas (SIG) que a su vez permitieron interpretar la información espacial, la generación de modelos de rutas ciclistas óptimas y la localización de puntos de demanda ciclista. Como resultado, la presente propuesta demostró que se puede mejorar la movilidad sin realizar grandes inversiones, beneficiando así, a la mayor parte de la población en especial a quienes diariamente se movilizan en bicicleta y transporte público. Sin embargo, los modelos planteados son únicamente aproximaciones de modelos más complejos, ya que en posteriores investigaciones se podría integrar estudios puntuales como: flujo vehicular, amplitud exacta de las vías, entre otros.

PALABRAS CLAVES: SOSTENIBILIDAD, INFRAESTRUCTURA CICLISTA, REPOTENCIACIÓN, BICICLETA, SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.



ABSTRACT

During the last years in the Metropolitan District of Quito, the automotive fleet has increased rapidly, as well as the concern for the atmospheric pollution that this raise causes. For this reason, the use of sustainable modes of transport has been promoted in the city through the generation of plans, programs and projects; as many cities in the region has already done. Among the most emblematic plans are the First Metro Line of Quito that will be inaugurated at the end of 2019, and on a smaller scale, the cyclist network and the Public Bicycle System. These projects are focused and designed to cover only the “Hypocenter” of the city, where the greatest amount of public and private urban equipment is concentrated, along with important areas of economic development for the city; however, it has been shown that the demand for bicycle infrastructure goes beyond these borders. Therefore, the present investigation sought to generate models of optimal, comfortable and safe cycle paths that are adapted to the current cyclist network and the city environment; In addition, it has been proposed to upgrade the current Public Bicycle System by generating new bicycle stations, thus, it was possible to achieve greater accessibility and an equitable geographic distribution of resources. The methodology applied is based on the integration of different physical and social variables that respond to territorial realities in terms of mobility. This integration of information was made through the application of Geographical Information Systems (GIS) tools that also allowed to read into of spatial information, generate optimal cycle route models and locate cyclist demand points. As a result, the present proposal showed that mobility can be improved without making large investments, consequently benefiting most of the population, especially those who daily make use of bicycles and public transport. Nevertheless, the proposed models are only approximations of more complex models, since in subsequent investigations it would be possible to integrate specific studies such as: vehicular flow, exact amplitude of the roads, among others.

KEY WORDS: SUSTAINABILITY, CYCLING INFRASTRUCTURE, UPGRADE, BICYCLE, GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS.



INTRODUCCIÓN

Alrededor del mundo durante los últimos años se ha ido incrementando de manera acelerada, el número de vehículos motorizados en las vías y a la par la preocupación por la contaminación atmosférica que esto provoca. Actualmente numerosos países han apostado por la promoción de medios de transporte sostenibles y saludables, en particular el uso de la bicicleta como alternativa de movilidad urbana; ciudades europeas como Berlín, París, Barcelona, Madrid y conjuntamente con ciudades pertenecientes a la región como Santiago de Chile, Buenos Aires y Bogotá son pioneras en la desarrollo de nuevas instalaciones de redes ciclistas en vías públicas, siendo estos, espacios seguros y eficientes diseñados para que el ciclista se sienta en confort, estimulándolo de esta manera hacia el cambio de modos de transporte no motorizado, mejorando así, el ambiente y la recuperación del espacio público.

La ciudad Quito cuenta con 1.619.432 habitantes, pero en el cantón homónimo o simplemente llamado el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) viven 2.239.191 habitantes, por su parte desde el año 2003 hasta la actualidad implementa el ciclopaseo a lo largo de la ciudad pues este consiste en una ruta ciclista que se encuentra cerrada al tráfico todos los domingos, cubriendo una extensión aproximada de 30 km, con este proyecto el DMQ da sus primeros impulsos hacia la movilidad sostenible. Para el año 2004 los quiteños disponen de la primera ciclovia del Ecuador la cual conecta los principales polos de atracción, como lo son el Centro Histórico y la antigua estación del trolebús en “La Y”, además de la conexión entre la Universidad Central del Ecuador con las Universidades: Politécnica Nacional, Politécnica Salesiana y Católica; tiene una extensión actual de 88 kilómetros de longitud, principalmente localizada en el Hipercentro de Quito.

Cronológicamente para los años 2008 - 2009 se crea el primer “Manual de Espacio Público de Quito” y el “Plan Maestro de Movilidad para el Distrito Metropolitano de Quito 2009 – 2025” donde se exponen las primeras especificaciones técnicas con las que se debe construir una infraestructura ciclista, además de comenzar a tomar en cuenta al ciclista como parte de la movilidad en la ciudad. Para el año 2011 el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito llevó a cabo una encuesta de movilidad previa a la construcción de la primera línea del Metro de Quito los resultados revelaron que en la urbe se realizan alrededor de 4,6 millones de viajes promedio en un día laborable; de este total, el 15,3% de la población camina, y apenas un 0,3%, correspondiente a 14.500 viajes, utiliza la bicicleta como medio de transporte.

Un año más tarde en el 2012 se crea el “Plan Nacional de Cicloviás” y consigo se establecen tanto derechos como obligaciones para los ciclistas en el Ecuador y en el mismo año se implementa la Bicicleta Pública en Quito llamado BiciQ (actual BiciQuito), el cual registró un total de 9.228 usuarios de los cuales apenas el 37% habría retirado su carnet; sin embargo según la Agencia Metropolitana de Tránsito (AMT) informó que en la actualidad para febrero 2019 el número de usuarios registrados en este sistema, es decir, que cuentan con un carné especial que les habilita el uso de la bicicleta pública es de 6.549 usuarios; hoy en día el sistema cuenta con 613 bicicletas de las cuales 317 son convencionales (normales) y 296 eléctricas distribuidas en un total de 25 estaciones manuales de las cuales 392 son operativas, 123 en mantenimiento correctivo, 25 en mantenimiento preventivo y 62 de reserva; el periodo de préstamo es de 45 minutos. Finalmente para los años 2017- 2018 los centros de investigación como el Observatorio de la Producción del Territorio Ecuatoriano y LactaLAB pertenecientes a dos de las principales universidades del país determinaron a través de la 1ra Encuesta Nacional del Ciclista Urbano, la perspectiva del ciclista urbano y las falencias de la infraestructura ciclovia como, la falta de continuidad de rutas, el mal



diseño de la red el cual que no se adapta a sus necesidades, etc. En cuanto al SBP se expuso que existe una limitada cobertura territorial del servicio. La ampliación de la oferta a través de la extensión de BiciQuito se torna necesaria para satisfacer la demanda actual y generar un incremento de la demanda inducida. La escasa disponibilidad de bicicletas en aquellas estaciones emisoras y falta de cultura de respeto hacia el ciclista, incide en la marcada desigualdad entre los actores viales.

1 ANTECEDENTES

El Distrito Metropolitano de Quito cuenta con alrededor de 650 mil vehículos transitando diariamente por todo su territorio cuya área es 372,4 km²; relativamente una ciudad pequeña que, al estar a 2.800 metros sobre el nivel de mar, expelen mayor cantidad de contaminantes en el proceso de combustión, debido a que hay menos oxígeno; causando de esta manera uno de los principales problemas con el que cuenta la urbe. Un estudio realizado por la consultora de transporte Inrix, denominado Global Traffic Scorecard del 2016, señala que en la capital los conductores pierden aproximadamente 28 horas al año atascados en el tráfico.

En vista de esta situación la alcaldía de Quito se ha sumado a impulsar la movilidad sostenible en la ciudad mediante el uso de la bicicleta como alternativa viable a los problemas que ocasiona un parque motor imponente en las vías; fruto de la importancia que se le ha otorgado a los vehículos motorizados en el sistema de transporte, pues socialmente se tiene el concepto que un automóvil es un elemento generador de estatus social. Sin embargo, en encuestas realizadas en los últimos años a ciclista urbanos sobre su percepción de acuerdo con la infraestructura ciclista actual, refleja inconformidad debido a cuestiones de diseño, intermodalidad e interconexión de la red ciclovial. Además de la inexistencia de una voluntad política constante que concientice a la población sobre el impacto positivo que produce del movilizarse en bicicleta en los territorios, no existen o son escasas las acciones de mejora de la infraestructura ciclista actual.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Proponer un sistema repotenciado de ciclovía segura y cómoda en el Distrito Metropolitano de Quito-Ecuador, que a su vez se adapte al entorno de la ciudad.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Analizar el estado actual de las ciclovías del Distrito Metropolitano Quito.
- Determinar cuál es la relación de convivencia entre los actores viales (peatones, ciclistas y conductores).
- Definir posibles mejoras a la red de ciclovías existente en cuanto a diseño e infraestructura.
- Justificar el uso de la bicicleta pública como medio de transporte urbano sostenible, mediante propuestas que mejoren el sistema actual, tales como la creación de nuevas estaciones y la automatización de este.

3 ESTADO DEL ARTE

3.1 Movilidad en el Distrito Metropolitano de Quito

Según datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos, el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) cuenta con una población de 2.239.191 habitantes, que para el año 2014 generó un total global de 4'600.000 viajes, los cuales se distribuyeron en distintos modos de transporte, siendo el más utilizado el transporte público con un 61,3%, seguido del transporte privado con un 23% y finalmente con un 15,3% y 0,3% caminando y en bicicleta respectivamente.

La mayor cantidad de equipamientos urbanos de Distrito Metropolitano de Quito se encuentra en el hipercentro de la ciudad pues conforma la zona que concentra entidades públicas y privadas, así como fuentes de trabajo y áreas residenciales; es la que mayor atracción de viajes que se genera en el DMQ, es decir el 60% del total de viajes que se realiza en toda la ciudad tienen como origen y destino esta zona, como se muestra en la siguiente Figura 1:

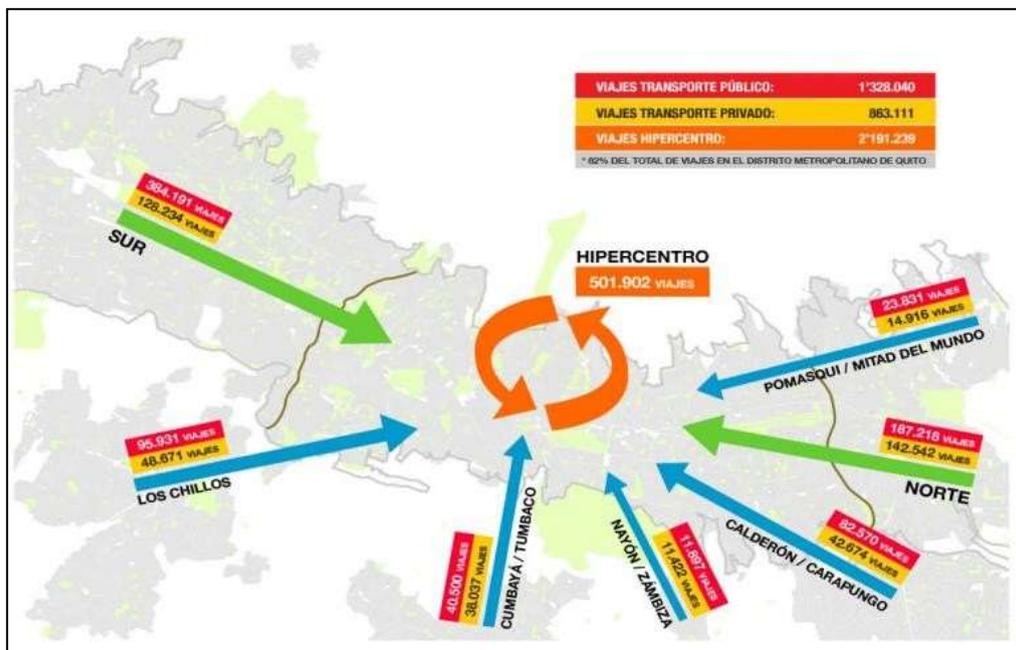


Figura 1. Viajes realizados al Hipercentro del DMQ

Fuente: (Secretaría de Movilidad DMQ, 2014)

Otro aspecto evidente dentro del ámbito de la movilidad en el DMQ es el crecimiento acelerado del parque vehicular, pues estudios revelan que en los últimos 10 años ha tenido variaciones anuales que oscilan entre el 5% y 10%, lo que ha significado la incorporación entre 15.000 y 35.000 vehículos por año, índices que siempre son crecientes; esta tendencia permite estimar que para el año 2030 se tendría un parque de aproximadamente de 1'150.000 vehículos, situación que podría ser insostenible para gestionar la movilidad (Secretaría de Movilidad DMQ, 2014).

Estas condiciones tienen su efecto negativo sobre la limitada capacidad vial que se va reduciendo y acercándose al límite de manera paulatina, mientras se van agravando las congestiones de tráfico en la ciudad (Secretaría de Movilidad DMQ, 2014).

3.1.1 Transporte Público

Debido al incremento del parque automotor, los ciudadanos utilizan mayores tiempos para realizar sus viajes, pues se ha determinado que esos tiempos promedio se han incrementado en un orden aproximado del 7% respecto de los registros en el año 2008, pues las velocidades de viaje han pasado de 19,9 km/h a 14,1 km/h, excepto en las troncales de servicio público de los corredores integrados BRT (ver Figura 2), en donde la velocidad promedio de viaje se mantiene constante de manera general en 19,8 km/h debido a sus condiciones de circulación exclusiva en los carriles segregados (Secretaría de Movilidad DMQ, 2014).



Figura 2. Sistema Público Metropolitano de Transporte

Fuente: (Secretaría de Movilidad DMQ, 2014)

En cuanto a otros modos de transporte, se identificó la baja participación correspondiente a los viajes en bicicleta en la distribución modal de los viajes diarios en el DMQ, pues apenas llega al 0,3% (14.500 viajes/día), lo cual refleja que este modo de transporte aún no tiene mayor acogida entre los ciudadanos debido a la deficiente infraestructura con la que se cuenta. Sin embargo, en el año 2012 se implementó en Quito el servicio de bicicleta pública “biciQuito”, esta situación está cambiando positivamente tanto en el número de viajes o etapas como en la concepción de la ciudadanía respecto de este modo de transporte (Secretaría de Movilidad DMQ, 2014).

3.1.1.1 Oferta

El transporte público en el Distrito Metropolitano de Quito cuenta con 3.131 unidades (buses “tipo”, articulados, trolebuses y minibuses), distribuidos en 60 operadoras (59 privadas y 1 municipal), de los cuales el 90% son buses convencionales y el restante 10% son buses articulados y trolebuses que operan en las troncales de los corredores BRT (ver Tabla 1); este conjunto de unidades tienen una capacidad global de alrededor de 100.000 pasajeros/día, dicha oferta que no se equipara con la estimación del crecimiento de la demanda asociada al uso del transporte público, que está en el orden del 23%, el cual corresponde a una demanda de aproximadamente 125.000 viajes/día, lo cual no puede ser atendida en su totalidad por los actuales servicios regulares de transporte público (Secretaría de Movilidad DMQ, 2014).



Tabla 1. Demanda de Transporte Pública DMQ

Tipo de Unidad	Unidades	Servicios	%
Subsistema Convencional			
	1542	Urbanos	
Buses Convencionales	379	Inter e Intra Parroquiales	61
	1921		
Subsistema BRT -Corredor Metrobús-Q			
	70	Central - Trolebús	
	130	Sur Oriental – Ecovía	
Buses Alimentadores	400	Central Norte	29
	301	Sur Occidental	
	901		
	113	Central - Trolebús	
Trolebuses y Buses Articulados	122	Central Norte	10
	74	Sur Occidental	
	309		
Total	3131		100

Fuente: (Secretaría de Movilidad DMQ, 2014)

A pesar de los importantes esfuerzos que ha realizado el sector público para satisfacer el servicio de transporte, este sigue siendo deficiente, tanto en lo referente a la cobertura como en lo concerniente a la calidad del servicio, aspectos que han fomentado el crecimiento de la oferta informal y que lo alejan de ser competitivo frente al vehículo individual, el cual presenta un crecimiento vertiginoso en número y uso; la transportación pública está perdiendo participación en la distribución modal de los viajes motorizados (Secretaría de Movilidad DMQ, 2014).

Las principales causas que se atribuyen al déficit de la oferta y el surgimiento de los servicios informales, radica en aspectos importantes como lo es la falta de aplicación de todo relacionado con el marco regulatorio vigente que no ha facilitado la incorporación de nuevos servicios de transporte público acorde con las nuevas demandas, tanto de capacidad como de cobertura, situación que no ha sido solucionada por la Municipalidad a través de sus órganos competentes; además de, el deficiente control ejercido por parte de las autoridades de turno, quienes incluso ha tenido que dejar activa su operación para no afectar a la población servida por ese tipo de transporte. De este análisis puede deducirse que el parecimiento de la oferta informal es producto de las demandas no satisfechas pues se estima que moviliza alrededor de 60.000 viajes/día, los cuales corresponden aproximadamente al 2% del total de viajes en transporte público en el DMQ (Secretaría de Movilidad DMQ, 2014).



3.1.1.2 Demanda

El Distrito Metropolitano realizó estudios de movilidad para el Proyecto Metro de Quito que se realizaron en el año 2014, los cuales reflejaron que en la ciudad se realizan 2'800.000 viajes en transporte público, donde el subsistema rutas convencionales atiende el 61,4% de la demanda total del DMQ, mientras que el subsistema de corredores integrados BRT (Buses de Tránsito Rápido), atienden el 21,8%. el resto de la demanda corresponde a los servicios especiales de transporte escolar e institucional, que si bien es un transporte de carácter privado, finalmente se lo considera como un servicio de transporte colectivo, razón por la cual se le agrupa dentro de este modo de transporte (Secretaría de Movilidad DMQ, 2014). A continuación, en la Tabla 2 se detalla la distribución de la demanda de los viajes diarios en los distintos subsistemas del transporte público.

Tabla 2. Demanda de Transporte Pública DMQ

<i>Subsistema de Transporte Público</i>	<i>Viajes/Día</i>	<i>%</i>
<i>Rutas Convencionales</i>	1720000	61,4
<i>Troncales BRT – Corredores</i>	400000	14,3
<i>Rutas Alimentadores BRT - Corredores</i>	210000	7,5
<i>Buses escolares e Institucionales</i>	420000	15
<i>Servicios Informales (Busetas, Camionetas)</i>	50	1,8
<i>Totales</i>	2800000	100

Fuente: (Secretaría de Movilidad DMQ, 2014)

3.1.2 Calidad de Servicio

Mediante cierto análisis se ha identificado que solo el 50% de las rutas de servicios convencionales cumple con los horarios y frecuencias establecidas en los títulos habilitantes de circulación; en los corredores integrados BRT es claramente notorio la deficiencia en cuanto a su capacidad, en especial cuando las unidades toman pasajeros en las troncales pues los usuarios deben esperar muchas veces hasta tres o cuatro unidades articuladas para poder ingresar y desplazarse. Como se dijo anteriormente existen varios sectores de la ciudad donde el servicio público es escaso por lo general en periferias urbanas donde apareamiento del transporte informal se hace presente para solventar las necesidades de los habitantes de esos sectores, esta situación denota que la planificación y gestión no han ido de la mano para atender de manera oportuna las nuevas demandas de transportación pública, la cual se ha generado por el crecimiento poblacional y la expansiva ocupación territorial (Perez, 2017).

La deficiente situación que atraviesa el servicio de transporte público, además de lo dicho anteriormente es causado por la falta de decisión de los operadores para trabajar como verdaderas entidades empresariales que les permita actuar de manera profesional y moderna, a fin de tener las mejores condiciones organizacionales y técnicas que les permita ser efectivos y eficientes para garantizar una buena calidad del servicio y reducir costos de operación y mantenimiento (Perez, 2017).

3.1.3 Otros sistemas de Transporte Publico

3.1.3.1 Metro de Quito

El Metro de Quito es el mayor proyecto de movilidad que la ciudad haya emprendido en su historia y tendrá un enorme impacto en el funcionamiento de la capital al constituirse en la columna vertebral del sistema público de transporte (ver Figura 3).

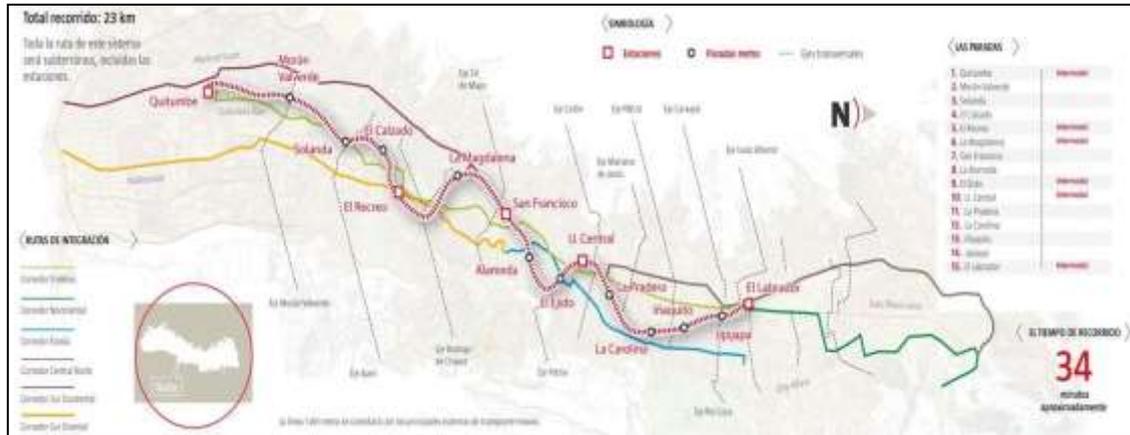


Figura 3. Línea 1 Metro de Quito
Fuente: (Metro, 2017)

La línea 1 de Metro de Quito tendrá una extensión de 22 Km que atravesará la ciudad desde Quitumbe hasta El Labrador, distancia que podrá recorrerse en tan solo 34 minutos. A lo largo de los 22 Km habrá 15 estaciones subterráneas de 150m de largo cada una, es decir, el equivalente a 1.5 canchas de fútbol profesional. La línea 1 de Metro transportará a 400.000 pasajeros por día. La implementación del Metro permitirá una nueva organización del transporte público de Quito que busca disminuir la congestión vehicular, una mejor cobertura de servicios, menos tiempo de traslados y una ciudad más ordenada (Metro, 2017).

3.1.3.2 Sistema de Bicicleta Pública “BiciQuito”

BiciQuito es una alternativa económica y ecológica para transportarnos en la ciudad: La Bicicleta Pública de Quito está disposición de los usuarios; aprovechando de experiencias exitosas en otros países (AMT, 2017), el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito implemento en el año 2012 un sistema de préstamo de bicicletas sin costo para promover el uso cotidiano de la bicicleta, actualmente el sistema consta de 613 bicicletas de las cuales 317 son convencionales (normales) y 296 eléctricas distribuidas en un total de 25 estaciones manuales de las cuales 392 son operativas, 123 en mantenimiento correctivo, 25 en mantenimiento preventivo y 62 de reserva; el periodo de préstamo es de 45 minutos (El Comercio, 2018).

El perímetro de actuación del sistema es en el determinado Hipercentro que abarca la zona del “Centro Histórico” hasta el sector de “La Y” (ver Figura 4) y se planeando expandirse hasta el sur de la ciudad; para acceder al servicio es necesario que el usuario se registre en el sitio web, además de brindar algunos documentos como un contrato de uso, posteriormente se le asigna una credencial para que pueda acceder al sistema (BiciQuito, 2018).



Figura 4. Mapa de Estaciones BiciQuito
Fuente: (BiciQuito, 2018)

3.1.4 Índice de Accidentes de Tránsito

Según registros de la Agencia Nacional de Tránsito se estimó que las principales causas de accidentalidad en tránsito son los atropellos y arrollamientos correspondiente al 56.3% en promedio durante el año 2014 y su tendencia es a incrementarse; en la Tabla 3 que se muestra a continuación se identifica los tipos de accidentes registrados:

Tabla 3. Registro de Accidentes DMQ

<i>Tipo de Accidente</i>	<i>Accidentes Registrados</i>	<i>%</i>
<i>Atropello/Arrollamiento</i>	170	56,3
<i>Caída de Pasajero</i>	4	1,3
<i>Choque</i>	78	25,8
<i>Estrellamiento</i>	22	7,3
<i>Volcamiento</i>	28	9,3
<i>Totales</i>	302	100

Fuente: (Secretaría de Movilidad DMQ, 2014)

Según los agentes del Servicio de Investigación de Accidentes de Tránsito, un 4% de siniestros viales en las rutas consideradas de alta velocidad se da por el denominado factor vía. Por ejemplo, las normas de seguridad refieren que un bache puede ocasionar un percance a partir de 40 cm de profundidad, pues un vehículo que caiga en un agujero a una velocidad de 40 km/h puede perder estabilidad y estrellarse. Adicionalmente otro factor que influye en la accidentalidad es que, en ciertos tramos de la ciudad como la Simón Bolívar, tienen problemas de construcción donde las inclinaciones de las autopistas no son correctas.



3.2 Actores Viales

La Ley Orgánica de Transporte Terrestre Transito Seguridad Vial a través de sus normas legales reconoce los siguientes actores viales:

3.2.1 Peatones

Un peatón, según la Real Academia de la Lengua Española, es una persona que va a pie por una vía pública. El tránsito de peatones en Ecuador está delimitado “por fuera de las zonas destinadas al tránsito de vehículos”.

Derechos de los Peatones

- a) Contar con las garantías necesarias para un tránsito seguro;
- b) Disponer de vías públicas libres de obstáculos y no invadidas;
- c) Contar con infraestructura y señalización vial adecuadas que brinden seguridad;
- d) Tener preferencia en el cruce de vía en todas las intersecciones reguladas por semáforos cuando la luz verde de cruce peatonal esté encendida; todo el tiempo en los cruces cebra, con mayor énfasis en las zonas escolares; y, en las esquinas de las intersecciones no reguladas por semáforos procurando su propia seguridad
- e) Tener libre circulación sobre las aceras y en las zonas peatonales exclusivas;
- f) Recibir orientación adecuada de los agentes de tránsito sobre señalización vial, ubicación de calles y nominativas que regulen el desplazamiento de personas y recibir de estos y de los demás ciudadanos la asistencia oportuna cuando sea necesario;
- g) Las demás señaladas en los reglamentos e instructivos.

Obligaciones de los Peatones

- a) Acatar las indicaciones de los agentes de tránsito y las disposiciones que se dicten;
- b) Utilizar las calles y aceras para la práctica de actividades que no atenten contra su seguridad, la de terceros o bienes;
- c) Abstenerse de solicitar transporte o pedir ayuda a los automovilistas en lugares inapropiados o prohibidos;
- d) Cruzar las calles por los cruces cebra y pasos elevados o deprimidos de no existir pasos cebra, cruzar por las esquinas de las intersecciones;
- e) Abstenerse de caminar sobre la calzada de las calles abiertas al tránsito vehicular;
- f) Abstenerse de cruzar la calle por la parte anterior y posterior de los automotores que se hayan detenido momentáneamente;
- g) Cuando no existan aceras junto a la calzada, circular al margen de los lugares marcados y, a falta de marca, por el espaldón de la vía y siempre en sentido contrario al tránsito de vehículos;
- h) Embarcarse o desembarcarse de un vehículo sin invadir la calle, sólo cuando el vehículo esté detenido y próximo a la orilla de la acera;
- i) Procurar en todo momento su propia seguridad y la de los demás; y,
- j) Las demás señaladas en los reglamentos e instructivos.



3.2.2 Pasajeros

Pasajero es un adjetivo que se emplea de distintas maneras. Por un lado, puede tratarse del término que refiere a una persona que realiza un viaje en algún tipo de medio de transporte, sin ser quien lo conduce y sin formar parte de la tripulación.

Derechos de los Pasajeros

- a) Ser transportados con un adecuado nivel de servicio, pagando la tarifa correspondiente;
- b) Exigir de los operadores la observancia de las disposiciones de la Ley y sus reglamentos;
- c) Que se otorgue un comprobante o etiqueta que ampare el equipaje, en rutas interprovinciales, interprovinciales e internacionales; y, en caso de pérdida al pago del valor declarado por el pasajero;
- d) Denunciar las deficiencias o irregularidades del servicio de transporte de conformidad con la normativa vigente;
- e) Que se respete las tarifas aprobadas, en especial la de los niños, estudiantes, adultos mayores de 65 años y personas con discapacidad; y,
- f) Las demás señaladas en los reglamentos e instructivos.

Obligaciones de los Pasajeros

- a) Abstenerse de utilizar el servicio de transporte público cuando su conductor se encuentre con signos de ebriedad, influencia de estupefacientes o psicotrópicos;
- b) Abstenerse de ejecutar a bordo de la unidad, actos que atenten contra la tranquilidad, comodidad, seguridad o integridad de los usuarios o que contravengan disposiciones legales o reglamentarias;
- c) Exigir la utilización de las paradas autorizadas para el embarque o desembarque de pasajeros, y solicitarla con la anticipación debida;
- d) Abstenerse de ejecutar o hacer ejecutar actos contra el buen estado de las unidades de transporte y el mobiliario público;
- e) En el transporte público urbano ceder el asiento a las personas con discapacidad, movilidad reducida y grupos vulnerables;
- f) No fumar en las unidades de transporte público;
- g) No arrojar desechos que contamine el ambiente, desde el interior del vehículo; y,
- h) Las demás señaladas en los reglamentos e instructivos.

3.2.3 Ciclistas

Toda persona facultada para maniobrar una bicicleta, la cual usa como medio de transporte o entretenimiento.



Derechos de los Ciclistas

- a) Transitar por todas las vías públicas del país, con respeto y seguridad, excepto en aquellos en la que la infraestructura actual ponga en riesgo su seguridad, como túneles y pasos a desnivel sin carril para ciclistas, en los que se deberá adecuar espacios para hacerlo;
- b) Disponer de vías de circulación privilegiada dentro de las ciudades y en las carreteras, como ciclo vías y espacios similares;
- c) Disponer de espacios gratuitos y libres de obstáculos, con las adecuaciones correspondiente, para el parqueo de las bicicletas en los terminales terrestres, estaciones de bus o similares;
- d) Derecho preferente de vía o circulación en los desvíos de avenidas y carreteras, cruce de caminos, intersecciones no señalizadas y ciclo vías;
- e) A transportar sus bicicletas en los vehículos de transporte público cantonal e interprovincial, sin ningún costo adicional. Para facilitar este derecho, y sin perjuicio de su cumplimiento incondicional, los transportistas dotarán a sus unidades de estructuras portabicicletas en sus partes anterior y superior; y,
- f) Derecho a tener días de circulación preferente de las bicicletas en el área urbana, con determinación de recorridos, favoreciéndose e impulsándose el desarrollo de ciclopaseos ciudadanos.

3.2.4 Conductores de vehículos Motorizados

Persona facultada por la autoridad competente de tránsito, previo cumplimiento de los requisitos legales, para desempeñar tal actividad. Debe conocer, cumplir y acatar las normas de tránsito. Al conducir el vehículo debe respetar el paso de los peatones y ciclistas. Cuando el vehículo esté en movimiento estar atentos a cualquier situación. Tener una buena visión de la parte trasera del vehículo y sus lados, para ello son los espejos laterales uso público o privado.

3.2.5 Jerarquía de los Actores viales

Mientras la tendencia indica el continuo crecimiento para el uso de vehículos privados, a la par las opciones no motorizadas han disminuido como caminar, hacer ciclismo o tomar el transporte público, tan pronto las personas tienen las opciones económicas para comprar un vehículo. En muchos países en vías de desarrollo, el cambio de transporte privado no suele ser por moda, sino más bien por consecuencia de los viajes largos que se realiza diariamente, que además de ser incómodos son inseguros (Ordenanza Metropolitana No.194, 2017)

La gestión de la movilidad debe englobar diversas estrategias que incrementan la eficiencia de los sistemas de transporte urbano existentes y buscar reducir la dependencia del uso del automóvil y promover un uso alternativo de transporte, como lo es el uso de bicicleta y la caminata.

Como muestra la Figura 5, el orden debe dar prioridad a peatones (especialmente a personas con discapacidad, niños, adultos mayores, etc.), después a ciclistas, seguidos de usuarios de transporte público, transporte de carga y al final el automóvil y motocicletas.

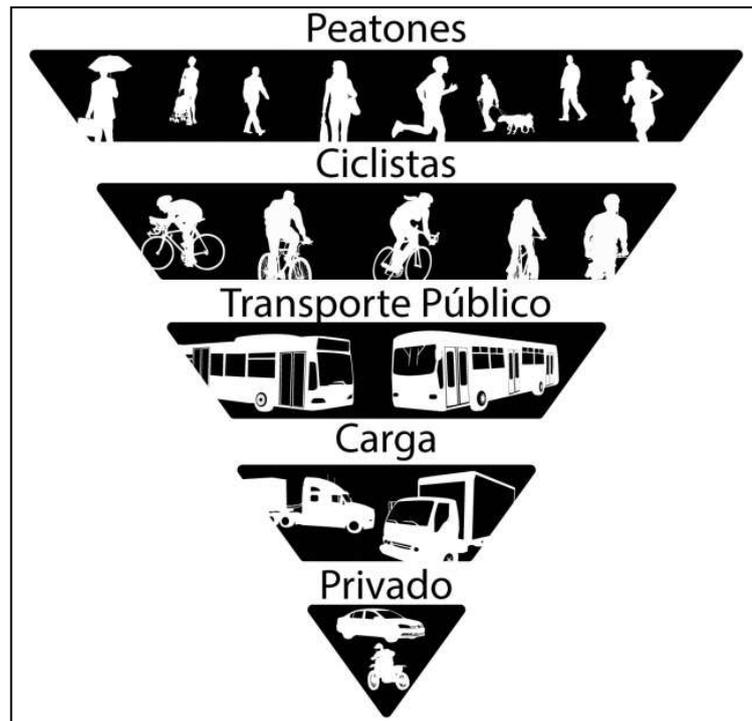


Figura 5. Jerarquización de Actores Viales
(Acuña, et al., 2016)

3.2.6 Normas de convivencia entre los Actores Viales

Los peatones y ciclistas son los usuarios más vulnerables que pueden sufrir algún tipo de accidente, por tal razón los conductores deben priorizar la circulación de estos actores en la vía. Para hacer consciencia de una mejor y respetuosa convivencia, ciclistas y conductores están obligados a entenderse y convivir bajo normas y reglamentos que faciliten una movilidad segura (AMT, 2017).

- El ciclista siempre tiene prioridad ante un vehículo que gire en un cruce vial.
- Es necesario reducir la velocidad del vehículo en el momento de realizar el adelantamiento. Si la situación lo requiere, la velocidad deberá igualarse a la del ciclista para evitar accidentes en la vía.
- La distancia lateral que un conductor debe dejar durante un adelantamiento a un ciclista no debe ser inferior a 1.50 m.
- Los ciclistas deben abstenerse de circular por los carriles de media y alta velocidad.
- Las aceras son para los peatones, en caso de tener que circular hay que bajarse de la bicicleta.

3.3 La Bicicleta y Movilidad Sostenible

La población urbana no deja de crecer en el mundo, según datos el Banco Mundial un 54% de los habitantes del planeta viven en ciudades y la ONU estima que en el año 2050 se llegará a un 66%, también se ha calculado que en torno a 2030 cuarenta y una ciudades habrán superado los diez millones de habitantes (El Periódico, 2018).



Las bicicletas son el medio de transporte más eficaz energéticamente, incluso entre tres y cuatro veces más que ir caminando; estas aseveraciones deben tomarse en cuenta dentro del ciclo de vida de la bicicleta, es decir, la energía necesaria para su fabricación, reparación y posterior eliminación (gestión de los residuos). Pues, el hecho de que no consuma energía externa al organismo, es decir, axosomática (sólo en el caso de las bicicletas eléctricas se realiza un consumo de este tipo de energía), la sitúa en una fracción centesimal en relación con el consumo de los vehículos motorizados. Asimismo, en la fase de fabricación se repite esta relación, similar a la que se deriva de la comparación de sus pesos: la energía empleada en un automóvil permitiría la fabricación de entre 70 y 100 bicicletas (IDAE, 2007), en la Tabla 4 se indica una comparativa entre el vehículo privado y distintos medios de transporte habituales para diversos indicadores medioambientales:

Tabla 4. Indicadores Medioambientales de medios de transporte

<i>Indicadores Medioambientales</i>	<i>Coche</i>	<i>Autobús</i>	<i>Bicicleta</i>	<i>Avión</i>	<i>Tren</i>
<i>Consumo de espacio</i>	100%	10%	8%	1%	6%
<i>Consumo de Energía Primaria</i>	100%	30%	0%	405%	34%
<i>Emisiones CO2</i>	100%	29%	0%	420%	30%
<i>Emisiones NOX</i>	100%	9%	0%	290%	4%
<i>Emisiones de Hidrocarburos</i>	100%	8%	0%	140%	2%
<i>Emisiones CO</i>	100%	2%	0%	93%	1%
<i>Contaminación Atmosférica total</i>	100%	9%	0%	250%	3%
<i>Riesgo inducido de accidente</i>	100%	9%	2%	12%	3%

Fuente: (CCE, 2000)

Adicionalmente a lo expuesto anteriormente lograr una movilidad sostenible en las ciudades gracias a la bicicleta es sólo una de sus ventajas pues tiene muchas más como se describe a continuación:

- La bicicleta es respetuosa con el medioambiente, ya que no contamina y es silenciosa.
- Tiene un bajo coste de adquisición y no consume combustible, por lo que es un medio de transporte asequible.
- Su uso reduce la congestión del tráfico y los problemas de aparcamiento en las ciudades.
- Mejora la salud física y mental de sus usuarios, pues el ejercicio físico combate la obesidad y reduce el estrés.
- Al mejorar la salud de la población, contribuye a reducir el gasto sanitario

3.3.1 Sistemas de Bicicleta Publica

Son sistemas de alquiler o préstamo gratuito de bicicletas en los núcleos urbanos, impulsados generalmente por la administración pública la cual se hace cargo de gastos de infraestructura gestión y mantenimiento de sistema. Ha diferencia de los servicios tradicionales de alquiler de bicicletas, que están orientados al ocio o el turismo, las bicicletas públicas están enfocados en el servicio de movilidad práctico, rápido y pensado para el uso cotidiano (ver Figura 6), utilizados en trayectos monomodales entre dos puntos o como extensión de un viaje intermodal, principalmente con el transporte público (IDAE, 2007).

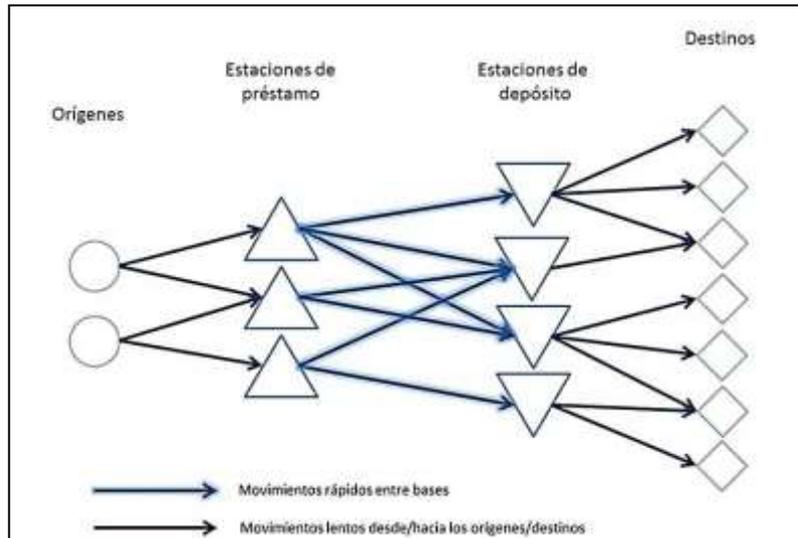


Figura 6. Diseño estratégico de un sistema público de alquiler de bicicletas
Fuente: (Lin & Yang, 2011)

Los sistemas de bicicletas públicas pueden presentarse en formatos muy diversos: desde sistemas sencillos con personal de atención al público, hasta sistemas totalmente automatizados con tarjetas inteligentes o telefonía móvil, que brinda una oferta muy flexible para los trayectos internos del municipio. La gestión de estos sistemas ha ido evolucionando desde el sistema “libre” de Copenhague del año 1998 para ser más eficaces contra el robo y la inseguridad, por ello actualmente casi todos requieren el registro de la identidad de sus usuarios. También se han ido adaptando a las necesidades de movilidad de los usuarios, que suelen ser a su vez usuarios de transporte público (IDAE, 2007).

Todo ello está desembocando en la integración de todos los servicios de transporte (bicicletas públicas, transporte público, etc.) en tarjetas inteligentes identificativas y recargables o vinculadas a una cuenta bancaria del usuario, es decir este sistema permite tomar una bicicleta en un punto y devolverla en otro diferente, por lo que su uso generalmente se lo realiza en trayectos monomodales entre dos puntos o como extensión de un viaje intermodal, principalmente con el transporte público como se indica en la Figura 7 (AMT, 2017).

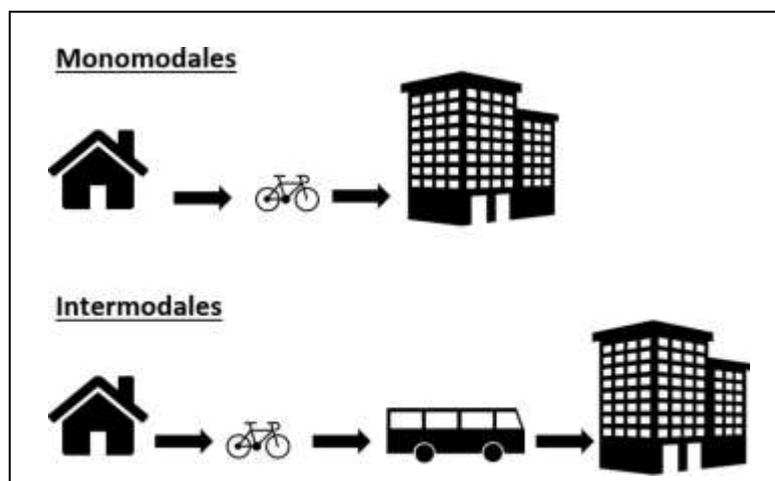


Figura 7. Modalidad en el Sistema de Bicicletas Públicas
Fuente: (AMT, 2017)

3.3.1.1 Elementos de los Sistemas Bicicletas Públicas

Este sistema es considerado como un medio alternativo de movilidad individual, en el cual su principal enfoque es la comodidad, seguridad y disponibilidad del servicio para el usuario, con una directriz que su cobertura mínima sea de 10 km, que cuenta con los siguientes elementos:

- Bicicletas
- Ciclo estaciones o Estaciones
- Anclajes
- Sistema de Gestión

La bicicleta debe ser durable y atractiva, con un diseño ingenieril tal que sea segura para el usuario, sin contar con que su apariencia que es el elemento clave en el marketing de esta como un sistema de transporte y debería proyectar una imagen moderna y pura (ver Figura 8). El diseño puede ser el diferenciador de la flotilla del sistema y de las bicicletas regulares. En cuanto a las estaciones deben ser adyacentes a las paradas del transporte público masivo y de preferencia localizadas en esquinas, ya que el sistema de bicicletas públicas ayuda a los pasajeros a llegar más rápido a sus destinos y en diferentes direcciones (ITDP, 2015).

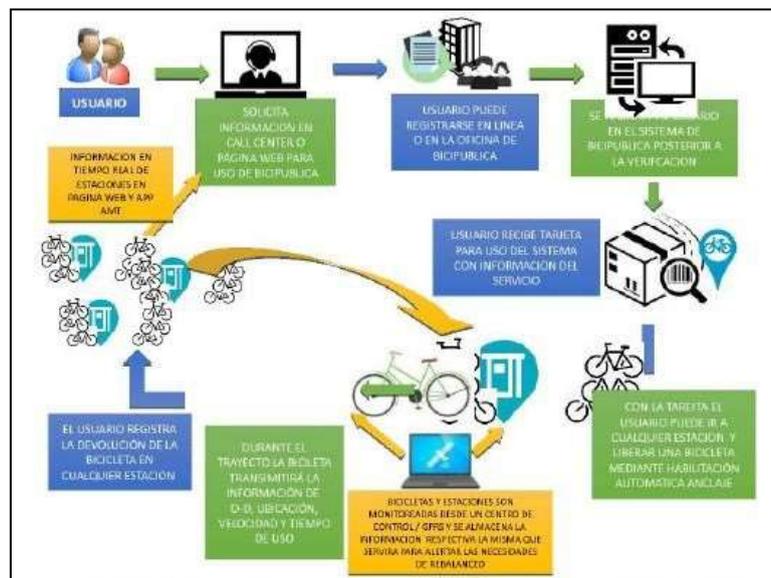


Figura 8. Elementos Bicicleta Pública

Fuente: (AMT, 2017)

En cuanto a los anclajes son los lugares donde se estacionan y aseguran las bicicleta, el tipo que se utilice dependerá de la ubicación y de las necesidades de cada una de las estaciones; los anclajes son populares para estaciones fuera de los arroyos vehiculares, las áreas de estacionamiento para bicicletas son mejor aprovechadas en espacios reducidos, tales como cerca de pasos a desnivel, dentro de áreas suburbanas en donde el espacio no es tan preciado como en las ciudades La tecnología de la Información y la comunicación (TIC) es el sistema nervioso de las bicicletas públicas, conectando las estaciones a los usuarios y al centro de control utilizando un software con mecanismos de transmisión de datos. Las decisiones que deben en relación con la tecnología, incluyendo la forma de registro, pago, entrada y salida de los anclajes y la forma en la que la información es transmitida internamente para cuestiones de administración y externa para los usuarios (ITDP, 2015).



3.3.1.2 Tipos de Sistemas de Bicicletas Públicas

Los sistemas de bicicletas públicas pueden dividirse en dos tipos, los sistemas manuales o de atención personal y los automáticos en cuyas estaciones se debe proporcionar información al usuario acerca de cómo utilizar cualquiera de los sistemas que se detallan cada uno a continuación:

Sistema Manual

En un sistema manual, una persona lleva el registro del usuario para sacar la bicicleta y al regresarla, esta información puede ser registrada en papel o de manera electrónica; si el sistema carece de registro, el usuario tiene que dejar una fianza (en metálico o tarjeta bancaria) o su documento de identidad (IDAE, 2007).

Los sistemas manuales implican una reducción inicial de los costos comparados con el sistema automatizado, pero a largo plazo los costos operativos son mayores, y la confianza en el sistema decae, además al tener personal en las estaciones se genera un mejor servicio, se reduce el robo y requiere de estaciones menos complejas. Sin embargo, el horario de apertura del sistema se limita al de cada punto de préstamo, que además puede ser diferente en cada caso (ITDP, 2015). En la Tabla 5 se menciona cuáles serían las condiciones ideales para implementar el sistema de bicicleta pública manual:

Tabla 5. Condiciones Sistema Manual

<i>Localización</i>	<i>Tipología de Usuarios</i>	<i>Uso</i>	<i>Inversión</i>	<i>Gestión</i>
<i>En ciudades pequeñas y medianas, este tipo de sistemas son óptimos.</i>	Usuario residente y visitante (en ese caso no suele haber registro, aunque sí fianza, lo que siempre hay es una identificación del usuario).	Cotidiano, turístico y de ocio.	Baja, sube sensiblemente cuando se precisa registro informatizado.	Precisa coordinación con los centros colaboradores y el personal de estos.

Fuente: (IDAE, 2007)

Sistema Automático

Los sistemas automatizados son más flexibles en cuanto a operación, localización y aplicación de tarifas, a comparación del sistema manual, en este sistema no hace falta personal de atención al público para disponer de la bicicleta o devolverla, sin embargo, las estaciones automáticas son más complejas en diseño, instalación y mantenimiento pues cuentan con infraestructura con anclajes que aseguren las bicicletas y tecnología que envíe información vía wireless para facilitar la entrada y salida de las bicicletas; el usuario para ingresar a este sistema lo puede hacer mediante una tarjeta o código de usuario o por telefonía móvil (ITDP, 2015).



Estos sistemas pueden ser gestionados por administraciones, compañías de publicidad en el mobiliario urbano o por operadores de transporte público, sin embargo, la implantación de este sistema debe ser a través de sociabilizaciones con los usuarios pues lo podrían encontrar confuso y por lo tanto dejar de utilizarlo (IDAE, 2007). En la Tabla 6 se describe cuáles serían las condiciones ideales para implementar el sistema de bicicleta pública automática:

Tabla 6. Condiciones Sistema Automático

<i>Localización</i>	<i>Tipología de Usuarios</i>	<i>Uso</i>	<i>Inversión</i>	<i>Gestión</i>
Ciudades grandes o medianas con una demanda elevada.	Principalmente residentes.	principalmente cotidiano, aunque puede adaptarse para el uso de ocio o turismo.	Alta, debido al coste tecnológico.	Resulta más sencilla que los sistemas manuales, ya que hay que invertir menos en coordinación del personal.

Fuente: (IDAE, 2007)

3.3.2 Factores influyentes para la implantación del SBP

La guía metodológica para la implantación de sistemas de bicicletas públicas menciona que cualquier municipio es susceptible de implantar el SBP (Sistema de Bicicleta Pública), ya que existen diferentes sistemas de gestión, cada uno con particularidades adaptadas a cada caso, este tipo de servicio se caracteriza por su gran versatilidad, pues la escala a la que se quiera implantar el sistema depende de la decisión del propia de cada municipio (IDAE, 2007).

Las características de cada ciudad para tener en cuenta para la correcta elección e implementación de un sistema de bicicletas públicas son (ver Tabla 7):



PROPUESTA DE USO Y MEJORA DE LA CICLOVÍA EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO-ECUADOR



Tabla 7. Características para la implementación del SBP

	<i>Tamaño de la Ciudad</i>	<i>Topografía</i>	<i>Climatología</i>	<i>Tejido Urbano</i>	<i>Demografía</i>
<i>Características</i>	Se refiere principalmente el número de habitantes, pero también a los visitantes temporales, el número potencial de usuarios y presupuesto a dedicar es en general directamente proporcional al tamaño de la ciudad.	Es un aspecto clave para la utilización de las bicicletas ya que el esfuerzo de subir cuevas puede ser un factor de desmotivación para los usuarios potenciales.	La climatología del municipio no condiciona forzosamente el uso de las bicicletas.	El tejido urbano es un factor importante para el éxito de un sistema de bicicletas públicas.	La estructura demográfica de la ciudad no tiene gran influencia en el éxito de un sistema de bicicletas públicas porque cualquier persona mayor no minusválida puede rápidamente aprender a andar en bicicleta y utilizar un sistema de bicicletas públicas.
	Las ciudades grandes pueden orientarse por un sistema de mayor envergadura como puede ser un sistema automático con infraestructura propia. Las ciudades medianas o pequeñas pueden elegir un sistema manual o mixto y utilizar los equipamientos públicos existentes (centros cívicos, polideportivos, oficinas de turismo, oficinas de atención al ciudadano, etc.).	En ciudades caracterizadas por una topografía abrupta y calles con desniveles pronunciados (más de un 6-8% de pendiente, se recomienda añadir al SBP una flota de bicicletas eléctricas .	De manera puntual, en días de precipitaciones, temperaturas extremas (frío/calor), viento y otros eventos meteorológicos se puede observar un descenso del número de usuarios.	Es mucho más adecuado implementar un sistema de bicicletas públicas en un espacio denso y diverso, que en una zona muy extensa. Se recomienda comenzar a implantar el sistema por las zonas más densas de la ciudad que por lo general son las zonas céntricas, para gradualmente llegar a las zonas periféricas.	Tampoco el perfil socio-profesional o cultural es relevante a la hora de planificar el sistema, ya que suele ser atractivo para todas las personas. El nivel de riqueza de la ciudad puede condicionar los recursos dedicados al sistema de bicicletas públicas, y en consecuencia el tipo de sistema de bicicletas públicas a implementar
	Según estudios, para que un sistema automático funcione con toda su potencialidad un tamaño apropiado es el de aquellas ciudades de <u>al menos 200.000 habitantes</u> .	En las zonas con pendientes fuertes podría suceder una acumulación de bicicletas en las zonas bajas que tendría que ser equilibrada mediante el refuerzo del sistema de redistribución de bicicletas.		Las tipologías alejadas en algunos del centro urbano dificultan la implantación de un sistema de bicicletas públicas, ya que la baja densidad de usuarios hace que el sistema sea menos eficiente.	Hay opciones para todos los presupuestos y tanto el coste para la administración como para el usuario no suele ser superior a otros medios de transporte público muy difundidos, como por ejemplo el autobús.

Fuente: (IDAE, 2007)

3.3.3 Limitaciones del Uso de Bicicleta

Si bien es cierto el uso de la bicicleta tiene varios beneficios tanto en la salud como en la conservación del medioambiente, sin embargo, existe ciertos factores que dificultan y disuaden su uso, los cuales se describen a continuación:

- La falta de infraestructura y señalización adecuado para que los usuarios puedan transportarse cómodos y seguros a su punto de destino.
- Distancias superiores dentro de un rango de 5 a 7,5 Km
- Cuando la pendiente sobrepasa el promedio tolerable de la condición física del usuario, es decir superiores al 8% en trayectos mayores a 200 metros.
- Las condiciones climatológicas extremas pudiendo ser estas lluvias muy fuertes, o un calor intenso.
- Capacidad adquisitiva del usuario al adquirir transporte privado.
- La facilidad de robo de bicicletas es superior a la de otros vehículos
- La proximidad del usuario a fuentes de contaminación y ruido debido a su exposición en el parque automotor.
- La falta de gestión de tráfico para las bicicletas en infraestructura falta de integración a medios de transporte público.
- Paradigma de posición económica del usuario al elegir a la bicicleta como su medio de transporte.

3.4 CICLOVÍAS

Las ciclovías o llamadas también redes ciclistas no son más que infraestructuras necesarias para la movilización de ciclistas, que en muchos casos son carriles exclusivos o segregados para su libre ciclación logrando de esta manera una malla vial 100% ciclo-inclusiva, tanto en las vías troncales como las de acceso local, reduciendo así, tiempos de viaje, especialmente en distancias cortas y en zonas donde existe demasiado flujo vehicular (ver Figura 9). Estas infraestructuras deben tener ciertas características que se detallan a continuación:

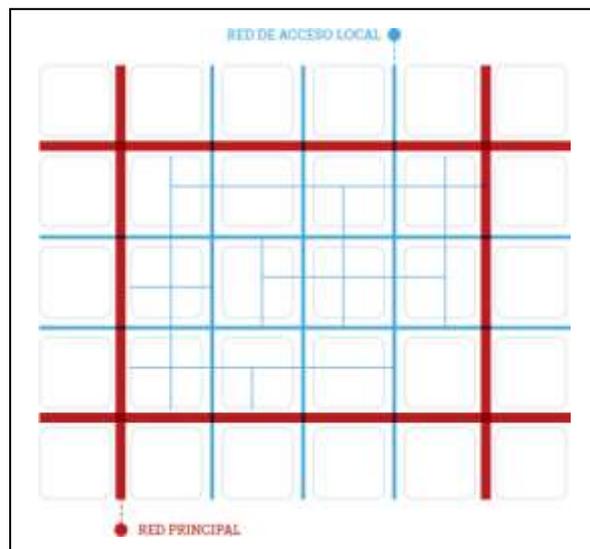


Figura 9. Redes de Acceso Principal y Local

Fuente: (Municipalidad de Lima, 2017)



- Un correcto diseño vial enfocado en la seguridad, comodidad y conveniencia en el uso de la bicicleta, además de señalización y mobiliario urbano.
- La red debe ser accesible desde todos los puntos de la ciudad a una distancia no superior a los 250m desde cualquier punto, distancia equivalente a un minuto en bicicleta.
- Los tramos que conforman la red deben garantizar una correcta interconectividad, además de su adecuada señalización, con especial atención en las intersecciones.
- La ciclovia debe permitir el acceso de la bicicleta a lugares educativos, culturales, deportivos y sociales, así como a sitios de generación de actividad como mercados, parques, zonas verdes, sitios industriales y centros de ocio, todos estos dispersos alrededor de la ciudad.
- Con el objetivo de favorecer la combinación de la bicicleta con otros modos de transporte, la red debe garantizar el acceso en bicicleta a los intercambiadores modales, tales como estaciones de autobuses, sistemas integrados, etc.
- Las redes ciclistas cuentan con diferentes tipos, por tanto, debes existir una integración tanto a nivel de trazado como de sección, mediante diferentes grados de segregación y/o coexistencia en función de las características morfológicas de cada vía, de uso y tráfico de circulación.

3.4.1 Tipologías de Ciclovías

Las tipologías y secciones cicloviales se definen en función de su forma, uso e intensidad del flujo de ciclistas es decir de los usuarios y se combinan con los factores de velocidad y volumen del flujo vehicular motorizado (entorno), para determinar las necesidades de segregación que garanticen la protección a los ciclistas; además se deben considerar las necesidades de flujos peatonales, quienes siempre deben tener prioridad sobre los demás modos (EPMOP, 2017).

Los requisitos de diseño ciclovial varían dependiendo del tipo de vía (arterial, colectoras o local); pues de manera general, las vías arteriales y colectoras requieren secciones viales con infraestructura segregada o delimitada para la bicicleta y las vías locales no requieren esta segregación, gracias a que por lo regular son calles con velocidades menores (máximo 30 km/h) y poco tráfico es decir con una intensidad media diaria de máximo 10.000 vehículos motorizados/día (Municipalidad de Lima, 2017).

Con lo mencionado anteriormente la infraestructura de las ciclovías debe disponer de un espacio continuo, protegido del tránsito motorizado, separado de los peatones y libre de posibles obstáculos adaptándose preferentemente a las condiciones del entorno (velocidad y volumen vehicular, volumen peatonal, usos del suelo) y no a la disponibilidad de espacio o a la implementación generalizada de una misma tipología, sean estas exclusivas o compartidas como se detallará a continuación:

3.4.1.1 Carril Segregado

Son ciclovías apartadas de la circulación del tránsito motorizado, diseñadas dentro del derecho de vía (EPMMOP, 2017). Por estar integradas a la vereda o en espacios compartidos con peatones, se deben planear en entornos con bajo flujo peatonal o que cuenten con el ancho necesario para garantizar la circulación cómoda y segura tanto de ciclistas como de peatones (Municipalidad de Lima, 2017), como se muestra en la Figura 10.



Figura 10. Carril Segregado
Fuente: (Municipalidad de Lima, 2017)

3.4.1.2 Carril Bicicleta o ciclovia

Parte de la calzada destinada al uso exclusivo de bicicletas, separadas del flujo motorizado. Para velocidades mayores a 30 y 50 km/h (límite máximo), se puede segregar únicamente con pintura, para velocidades superiores a los 50 km/h, demandan utilizar segregadores físicos, independiente del nivel de flujo motorizado, en ambos casos la separación será de 0.50 metros mínimo (Manchego, 2016). El ancho mínimo del carril bici unidireccional es de 1,20 metros (recomendado de 1,50 metros) (INEN, 2013); en el caso de ser carril bici bidireccional el ancho será de 2,20 metros (recomendado 2,50 metros); por su capacidad constructiva este tipo de carriles posibilitan circulaciones de tráfico ciclista intenso a lo largo de grandes distancias convirtiéndolos en la opción más rápida y segura para los ciclistas como se muestra en la Figura. 11 (DGT, 2000).



Figura 11. Carril Bicicleta
Fuente: (Municipalidad de Lima, 2017)

3.4.1.3 Carril compartido

- **Tipo I**

Son carriles de tránsito donde el espacio de circulación vehicular es de uso común para todos los modos de transporte; deben aplicarse medidas de gestión e infraestructura para que la velocidad máxima no sea mayor de 30 km/h (límite máximo) y un volumen de circulación de automóviles relativamente bajo) (INEN, 2013). Este tipo de carriles permite la circulación del ciclista frente al vehículo a una distancia de 3 metros, siempre tomando las respectivas precauciones. El ancho de este tipo de carriles no debe ser menor a 3,10 metros con marcas de pavimento colocadas en el centro del carril (EPMMOP, 2017), como se indica en la Figura 12.



Figura 12. Carril compartido Tipo I
Fuente: (Municipalidad de Lima, 2017)

- **Tipo II**

Este tipo de carriles cuenta con un ancho mínimo recomendado de 3,80 metros con marcas de pavimento colocadas al costado derecho del carril (INEN, 2013), a diferencia de los carriles compartidos Tipo I admiten una velocidad máxima de 50 km/h y un volumen de circulación de automóviles relativamente bajo; estos carriles permiten al ciclista mantener la distancia necesaria para circular con seguridad y de esta manera los automotores puedan rebasarlos (EPMMOP, 2017), como se indica en la Figura 13.



Figura 13. Carril compartido Tipo II
Fuente: (Municipalidad de Lima, 2017)

3.4.2 Condiciones para la construcción de una Cicloavía

El diseño y la distribución de los espacios urbanos debe dar prioridad a los actores más vulnerables de las vías como son los no motorizados, principalmente los peatones y en segundo lugar las bicicletas, y después de estos a los motorizados, priorizando al transporte público; por tal razón la calidad constructiva de una cicloavía va a depender, al igual que para el tráfico motorizado de una infraestructura lineal, con características singulares de trazado geométrico, diseño de intersecciones, elementos de protección y señalización que se ajusten al entorno urbano.

3.4.2.1 Diseño Geométrico

Existe un criterio geométrico de confort y de estética que debe tenerse en cuenta a la hora de proyectar una cicloavía, debido a que la presencia de curvas, en planta y alzado, de radios pequeños originaran la aparición de efectos antiestéticos e incómodos siempre rechazables en un proyecto; por lo tanto, para el diseño geométrico de una cicloavía la primera consideración que se debe tomar en cuenta el gálibo (dimensiones) que representan el conjunto bicicleta y ciclista.

El ancho del conjunto bicicleta-ciclista varía entre 0,75 metros y 1,0 metros y la altura fluctúa entre 1,70 metros y 1,90 metros (INEN, 2013) como se indica en la Figura. 14.

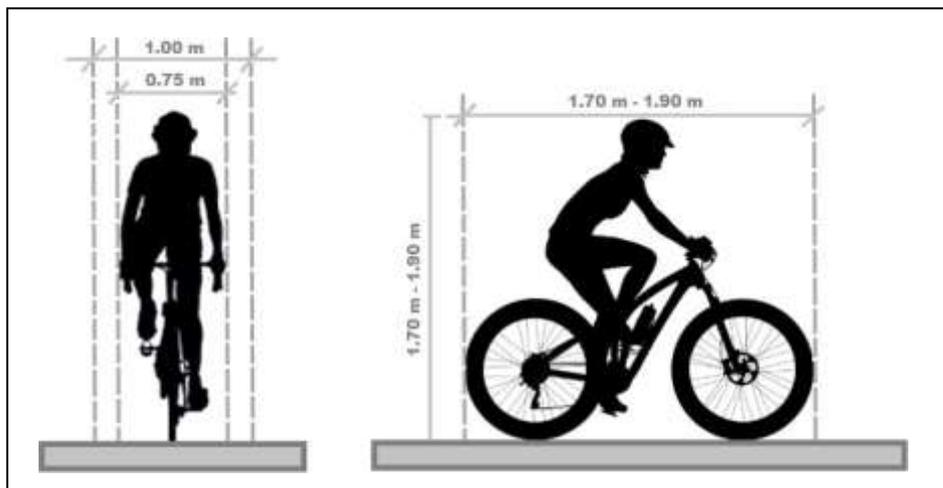


Figura 14. Dimensiones conjunto bicicleta y ciclista

Fuente: (INEN, 2013)

De manera complementaria a estas consideraciones, un buen diseño geométrico debe considerar las distintas velocidades en función de las pendientes transversales y longitudinales (peraltes) en todos sus tramos, cabe señalar que la velocidad de diseño solo servirá en rutas con pendientes no mayores a 10% ya que diseñar cicloavía con pendientes superiores a esta resultaría ineficiente el uso de la bicicleta como alternativa de transporte, debido al esfuerzo físico que tiene que realizar el ciclista especialmente en los tramos de ascenso y descenso del trayecto en mención.

otros factores que influyen en el diseño de una cicloavía son: los radios de giro en las intersecciones, acuerdos verticales, distancia de visibilidad, etc. que se detallan en la Tabla 8 a continuación:



Tabla 8. Parámetros de Diseño Geométrico de una Ciclovía

Parámetros	Bidireccional	Unidireccional
Velocidad de diseño (Pendiente Longitudinal 0% - 3%)	25 km/h- 30km/h	25 km/h- 30km/h
Velocidad de diseño (Pendiente Longitudinal 3.1% - 6%)	40Km/h - 50km/h	40Km/h - 50km/h
Pendiente longitudinal máxima en tramos	6%	6%
Pendiente transversal (Peralte) máxima	3%	3%
Pendiente máxima en rampas (pasos elevados)	15%	15%
Radios de giro según velocidad de operación	15Km/h =5m	15Km/h = 5m
	25km/h = 10m	25km/h = 10m
	30Km/h = 20m	30Km/h = 20m
	40Km/h = 30m	40Km/h = 30m
Acuerdos Verticales	20km/h Convexo= 20m	20km/h Convexo= 20m
	20Km/h Cóncavo= 10m	20Km/h Cóncavo= 10m
	40Km/h Convexo= 65m	40Km/h Convexo= 65m
	40Km/h Cóncavo= 40m	40Km/h Cóncavo= 40m
Radio mínimo de esquinas	3m	3m
Radio de giro mínimo en intersección	5m	5m
Separación con vehículos	Mínimo 0.50 m recomendable 0.80 m	Mínimo 0.50 m recomendable 0.80 m
Aceras mínimo	1,5m	1.5m
	20m (recomendado)	20m (recomendado)
Distancia de visibilidad de parada	$s = \frac{V^2}{255(G + f)} + 0.69V$	$s = \frac{V^2}{255(G + f)} + 0.69V$
	Donde: S= distancia de visibilidad V= velocidad de diseño G= pendiente de entrada (10% más común) f= coeficiente de fricción (0,25 normalmente)	Donde: S= distancia de visibilidad V= velocidad de diseño G= pendiente de entrada (10% más común) f= coeficiente de fricción (0,25 normalmente) <i>*En carriles bici bidireccionales es preponderante el sentido de bajada</i>
Volumen vehicular Diario	10000 - 18000 vehículos	10000 - 18000 vehículos
Ancho carril libre	Mínimo 1.20m recomendable 1.50m	Mínimo 2.20m recomendable 2.50m
Galibo vertical mínimo	1.70m - 1.90m	1.70m - 1.90m

Fuente: Modificado de (Acuña, et al., 2016)

3.4.2.2 Diseño de Intersecciones

Las intersecciones se refieren al cruce de una vía con ciclovía o con otros ejes de circulación que pueden o no tener ciclovía, es decir son puntos de encuentro entre los diferentes actores de la vía (Villa, 2014), Las intersecciones viales son las zonas de mayor riesgo para la seguridad de los ciclistas y por tanto las de mayor desafío para los diseñadores con el fin de que respondan tanto a las condiciones necesarias para garantizar la seguridad vial de los usuarios y evitar accidentes o conflictos con peatones y motorizados, pero también a determinantes de comodidad, rapidez y coherencia evitando de esta manera , se producen interrupciones en la marcha del ciclista provocando la pérdida de energía cinética del mismo y requiriendo un esfuerzo adicional para continuar con la marcha (DGT, 2000).

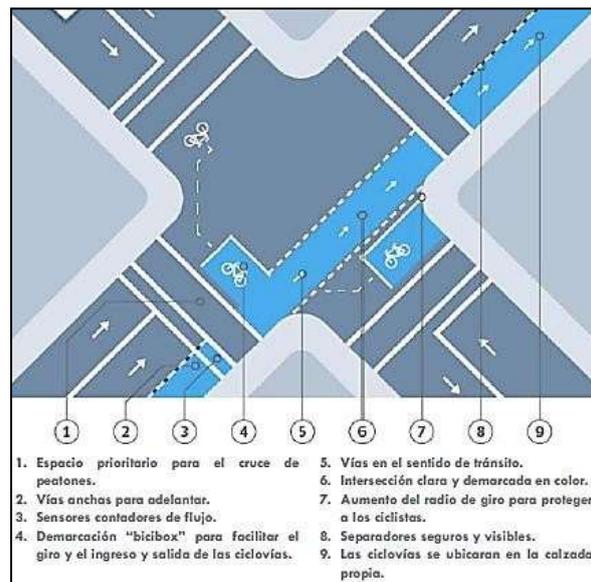


Figura 15. Premisas de Diseño Intersecciones

Fuente: (Manchego, 2016)

Una intersección bien concebida debe satisfacer unos principios generales (ver Figura 15):

- Rutas Atractivas, con la señalización justa y adecuada, con una superficie suficiente para poder detectar los otros vehículos o peatones que acceden a la intersección y para reaccionar en caso necesario.
- Garantizar la visibilidad recíproca entre vehículos y peatones como factor clave de diseño, además de limitar la velocidad de los automóviles, incluso mediante pavimentos diferenciados, pues la ciclovía tendrá la misma prioridad de paso que el eje que la contiene.
- Reducir el recorrido del ciclista, es decir promover rutas directas, para evitar la incomodidad y esperas muy prolongadas, pues si existe desvíos en la intersección el ciclista disminuirá mucho su velocidad. La Comodidad proporcionada por la suavidad de la capa de rodadura y la integración del ciclista con los otros usuarios en la intersección.
- Deben reducir los puntos de conflicto entre usuarios, entendiendo que los niveles de prioridad en la vía son los peatones, seguido de los ciclistas y finalmente los usuarios motorizados.; finalmente deben estar completamente demarcados, no sólo para guiar al usuario sino para advertir a peatones y motorizados del paso de ciclistas A continuación, se proponen soluciones concretas para los tipos de intersecciones más usuales:

Tabla 9. Tipos de Intersecciones

<i>Tipo de Intersección</i>	<i>Giro a la Derecha</i>	<i>Giro a la izquierda</i>	<i>Intersecciones en T ó en Cruz</i>	<i>Glorietas</i>
<i>Esquema</i>				
<i>Características</i>	<p>En las intersecciones se debe garantizar que el ciclista pueda cruzar o girar a la derecha sin que suceda un corte de circulación por los vehículos motorizados que giren a la derecha.</p>	<p>El giro a la izquierda de una bicicleta en una intersección es una maniobra muy peligrosa que debe tratarse con sumo cuidado. Si las intensidades de tráfico, tanto de automóviles como de ciclistas, es baja, bastará con dotar a la intersección de una señalización adecuada que establezca claramente las prioridades.</p>	<p>En este caso el mayor problema es consecuencia del giro a la derecha de los vehículos motorizados. La casuística es muy amplia y, por tanto, también las soluciones que pueden adoptarse. Es esencial una buena visibilidad entre automóviles y ciclistas, que las prioridades estén bien establecidas y que la señalización horizontal sea clara.</p>	<p>La solución de una glorieta para resolver una intersección viaria se emplea cada vez en mayor número, pues presenta ventajas que presenta: disminución de la velocidad, aumentando en consecuencia la seguridad, eliminación de semáforos disminuyendo los costes de explotación y mantenimiento y aumento de la capacidad de la intersección.</p>
	<p>Se debe indicar la trayectoria de los ciclistas para evitar una colisión, mediante áreas designada al frente del tráfico en una intersección que provee seguridad y visibilidad a los ciclistas durante la fase roja de un semáforo y permiten que los ciclistas salgan de primero cuando inicia la fase verde.</p>	<p>Estas prioridades pueden afectar a las vías, a los usuarios o a ambos simultáneamente. La incorporación de semáforos específicos para los ciclistas permite la programación diferenciada de fases, lo que mejora su seguridad.</p>	<p>Conviene recurrir a acondicionamientos locales que mejoren la visibilidad y la seguridad: creación de isletas, pavimentos diferenciados de color y de textura y preavisos, que pueden llegar a constituir pequeños obstáculos.</p>	<p>El carril bici debe ser unidireccional; resultaría sorprendente para un conductor de un automóvil, cuando está en un ramal de entrada, ver acercarse a un ciclista por la izquierda, lo que originaría situaciones conflictivas.</p>

Fuente: (DGT, 2000)



Adicionalmente, se recomienda el uso de un pavimento de color para incrementar la visibilidad no sólo de la infraestructura para bicicletas sino de sus usuarios y por tanto es un elemento que ofrece seguridad vial y clara información al ciclista en las intersecciones (ver Tabla 9); además, se convierte en parte de la imagen de la ciudad y de su infraestructura ciclovial (Municipalidad de Lima, 2017).

3.4.3 Señalización

Una correcta y estandarizada señalización facilita y guía a los ciclistas en el uso de la infraestructura ciclovial, mejora las condiciones de seguridad además de controlar la velocidad de los vehículos motorizados. Las señales son además elementos indispensables para la regulación de la circulación, tanto entre los propios ciclistas, como en las interacciones de éstos con el resto de los tráficos, hecho que se produce sobre todo en las intersecciones (INEN, 2013). La señalización de las ciclovías sobre carreteras constituye, una de las alternativas y/o acciones complementarias más completas a la construcción de plataformas especiales para ciclistas y de las más fácilmente realizables debido a que tiene la ventaja de su bajo, pero también tiene la desventaja de su bajo nivel de seguridad, lo que a la larga se traduce en escasa frecuentación ciclista, a diferencia de la construcción de infraestructura ciclística segregada la cual es preferida por los ciclistas y por los conductores de vehículos a motor y, sin duda, la que consigue mejores rendimientos en seguridad, sin embargo su mayor inconveniente es su alto coste, lo que limita su aplicabilidad a áreas de alta densidad ciclista y recorridos relativamente cortos (DGT, 2000). Los elementos de señalización necesarios para la infraestructura ciclovial están definidos y especificados (características, dimensiones, colores) en el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004 de Señalización vial. Parte 6. Ciclovías y el cual es de obligatorio cumplimiento la cual está enfocada al parque automotor y para los ciclistas es muy general. (INEN, 2013).

3.4.3.1 Señalización Vertical

La señalización vertical hace referencia a los dispositivos o elementos de control que se instalan a nivel de la vía o sobre ella generalmente a lado derecho de la vía, estos elementos están conformados por un soporte vertical (poste), una placa y una inscripción; la principal función de este tipo de señalización es de prevenir al usuario de alguna situación peligrosa o de restricción o proporcionar información específica de la ciclovía, mediante el uso de símbolos o textos determinados (Haro, 2015). Existen diferentes tipos de señalización vertical:

- Regulatoria
- Preventiva
- Informativa

Deben ser colocadas a una distancia prudente (ver Tabla 10), en la cual el conductor tenga el espacio suficiente para realizar maniobras de desaceleración.

Tabla 10. Distancia de la señal en función de la velocidad de aproximación

<i>Parámetros</i>	<i>Distancias y velocidades</i>					
<i>Velocidad de aproximación (km/h)</i>	20	30	40	50	60	70
<i>Distancia de ubicación (m)</i>	15	20	30	40	55	90

Fuente: (Villa, 2014)

Tabla 11. Tipo de Señales verticales

<i>Ejemplos de Señalización Vertical</i>				
<p>Regulatoria:</p> <p><i>Regulan el movimiento del tránsito e indican cuando se aplica un requerimiento legal, la falta del cumplimiento de sus instrucciones constituye una infracción de tránsito.</i></p>	<p>Serie de prioridad de paso</p>	<p>Serie de movimiento y dirección</p> <p>Mantenga derecha bicicletas</p>	<p>Serie de restricción de circulación</p> <p>No bicicletas</p>	<p>Placas complementarias</p>
<p>Preventiva:</p> <p><i>Advierten a los usuarios de las vías, sobre condiciones inesperadas o peligrosas en la vía o sectores adyacentes a la misma, por ejemplo, giros o zonas de detención.</i></p>	<p>Serie de obstáculos y situaciones especiales</p> <p>Vía resbalosa</p>	<p>Vía compartida</p>	<p>Placas complementarias señales preventivas</p>	
<p>Informativa:</p> <p><i>Informan a los usuarios de la vía de las direcciones, distancias, destinos, rutas, ubicación de servicios y puntos de interés turístico.</i></p>	<p>Señales de información de guía</p> <p>Señal de destino doble</p>	<p>Señales de información de Servicios para ciclovías</p> <p>Estacionamiento para Bicicletas</p>		<p>Señales Complementarias</p> <p>Señales de direccionamiento</p>

Fuente: (INEN, 2013)

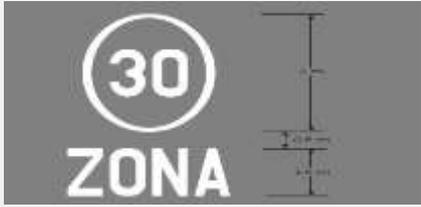
3.4.3.2 Señalización Horizontal

Este tipo de señalización está comprendida por una serie de símbolos, flechas, marcas y líneas que se pintan sobre el pavimento para con el fin de delimitar, informar y canalizar el tránsito que circula por una determinada vía (Haro, 2015). A su vez la señalización horizontal puede utilizarse sola y/o junto a otros dispositivos de señalización; en ciertas situaciones, la señalización horizontal es el único y/o más eficaz dispositivo para comunicar instrucciones a los conductores (INEN, 2013). Para el diseño de las vías en la presente disertación se ocuparán los siguientes tipos de marcas:

- Marcas Longitudinales
- Marcas Transversales
- Líneas centrales
- Líneas de borde de pavimento
- Líneas separadoras de Carril
- Flechas

La demarcación de ciclovías se dará mediante los colores blanco y amarillo, siendo opcional el color verde para situaciones específicas como se muestra en la siguiente Tabla 12.

Tabla 12. Tipo de señales horizontales

<i>Tipos de demarcación</i>	<i>Ejemplo de Señalización Horizontal</i>
<p><u>El color blanco</u> se empleará en líneas longitudinales para delimitar los carriles en el tránsito del mismo sentido, en líneas de borde de pavimento, flechas, símbolos, mensajes viales, en marcas transversales, línea de pare y ceda el paso.</p>	
<p><u>El color amarillo</u> se utilizará para separar flujos de sentido contrario, y en ciertos casos se las requiere para delimitar zona de seguridad en el centro de la vía para automotores</p>	
<p><u>El color verde</u> como se mencionó anteriormente es opcional y podrá utilizarse para la señalización de cajas de seguridad, cruces de ciclistas en intersecciones o en segmentos de ciclovía que el estudio de tráfico determine que el ciclista debe ser visibilizado en mayor medida.</p>	

Fuente: (INEN, 2013)

3.4.3.3 Semaforización e iluminación

En todos los cruces semaforizados que incluyan infraestructura ciclovial, se deben incluir semáforos para ciclistas; los cuales deberán tener la fase verde de avance y la roja de detención (dejando de 3 segundos a 5 segundos de preferencia para el arranque) como se muestra en la Figura 16, estos pueden ser instalados de manera independiente o adosados a los semáforos vehiculares o peatonales existentes y ubicarse a una altura máxima de 3,50 m cuyo ángulo de colocación, debe estar referido a la cara del semáforo y que deberá ser vertical con respecto a la circulación (Haro, 2015). Como regla general se recomienda que las líneas de detención de los vehículos motorizados estén algo retranqueadas a las correspondientes de detención de los ciclistas. (INEN, 2013).

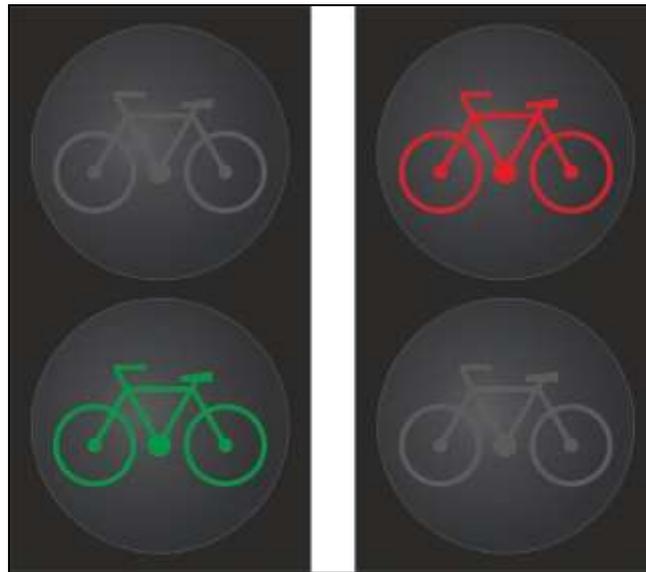


Figura 16. Semaforo para ciclistas
Fuente: (Municipalidad de Lima, 2017)

La iluminación es uno de los principales factores de seguridad para que los ciclistas puedan usar las ciclovías en ausencia de la luz solar, además permite al ciclista ver la dirección de la ciclovía, las condiciones de la superficie y los obstáculos (INEN, 2013).

El sistema de iluminación en las ciclovías es importante, debido a que no todas las bicicletas disponen un sistema de alumbrado adecuado para observar y ser observados, dicho sistema debe:

- Asegurar la percepción adecuada de la vía, así como los elementos de señalización.
- Facilitar la visión de obstáculos, vehículos y peatones.
- Posibilitar el reconocimiento de las vías y lugares por donde transitan los ciclistas.
- Garantizar la percepción del ciclista por parte del resto de usuarios de la vía; además de proporcionar un grado de seguridad ciudadana adecuada y transmitir esta sensación de seguridad.

Es fundamental que en un estudio de diseño de ciclovías se formule la necesidad de incorporar sistemas de aspecto iluminación con el fin de que éstas sean usadas por los ciclistas en horarios nocturnos, y de esta manera se cumplan las condiciones de seguridad determinadas por la vigente ley. (INEN, 2013).



3.4.4 Pavimento

El pavimento se define como la parte superior de un firme (superficie de rodadura), el cual resiste los esfuerzos producidos únicamente por el tráfico de bicicletas (considerada en este apartado), además de la maquinaria necesaria para su construcción y para su mantenimiento y conservación. Las ciclovías sean compartidas con otros vehículos o segregadas, deberán dotarse de estructuras que responden a ciertos criterios técnicos y económicos capaces de proteger al firme y garantizar una conducción confortable y segura para el usuario (Instituto de Desarrollo Urbano, 1999).

El firme de una carretera se dimensiona en función del tráfico y de la capacidad portante de la explanada, en cambio el dimensionamiento del firme en una ciclovía exclusiva debe estar diseñado en función materiales disponibles para la ejecución del firme, la capacidad portante de la explanada y la superficie del pavimento a emplear, siendo este último muy importante debido a que el ciclista está en contacto directo con el mismo y es muy sensible a las irregularidades de su superficie; en el proceso constructivo se deberá evitar los baches, escalones y discontinuidades (DGT, 2000).

Las principales condiciones que debe tener un pavimento para ser utilizado en una infraestructura ciclovial son las siguientes:

- La superficie de rodadura deberá ser uniforme, impermeable, antideslizante y de aspecto agradable; las ciclovías no son sometidas a grandes esfuerzos, por lo cual no es necesario una estructura mayor a la utilizada para vías peatonales.
- La explanada debe estar constituida por el terreno natural regularizado y compactado; el mismo que una vez eliminada la tierra vegetal, deberá cumplir unas prescripciones mínimas, sustituyendo una capa por otra de mejor calidad, o aumentando el espesor del firme si el terreno natural fuese inadecuado.
- El firme de la ciclovía deberá ser suficiente para soportar su propia construcción y mantener las características mecánicas iniciales durante el tiempo de proyecto, para lo cual será inalterable a las condiciones climáticas del lugar y diseñado para un mínimo mantenimiento y soportar la invasión del entorno.
- Se debe introducir una diferenciación visual en el diseño de la ciclovía con respecto a otras vías adyacentes, sobre todo en su coloración, como recurso auxiliar de señalización.
- No es recomendable piedras o adoquines como superficie rodante debido a que producen vibraciones durante el desplazamiento de la bicicleta y produciendo así incomodad al usuario, salvo que se requiera reducir la velocidad del ciclista.

Los caminos o tramos con superficies afirmadas de piedra chancada, arena, limo o tierra estabilizada son aceptables y ambientalmente preferibles, en el caso de ciclovías recreativas (Instituto de Desarrollo Urbano, 1999).



3.4.4.1 Estructura de Pavimentos

La construcción del pavimento debe cumplir ciertas especificaciones técnicas en función de del tipo de infraestructura del cual formara parte, dichos componentes se encuentran resumidos en la Tabla 13:

Tabla 13. Características de los componentes que conforman el pavimento

<i>Componentes</i>	<i>Características</i>
<i>Sub-base</i>	<p>Es la fundación sobre la cual se construye la base y va colocada directamente sobre el terreno natural. La preparación de la sub-base juega un papel importante en la calidad de la instalación; para su construcción debe tenerse en cuenta las siguientes recomendaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El relleno debe de estar compuesto por un material compactible. • El material debe ser compactado en capas de 150 mm con el 90% de la densidad máxima del próctor modificado.
<i>Base</i>	<p>Principalmente la función de las Base es transmitir las cargas superficiales hacia las capas más profundas; se debe considerar que los materiales usados para construir la base deben de estar libres de elementos orgánicos. Se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cada capa de material de base debe ser compactada con espesores menores a 150 mm y debe estar compactada con el 95% de la densidad del próctor modificado. El material debe ser compactado con la humedad óptima para así obtener la densidad deseada. • La base debe tener menos del 150 mm después de compactada. • La base no debe estar colocada sobre superficies húmedas. • La base debe extenderse con un ancho de 0.30 m. a cada lado de la vía, con respecto a la superficie de rodadura.
<i>Capa de Rodadura</i>	<p>La capa de rodadura tiene dos funciones principales, la primera es proveer una superficie de rodadura confortable y segura; mientras que la segunda es proteger la capa de base. Las principales cualidades que determinan la selección del material de superficie de rodadura son: resistencia, cohesión, uniformidad en el acabado, impermeabilidad y durabilidad. Adicionalmente se recomienda tener en cuenta las siguientes consideraciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las instalaciones problema como las tapas de buzones deben estar niveladas con la superficie de rodadura. • Las irregularidades deben ser reparadas porque causan incomodidad y problemas de drenaje. • Las varillas de las rejillas de drenaje deben ubicarse perpendicularmente al sentido del tránsito. Asimismo, la separación debe ser mínima para evitar vibraciones y accidentes.

Fuente: (Instituto de Desarrollo Urbano, 1999)

3.4.4.2 Tipos de Pavimentos

Existe varios tipos de pavimentos en el diseño de ciclovías o infraestructuras ciclistas, sin embargo, los más utilizados son el asfalto, concreto y adoquín. Considerando los principios de uniformidad y comodidad para el usuario, se prefieren los dos primeros (Acero, 2010); como se dijo anteriormente los adoquines producen vibraciones durante el desplazamiento de la bicicleta y produciendo así incomodidad al usuario, salvo que se requiera reducir la velocidad del ciclista;



para la selección del tipo de pavimento a implementar también se deben considerar los siguientes aspectos (Acero, 2010):

- Calidad espacial, entorno y tráfico
- Dimensiones del pavimento
- Cimientos
- Tipo de suelo
- Tuberías de redes de servicio público
- Drenajes
- Apariencia del pavimento
- Requerimientos del material según el uso
- Costos

Igualmente, el material de rodadura debe proveer cohesión, uniformidad en el acabado, impermeabilidad y durabilidad. En la Tabla 14 se presentan las principales características de estos tres tipos de pavimentos:

Tabla 14. Características de los Tipos de pavimentos

	<i>Asfalto</i>	<i>Concreto</i>	<i>Adoquín</i>
<i>Características</i>	Entrega mayor comodidad a los usuarios de la bicicleta.	Entrega comodidad a los usuarios de la bicicleta.	No es cómodo para los ciclistas debido a que su superficie no es uniforme por el tamaño de sus piezas y el número de uniones.
	Provee las mejores condiciones de cohesión, uniformidad en el acabado, antideslizamiento y resistencia.	Provee condiciones de cohesión, uniformidad en el acabado, antideslizamiento y resistencia, sin embargo.	Su instalación se debe hacer en sentido transversal para evitar inconvenientes con juntas longitudinales y se debe reducir al máximo el ancho de las juntas.
	Su uniformidad, permite fácil aplicación de pintura para manejo de señalización o de color en su superficie.	Gracias a la durabilidad del material las probabilidades de aparición de baches o daños son menores que en el asfalto o el adoquín.	Se debe tener especial cuidado con el manejo de drenajes para evitar daños en la sub-base y levantamiento de las piezas.
	Permite que se realicen mezclas para manejo de pavimentos de color.	Su desventaja principal es el alto costo de instalación y que su color no es contrastante.	Requiere elementos de confinamiento como bordillos.
	Se puede utilizar en todos los tipos de infraestructura ciclovial.	Requiere bajo mantenimiento.	Es ideal para en vías compartidas porque reduce la velocidad de los motorizados.

Fuente: (Municipalidad de Lima, 2017)

3.4.4.3 Colores de Pavimento y acabados

Se recomienda que la cicloavía posea una textura rugosa para la seguridad del desplazamiento; asimismo se dispone según el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004 de Señalización vial. Parte 6 que cuente con un color diferente al del resto de las vías (color verde), especialmente en las intersecciones y cajas de seguridad (INEN, 2013). Los colorantes incluidos en el pavimento garantizan el realce necesario de la cicloavía; esto se complementa con la demarcación y señalización horizontal para el acabado final (Municipalidad de Lima, 2017).

3.4.5 Cicloparqueaderos (Estacionamientos)

Actualmente, los ciclistas hacen uso de las paredes, postes y veredas para apoyar sus bicicletas; en muchos casos compartiendo el espacio de los peatones y de los estacionamientos de autos, con el riesgo de ser impactados por vehículos mayores, por tal motivo en la planificación o mejoramiento de una infraestructura ciclovial se debe crear estacionamientos en lugares específicos que brinden la seguridad contra robos, choques o golpes por parte de vehículos Motorizados (Instituto de Desarrollo Urbano, 1999).

Los estacionamientos o parqueaderos de bicicletas en sitios públicos y privados incrementan el número de usuarios habituales, así mismo deben estar ubicados en zonas visibles, habilitados con áreas de separación entre bicicletas y con un espacio libre para realizar maniobras, que no interfiera con el flujo peatonal. Dependiendo de los márgenes disponibles, las bicicletas se pueden estacionar de manera horizontal de dos formas perpendicular u oblicua (Instituto de Desarrollo Urbano, 1999). El modelo de estacionamiento de mayor éxito en otros países es el denominado “Universal”; su sencillez firmeza y versatilidad para todo tipo de bicicleta lo hacen muy atractivo (ver Figura 17).

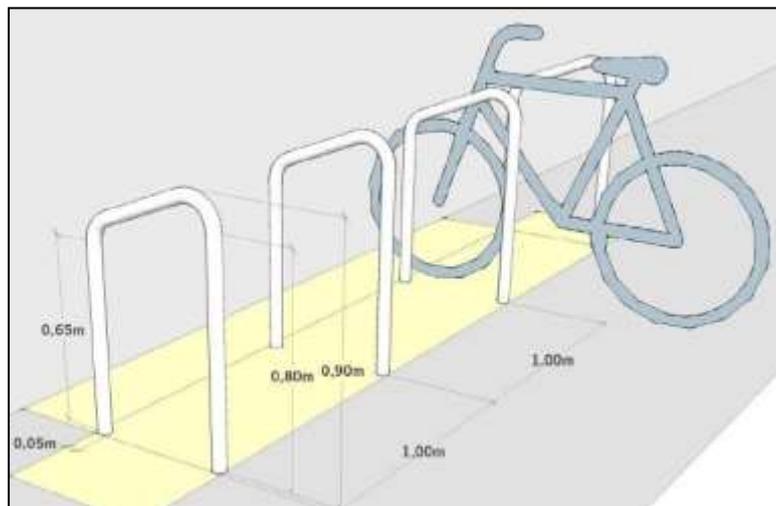


Figura 17. Estacionamiento "Universal" Bicicleta

Fuente: (Municipalidad de Lima, 2017)

Los principales requerimientos que deben tener los estacionamientos para bicicletas es garantizar como mínimo la seguridad de la bicicleta, es decir que existe facilidad y comodidad para el amarre y de ser posible protección a la intemperie; el diseño deberá ser simple, comprensible para el usuario y que no demande de mucho esfuerzo físico para su uso; de igual manera su forma podrá ser variada pero sus dimensiones deben permitir el anclaje del marco y la llanta trasera de

la bicicleta al cicloparqueadero lo que asegura adecuadamente al vehículo. Sus materiales deberán ser resistentes a la intemperie además de al uso y vandalismo (Municipalidad de Lima, 2017).

3.4.6 Elementos de Protección

En las vías en las cuales las ciclovías carezcan de separación física con los vehículos motorizados, adicionalmente a las marcas en el pavimento (señalización), será necesaria la colocación de elementos que brinden protección al ciclista (Instituto de Desarrollo Urbano, 1999); los elementos protección pueden variar dependiendo de las necesidades de separación y el espacio disponible, es decir pueden ir desde elementos de canalización vial (tachas, bordillos, hitos), mobiliario urbano (bancas, cicloestacionamientos) hasta elementos de paisajismo (arborización, zonas verdes) (Municipalidad de Lima, 2017).

Para el diseño de una infraestructura ciclovial segregada integradas a la calzada, se prefiere el uso de elementos de canalización debido a su bajo costo y rápida instalación como son los bordillos discontinuos de baja altura menor a 15 cm y los hitos tubulares que tienen una altura que oscila entre los 70 – 80 cm de altura (ver Figura 18), evitan que los motorizados invadan (circulen o estacionen) el espacio de circulación exclusivo para las bicicletas; estos dos elementos se pueden disponer de manera intercalada para mejorar la visibilidad y protección de los ciclistas y sólo se interrumpen en los puntos de acceso vehicular a predios, pero se mantiene la demarcación horizontal (Municipalidad de Lima, 2017).

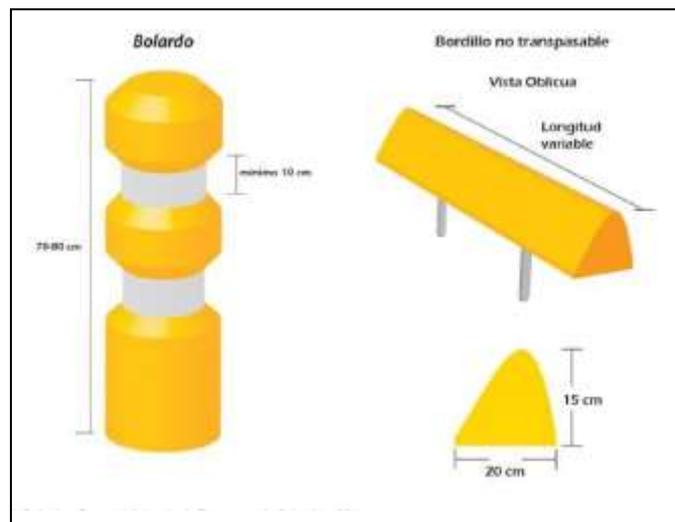


Figura 18. Elementos de Protección
Fuente: (Municipalidad de Lima, 2017)

Se debe señalar que los bordillos pueden ser elementos prefabricados de concreto o plásticos, se recomienda su instalación de manera alternada, con una distancia entre elementos de 0,5 a 1,00 m, de esta manera se permite una adecuada canalización de la vía, en la cual los ciclistas se pueden incorporar o salir fácilmente de la vía delimitada, pero que no sea invadida por los motorizados y además garanticen su visibilidad especialmente en horario nocturno. Otra manera de incrementar la seguridad en la ciclovía es la incorporación de tachones reflectantes complementando la demarcación de las ciclovías. Estos no son muy efectivos en la segregación, pero sí en la demarcación - particularmente de noche (Acero, 2010).

3.5 Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se define como un conjunto organizado de varios elementos (hardware, software, datos geográficos y usuarios); este sistema fue diseñado para capturar, almacenar, manejar, analizar, modelar y representar en todas sus formas la información geográfica referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión del territorio y todos los elementos que lo componen (Sastre, 2010). Entra las razones principales para utilizar Sistemas de Información Geográfica, está la de estructurar la información espacial en diferentes capas temáticas sean está en formato Ráster o Vectorial (ver Figura 19) pudiendo de esta manera exportar los resultados a otros tipos de plataformas informáticas.

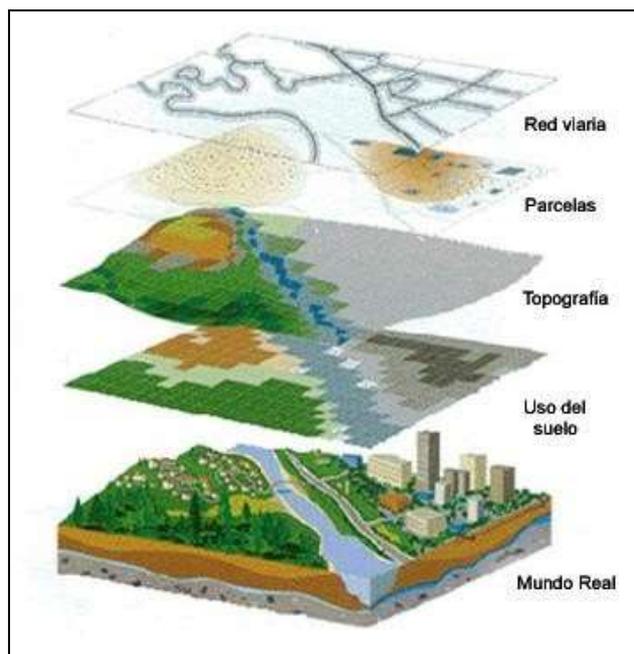


Figura 19. Sistemas de Información Geográfica
Fuente: (MEC, 2006)

Así mismo el uso de este tipo de sistemas facilita la visualización de resultados obtenidos de varios procesos que se realizan a datos obtenidos incluso con otro tipo de técnicas como es la teledetección por tal motivo los SIG también son considerados como sistemas integradores de tecnología pues relacionan fenómenos geográficos de cualquier tipo, desde mapas de carreteras hasta sistemas de identificación de parcelas agrícolas o de densidad poblacional (Sastre, 2010).

3.5.1 SIG y Planificación ciclovial

Conforme se ha ido desarrollando el mundo de la informática a su vez los Sistemas de Información Geográfica han hecho lo suyo, convirtiéndose hoy por hoy en una pieza fundamental a la hora de planificar el territorio, debido a que su campo de acción es muy diverso a la hora de realizar un análisis geográfico (Lopez, 2016). En cuanto a estudios referentes a la movilidad ciclística empleando los Sistemas de Información Geográfica, existen varias experiencias alrededor del mundo, como la producida en Madrid España, donde se desarrollan estudios asociados a la Localización Óptima de Estaciones de Bicicletas Públicas en Madrid mediante el uso de SIG, a través de la plataforma ArcGis Desktop 10 y se usando las extensiones de análisis espacial (Spatial Analyst) y el análisis de redes (Network Analyst) (Gonzalez, 2014). Existen

otros estudios donde se ha usado los SIG en análisis de múltiples variables; en este tipo de evaluaciones se tienen en cuenta factores condicionantes y restrictivos para el funcionamiento del sistema de ciclovia (inseguridad, accidentes, vandalismo) así como agentes externos (clima, señalización, cultura ciclística) y reforzados con datos sobre los usuarios como son matrices de origen y destino, Sociodemográficos, etc. (Gonzalez, 2014).

3.5.2 Localización óptima de Elementos geográficos

Los SIG como se dijo anteriormente permiten de una forma sistémica representar la realidad territorial en diferentes capas (puntos, líneas y polígonos) como se muestra en la Figura 20. Para este análisis es de interés específicamente el tipo de capas lineales, ya que en ésta residen todos los elementos del territorio que llevan una forma de línea. Existen diversos tipos de problemas de planificación territorial sobre la localización óptima de elementos lineales, que los SIG pueden responder como, por ejemplo la localización de caminos/rutas óptimas sobre redes de transporte ya existente o la determinación del nuevo trazado de carreteras u otro tipo de infraestructuras lineales (Gonzalez, 2014).

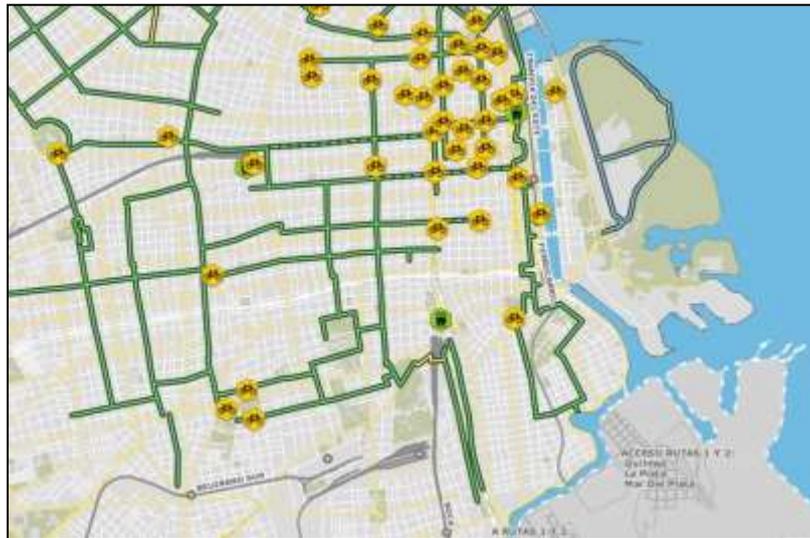


Figura 20. Mapa de Ciclovías y Estaciones Buenos Aires
(Gobierno de Buenos Aires, 2015)

En el entorno de los SIG se han desarrollado herramientas de localización óptima de servicios que pueden ser de gran utilidad a la hora de localizar las estaciones de bicicletas en función de la distribución de la oferta y la demanda. Además, en varios estudios se destaca el diseño de modelos espaciales que permita encontrar entre un conjunto de sitios, la ubicación de las instalaciones de un determinado tipo, así como su capacidad, con el fin de cumplir con un objetivo (u objetivos) predefinido, al tiempo que satisfacen la demanda de un determinado número de centros (Latorre, 2012). A continuación, se plantean varias soluciones con las cuales se puede resolver los problemas de localización como son:

- **Eficiencia:** se busca obtener bases óptimas de una localización espacial de un objeto con respecto a otro, con el fin de establecer una relación demanda-localización adecuada, reduciendo de esta manera al máximo los costes de desplazamientos desde los puntos de demanda hasta las soluciones halladas. Esto puede darse en varios modelos como por

ejemplo un modelo que permita la minimización del desplazamiento total de los usuarios, o a su vez la conexión con otros sistemas modales, o también un modelo que establezca la maximización de la accesibilidad espacial de la población potencialmente usuaria hasta las bases de bicicletas en tiempos reducidos.

- **Equidad espacial:** establece homogeneizar la accesibilidad espacial de la demanda potencial a las bases de bicicletas. De esta manera se evita penalizar aquellos puntos de demanda, que por su aislamiento no tienen una buena conexión con la red.
- **Cobertura espacial:** permite desarrollar modelos que cubran un determinado radio de distancia o tiempo a la mayor población posible; a través del desarrollado varias metodologías entre las que destaca el problema de cobertura máxima, que garantiza que el máximo número posible de potenciales usuarios se encuentren a una determinada distancia de la red de bases de bicicletas (Latorre, 2012).

3.5.3 Análisis de Redes

Se considera a una red como un sistema que esta interconectado por varios elementos lineales, que forma una estructura espacial por la que pueden pasar flujos de algún tipo: personas, transporte, energía, información, etc. Una red, gráficamente está constituida por dos tipos de elementos relacionados entre sí: nodos o vértices y arcos o aristas como se muestra en la Figura 21. Los nodos o vértices de la red pueden venir constituidos por los puntos de origen y destino de los intercambios (ciudades, puertos, aeropuertos o centros de zona -denominados centroides), mientras que los arcos o aristas se identifican con las rutas, tanto si tienen estructura física de soporte (rutas terrestres) como si no cuentan con ella (rutas marítimas, aéreas), o con los flujos (pasajeros, mercancías) que por ellas circulan cuando se trata de redes valorizadas (Madrid & Ortiz, 2005).

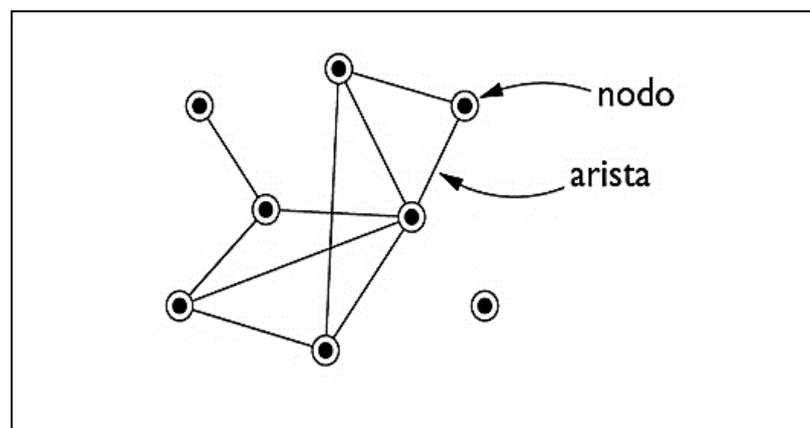


Figura 21. Elementos de una Red

Fuente: (Ortega, 2016)

Los nodos pueden adquirir importancia dependiendo de su grado de funcionalidad, lo que los puede convertir en puntos de atracción o de paso; por otro lado, los arcos adquieren más importancia de acuerdo con la cantidad de flujos o funciones que atribuya cada elemento, lo que permite generar una jerarquía de la red. Al interior de la red existen reguladores que se denominan impedancia y se asocia al costo del desplazamiento a través de la red (Madrid & Ortiz, 2005). En la actualidad existe diferentes plataformas virtuales que son utilizadas para el análisis de redes las

cuales como se mencionó anteriormente permiten modelizar de forma muy dinámica y realista las condiciones de funcionamiento de cualquier red y construir redes fácilmente a partir de los datos geográficos utilizando un modelo de datos de red sofisticado (Aguirre, 2016); dentro de las principales plataformas virtuales que manejan Sistemas de Información Geográfica esta ArcGIS de la empresa Esri que a través de su extensión Network Analyst se puede calcular rutas y estudiar la accesibilidad a un punto geográfico concreto (ver Figura 22), rutas de acceso de emergencias basadas en el tiempo de viaje, análisis del recorrido más eficiente en la recogida de residuos, determinación de estaciones de bombero o policía cercanas a una zona, etc.

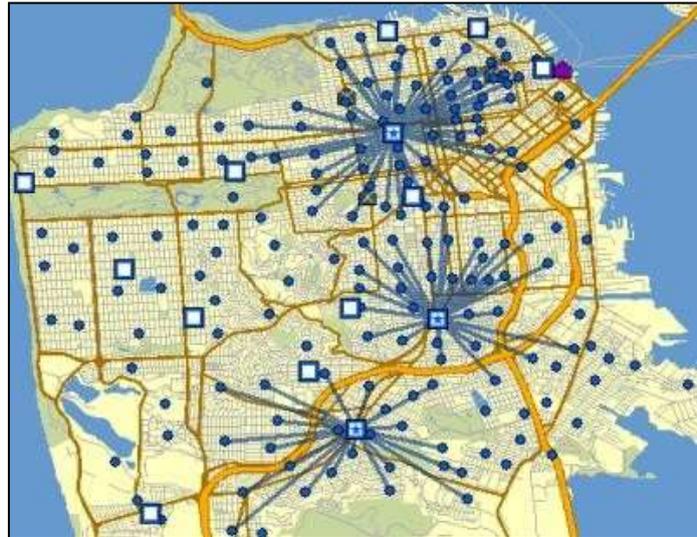


Figura 22. Ubicaciones óptimas para un comercio
Fuente: (Aguirre, 2016)

Adicionalmente la extensión ArcGIS Network Analyst puede resolver las cuestiones que se detallan a continuación:

- Encontrar rutas más cortas de un punto a otro.
- Producir rutas más eficientes para flotas de vehículos que tienen que visitar muchos puntos en su día a día.
- Utilizar ventanas temporales en las que los vehículos pueden llegar a ciertas localizaciones y localizar los servicios más cercanos.
- Determinar cuál es la localización óptima de servicios y definir áreas de servicio basadas en el tiempo estimado de viaje o en la distancia.
- Generar una matriz de costes de traslados desde cada punto de origen a cada uno de los destinos de la red.

4 METODOLOGÍA

Una vez planteados los objetivos y revisada la literatura se determinó que la metodología que se aplicará al presente proyecto será de carácter exploratoria, pues según Dankhe (1986), este tipo de estudios se efectúan, cuando el objetivo de la investigación es analizar o examinar un determinado tema o problema, que a la fecha de la investigación ha sido abordado muy poco o en nada; si bien es cierto existen pocos trabajos relacionados con el tema, y más aún escasos, estudios que se enfoquen en una correcta planificación del territorio y transporte utilizando herramientas de Sistemas de Información Geográfica. En la Figura 23 se muestra el esquema metodológico que se adoptó para el presente estudio, el cual se divide en las siguientes fases:

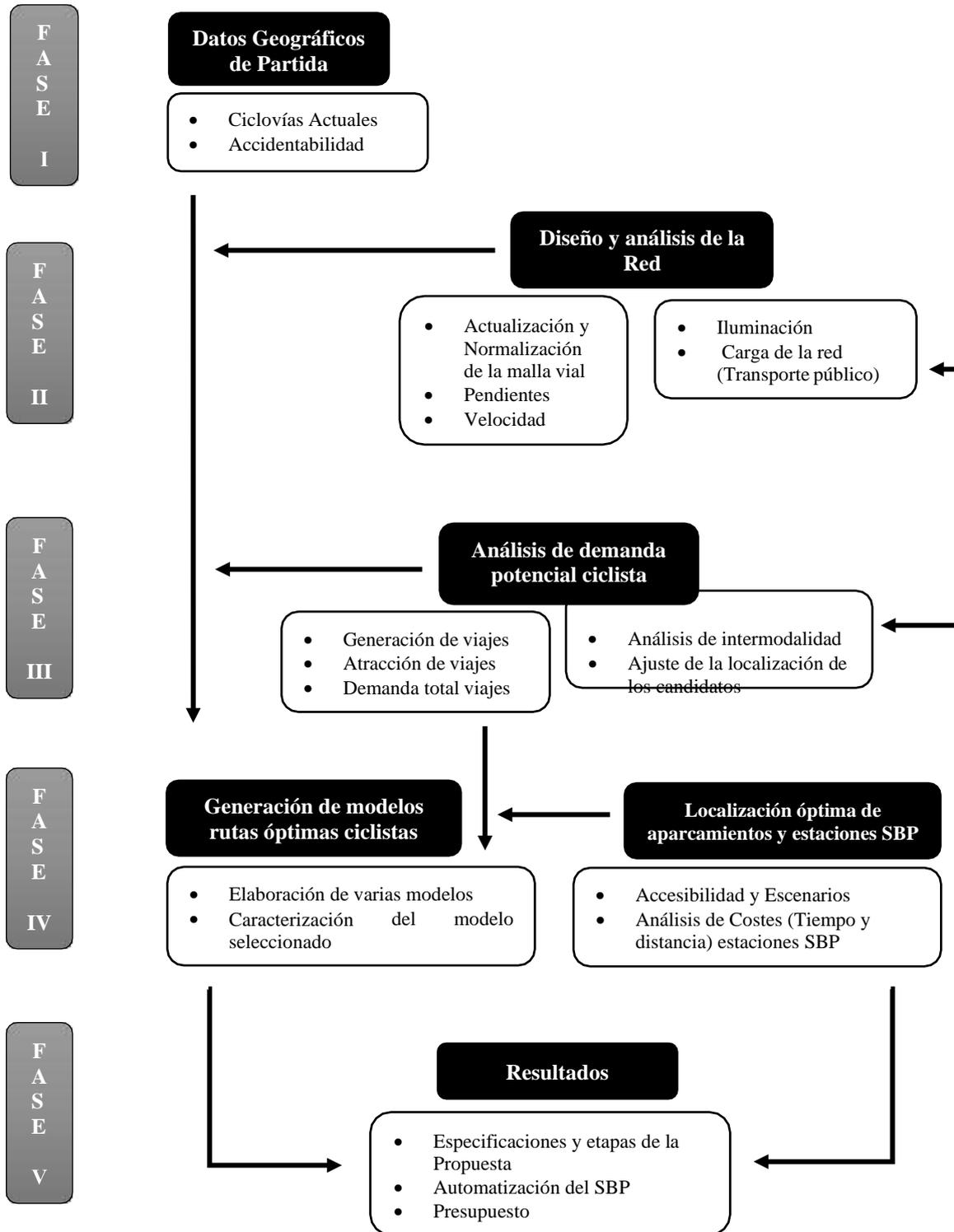


Figura 23. Esquema metodológico
Fuente: Elaboración propia

4.1 Datos de Geográficos de partida

Para la presente investigación, las principales fuentes de información fueron los geo-portales del Sistema Nacional de información (SNI) y del Distrito Metropolitano de Quito las mismas que sirvieron como base para la realización de posteriores geo-procesos y a su vez la generación de nueva información.

4.1.1 Ciclovías Actuales

Actualmente el Distrito Metropolitano de Quito cuenta con una infraestructura oficial ciclista de aproximadamente 88 kilómetros de longitud, principalmente localizada en el Hipercentro de Quito; adicionalmente existen varios proyectos a cargo del Ministerio de Transporte y Obras públicas que a través del Plan Nacional de Ciclovías pretende la construcción de rutas segregadas y de espaldón que permitan promover el derecho de las personas a movilizarse de forma segura en bicicleta (ver Figura 24).

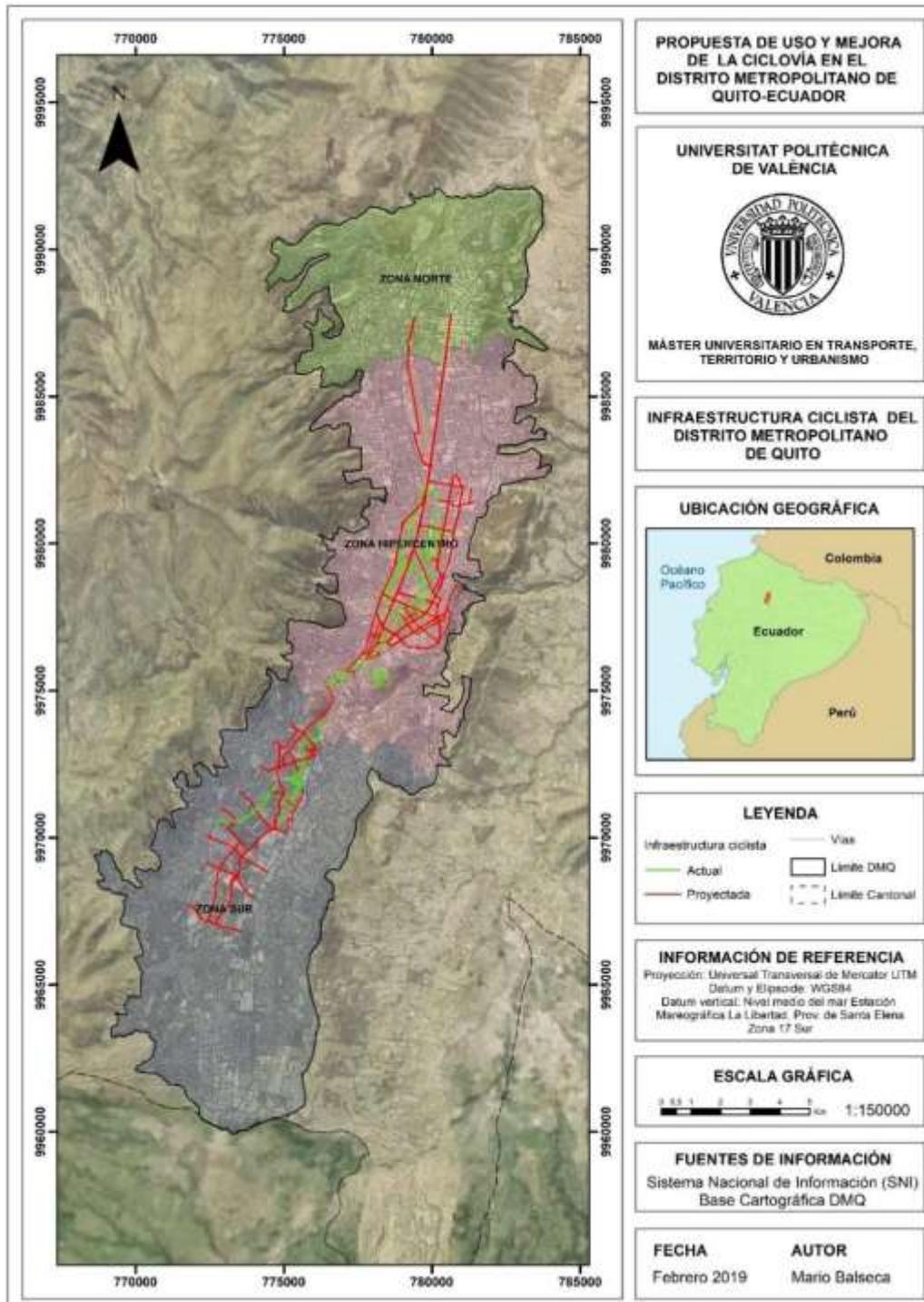


Figura 24. Infraestructura Ciclista DMQ
Fuente: Elaboración propia



Sin embargo, esta iniciativa ha tenido pocos resultados pues a pesar de no estar las obras entregadas, tienen serios problemas de planificación como lo es la falta de continuidad de las rutas, escasos separadores físicos entre las vías exclusivas de bicicletas y el resto de los vehículos motorizados además de un trazado de ciclovías en tramos con elevadas pendientes.

Tabla 15. Análisis de infraestructura actual y proyectada del DMQ

<i>Zonas</i>	<i>Actual (Km)</i>	<i>Proyectado (Km)</i>	<i>Total general (Km)</i>
Zona Norte	-	15,11	15,11
<i>Compartido</i>	-	15,11	15,11
Zona Hipercentro	71,98	81,66	153,63
<i>Carril Bicicleta</i>	18,19	4,24	22,43
<i>No especifica</i>	-	55,03	55,03
<i>Segregado</i>	11,16	-	11,16
<i>Compartido</i>	42,63	22,38	65,01
Zona Sur	15,86	61,99	77,85
<i>Carril Bicicleta</i>	-	1,54	1,54
<i>Segregado</i>	6,03	-	6,03
<i>Compartido</i>	9,83	60,45	70,28
Total general	87,84	158,75	246,59

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 15 se puede observar que apenas el 20,70% de la infraestructura ciclista actual es de uso exclusivo para ciclistas; el 25,42% de la red si bien es cierto es de uso prioritario de bicicletas más aun esta se encuentra sobre la calzada separada del tráfico mediante elementos de protección y con un porcentaje mayor que supera el 50% se encuentran los carriles compartidos por los cuales circulan ciclistas y vehículos motorizados; adicionalmente se confirmó que la mayoría de la infraestructura ciclista actual como la proyecta se encuentra localizada en la zona del Hipercentro con una distancia de 153,63 km seguidamente de la Zona Sur con 77,85 Km y finalmente la Zona Norte con 15,11 Km.

En cuanto al análisis de accesibilidad a las estaciones del SBP “BiciQuito” se consideró para el presente análisis la situación actual de la ciclovía, (25 estaciones funcionales). Como se muestra en la Figura 25. la accesibilidad al SBP BiciQuito es deficiente y poco accesible pues solo está diseñado para usuarios que se trasladen dentro del Hipercentro de la ciudad.

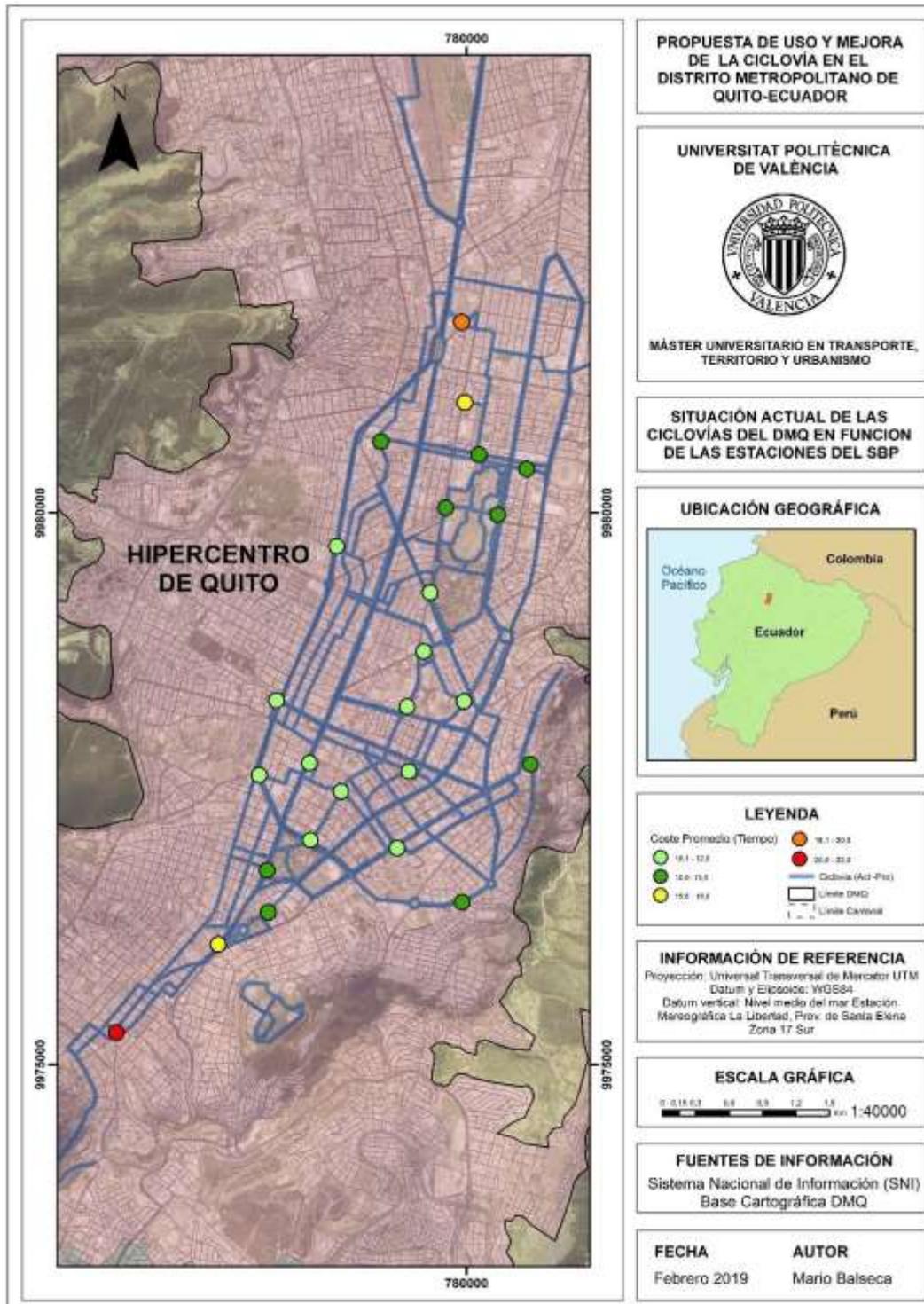


Figura 25. Situación actual de la ciclovía del DMQ en función de las estaciones del SBP
 Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la Tabla 16 se midieron las distancias máximas, mínimas y el promedio entre estaciones del SBP “BiciQuito” dando los siguientes resultados:



Tabla 16. Situación Actual ciclovías y SBP

<i>Estación</i>	<i>Costo Tiempo (Minutos)</i>			<i>Costo Distancia (Metros)</i>		
	Mínimo	Máximo	Media	Mínimo	Máximo	Media
<i>Santo Domingo</i>	7,07	36,41	21,84	1436,28	7439,95	4534,76
<i>Santa Clara</i>	2,66	21,17	10,66	531	4292,3	2195,6
<i>El Ejido</i>	2,32	25,15	11,57	513,58	5212,29	2426,66
<i>IESS</i>	2,19	26,41	13,03	458,8	5339,37	2698,62
<i>Alameda</i>	3,51	30,09	15,95	699,65	6154,34	3340,34
<i>Asamblea Nacional</i>	2,19	28,58	14,21	458,8	5795,98	2954,46
<i>Parque Navarro</i>	5,96	27,55	14,76	1190,06	5793,47	3167,69
<i>Mirador de Guápulo</i>	6,43	23,89	14,3	1303,25	5483,74	3001,2
<i>U. Católica</i>	4,05	25,87	12,4	810,85	5218	2546,91
<i>Santa Teresita</i>	2,32	22,86	10,65	513,58	4703,29	2209,6
<i>Admin. La Mariscal</i>	3,7	21,73	10,75	741	4389,19	2208,09
<i>Colegio Militar</i>	2,73	20,69	10,1	545,08	4357,23	2081,03
<i>Seminario Mayor</i>	3,39	19,23	11,25	728,73	3996,97	2354,76
<i>U. Central</i>	3,08	22,42	11,9	616,38	4685,88	2477,53
<i>San Gabriel</i>	5,43	24,92	12,28	1218,79	5015,4	2644,22
<i>Plaza Américas</i>	4,57	30,35	14,57	929,08	6234,19	3021,77
<i>Cruz del Papa</i>	2,08	31,69	14,59	522,15	6710,73	3147,85
<i>Las Cámaras</i>	3,62	26,47	11,45	723,4	5395,99	2351,65
<i>Min. Agricultura</i>	2,73	23,36	10,42	545,08	4890,31	2154,53
<i>FLACSO</i>	3,57	22,95	11,02	714,04	4670,54	2257,49
<i>Portugal</i>	2,08	31,5	14,45	522,15	6550,37	3003
<i>Estadio Olímpico</i>	2,48	33,52	15,26	495,84	6805,53	3121,43
<i>NNUU</i>	2,48	32,04	14,52	495,84	6621,57	2993,31
<i>Admin. E. Espejo</i>	3,24	33,65	16,14	647,08	6942,97	3313,26
<i>Plaza de Toros</i>	4,53	36,41	19,10	906,23	7439,95	3901,61
Total	2,08	36,41	13,49	458,80	7439,95	2804,29

Fuente: Elaboración propia

En función del tiempo y la velocidad promedio entre estaciones se determinó que la velocidad media es de 12,5 Km/h, sin embargo, existen varios tramos de la ciclovía en donde por la topografía de la ciudad dificulta al ciclista movilizarse de una estación a otra alcanzando velocidades mínimas de 6,5 Km/h.

4.1.2 Accidentabilidad

En el año 2014 se registraron 111 casos de atropellamientos y arrollamientos tanto a ciclistas como a peatones (ver Figura 26); sin embargo, las estadísticas de accidentabilidad no necesariamente reflejan las cifras reales de incidentes, debido a que muchos de los mismos no son reportados o denunciados, también es conveniente mencionar que el aumento de siniestros se puede explicar por el incremento de ciclistas en la capital. Según un estudio realizado por el Plan Decenal de Salud 2015-2025 elaborado por la Secretaría de Salud del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito establece que entre las cinco primeras causas de mortalidad en Quito se encuentra con un 4,5% los accidentes de transporte terrestre, además para (Duque, 2015) quién es su trabajo “Guía para evaluar el impacto del uso de ciclорrutas en el Ecuador determinó que

los conductores de vehículos motorizados no ceden el paso a ciclistas en las intersecciones o vueltas derechas, además que no respetan los límites de velocidad, los peatones se cruzan e invaden constantemente el carril de la CicloVía y algunas paradas de transporte publico obstruyen la vía, provocando de esta manera en ciertos casos algún tipo de siniestro.

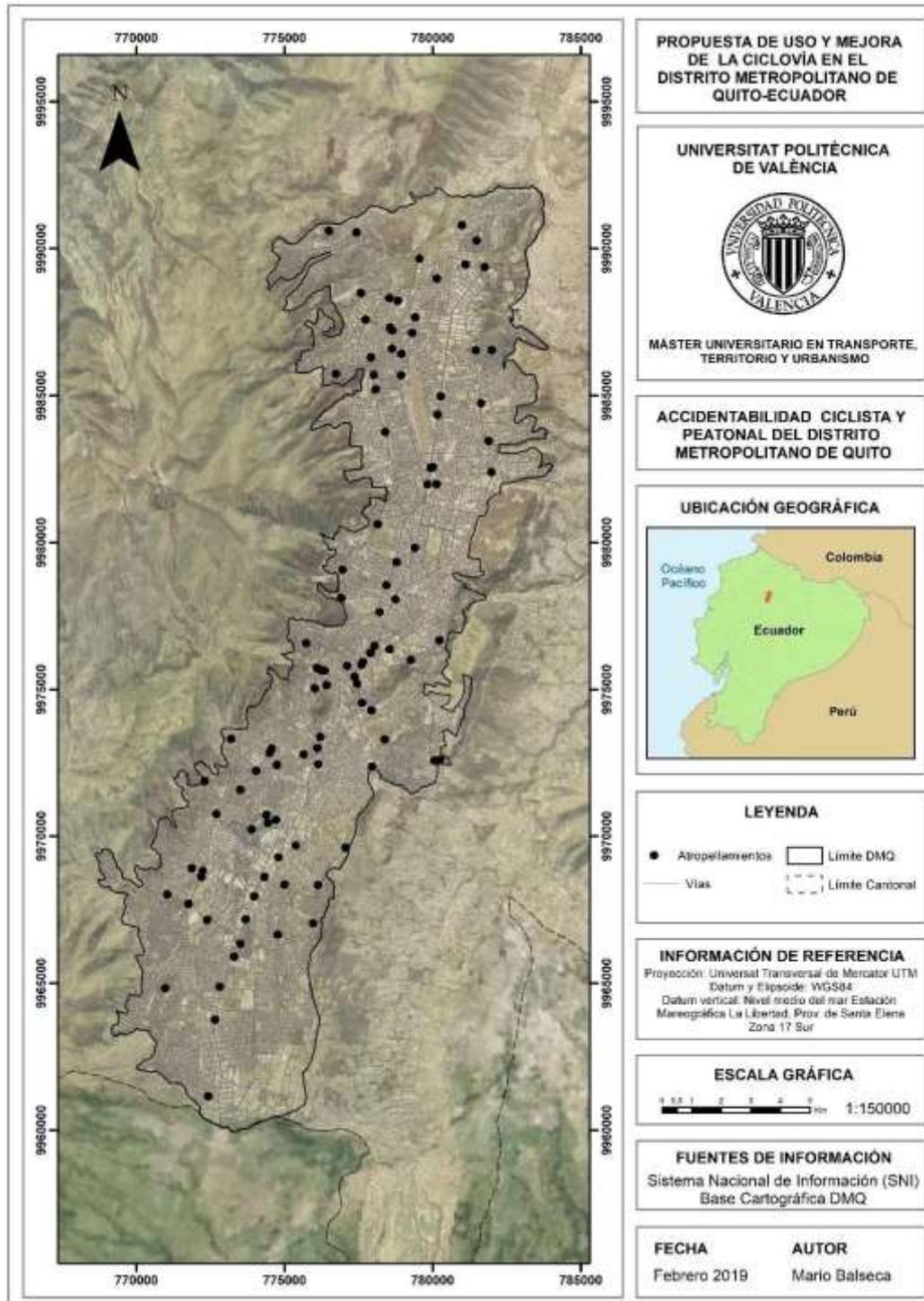


Figura 26. Accidentabilidad ciclista y peatonal en el DMQ

Fuente: Elaboración propia



4.2 Diseño y análisis de la red

La circulación en bicicleta se va a modelar sobre toda la red vial del Municipio Metropolitano de Quito, mediante el programa ArcGis y especialmente utilizando la extensión de *Network Analyst* para su ejecución es de vital importancia que los arcos (vías, calles, ciclovías) tengan una correcta conectividad entre sí; además sobre la red se realizaran otros análisis como su iluminación, pendiente, etc. que servirán como restricciones en el modelo y se ajuste de mejor manera a la realidad.

4.2.1 Actualización y Normalización de la malla vial

Previamente para realizar el modelo se verificó que la red no contenga errores de topología, además se actualizó la misma digitalizando nuevas calles en base a la Ortofoto del DMQ e imágenes de satélite Digital Globe del presente año disponibles en Google Earth; una vez comprobado que las calles tienen plena conectividad, se establece que todas son transitables tanto a pie como en bicicleta y se permite cualquier tipo de giro (“giros universales” y “giros en U”), lo que se corresponde con la realidad peatonal y ciclista del área de estudio (ver Figura 27).

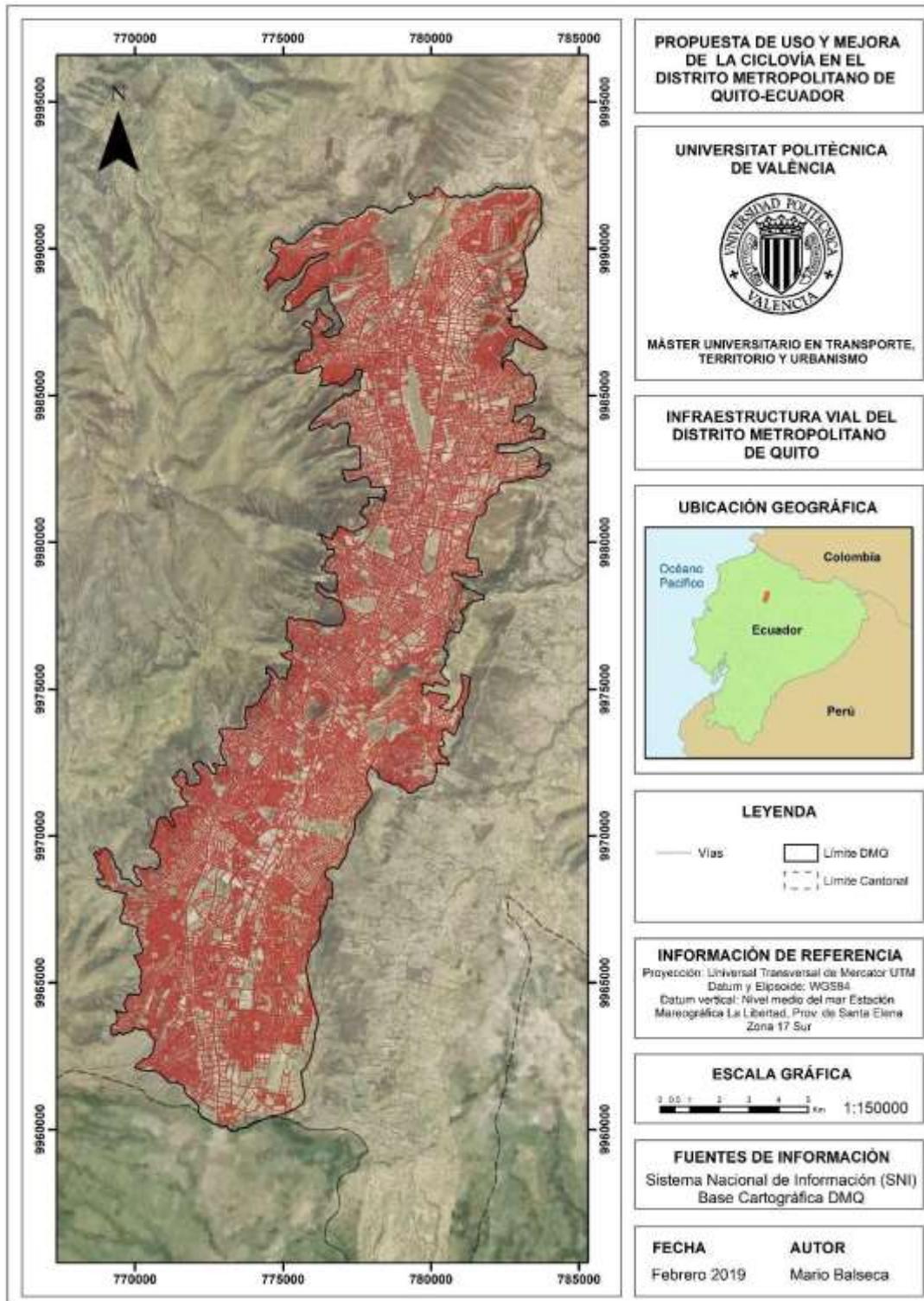


Figura 27. Infraestructura vial actualizada del DMQ

Fuente: Elaboración propia

4.2.2 Pendientes

Quito es una ciudad que se extiende aproximadamente 35 Km de norte a sur y un promedio de 5 Km de este a oeste, su emplazamiento es angosto debido a que la ciudad está limitada al este por la falla geológica de Quito y al oeste por el volcán Pichincha; estas barreras naturales impiden que haya más vías para desahogar el tránsito vehicular; además de su geología otro gran problema



con el que conviven a diario los usuarios de la infraestructura ciclista, es la topografía de la ciudad, pues cuenta con pendientes bastante pronunciadas implicando así un sobreesfuerzo en las subidas, y un aumento de la velocidad en bajadas. Por tal razón en el presente estudio es de suma importancia obtener el grado de inclinación en los segmentos de la red y así ser considerada como una restricción a la hora de realizar el modelo.

La Ordenanza No. 3445 que contiene las Normas de Arquitectura y Urbanismo recomienda una pendiente de 3-5 % (sean estas ascendentes o descendientes) para el diseño de ciclovías ya que da confortabilidad al ciclista a la hora del ascenso y descenso, sin embargo, la bibliografía también determina que la pendiente puede estar en función de la longitud de la vía, por lo tanto y teniendo en cuenta que como se explicó anteriormente la topografía de la ciudad es demasiado cambiante al limitar una pendiente al 5% se sesgaría demasiado la información y muchas vías a las que se las podría considerar como compartidas serían no aptas, por tal razón se utilizó la siguiente Tabla 17 para categorizar las vías con longitudes máximas de arcos con pendientes mayores al 5% en valores absolutos.

Cabe señalar que esta acción se considerará en la propuesta de mejora del Sistema de bicicleta pública pues se pretende en estas áreas de conflicto disponer de un porcentaje de bicicletas eléctricas para comodidad del usuario.

Tabla 17. Longitudes máximas de arcos con pendientes >5%

<i>Inclinación Longitudinal</i> (%)	<i>Longitud Máxima</i> (m)
<i>Entre 5% - 6%</i>	240
<i>Entre 6% - 7%</i>	120
<i>Entre 7% - 8%</i>	90
<i>Entre 8% - 9%</i>	60
<i>Entre 9% - 10%</i>	30
<i>Mayor a 10%</i>	15

Fuente: (Generalitat de Catalunya, 2008)

Para obtener las pendientes de las vías se utilizó como fuente de información las curvas de nivel escala 1:5000 a través de las cuales se generó un Modelo Digital del Terreno (MDT), una vez obtenido el modelo con el proceso anterior; mediante el uso de la herramienta *Interpolate Shape (3D Analyst)* de ArcGis se interpola las propiedades de elevación de la superficie con la entidad de vías, creando así una nueva capa de polilíneas (vías) en 3 dimensiones a las cuales se les realizó otro proceso el consiste en aplicarle a esta capa la herramienta *Add Z Information (3D Analyst)* la cual otorga ciertas propiedades a la vías como lo son: sus pendientes promedios y las cotas de los puntos iniciales y finales de cada arco en función de cómo se realizó la digitalización de la red; estas cotas permiten definir si una vía tiene una pendiente ascendente o descendente; para posteriormente asignarles una velocidad.

A continuación, en la Figura 28 se muestra la clasificación de la red vial en función de su pendiente, donde visualmente se nota claramente que tienden a ascender conforme las vías se acerca tanto al este como al oeste, ya que como se expuso anteriormente la capital se encuentra entre barreras naturales montañosas.

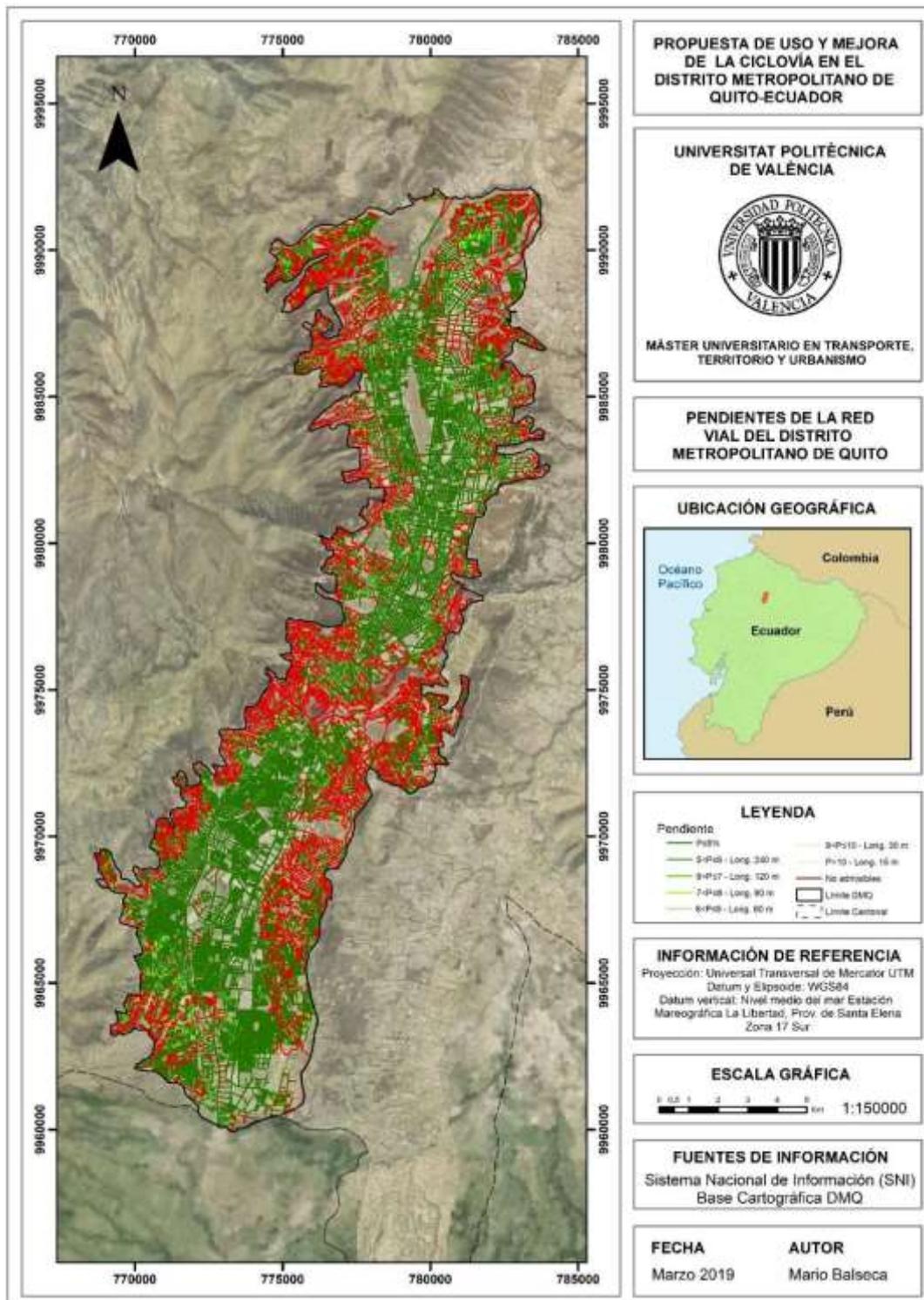


Figura 28. Pendientes de la red vial del DMQ
 Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 18 se observa que más de la mitad de la red vial de la ciudad incluidas también las ciclovías segregadas tienen una pendiente inferior al 5%, sin embargo, los resultados indican además que existe una longitud considerable de vías no aptas para formar parte de la infraestructura ciclista, estas abarcan prácticamente un tercio de la red vial en la capital.



Tabla 18. Pendientes de la Red vial de DMQ

<i>Pendientes de la Red vial del DMQ</i>	<i>Distancia (Km)</i>	<i>Porcentaje (%)</i>
<i>P ≤ 5%</i>	2178	56,34
<i>5 < P ≤ 6 - Long. 240 m</i>	214	5,52
<i>6 < P ≤ 7 - Long. 120 m</i>	118	3,05
<i>7 < P ≤ 8 - Long. 90 m</i>	71	1,84
<i>8 < P ≤ 9 - Long. 60 m</i>	33	0,85
<i>9 < P ≤ 10 - Long. 30 m</i>	4	0,10
<i>P > 10 - Long. 15 m</i>	4	0,11
<i>No admisibles</i>	1245	32,19
<i>Total general</i>	3867	100,00

Fuente: Elaboración propia

4.2.3 Velocidad

Según la Ordenanza No. 3445 sobre las Normas de Arquitectura y Urbanismo los carriles de la ciclovia se diferenciarán de la calzada, sea mediante cambio de material, textura y color o a través del uso de elementos de protección longitudinales llamados “topellantas” o tachas de protección donde su velocidad de proyecto será de 40 Km/h y la velocidad máxima de operación de 30 Km/h. Por su parte el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004 establece que en entornos urbanos que cuentan con una topografía plana, los ciclistas tienen una velocidad promedio entre 15 km/h y 20 km/h, si existen pendientes ascendentes, su velocidad puede reducirse a hasta 10 km/h. En cambio, si hay pendientes descendentes, los ciclistas alcanzan velocidades de hasta 40 km/h.

Sin embargo, como se mencionó anteriormente la topografía de Quito es un factor importante que limita las condiciones de diseño y mejora de las ciclovías actuales sean estas exclusivas, segregadas o compartidas. Por tal razón y a pesar de que no exista un estudio puntual sobre velocidades promedio urbanas en la capital; se determinó que la velocidad que se asignará al modelo es de 12 km/h cuando los arcos de pendiente sean menores o iguales al 3% en valor absoluto, este valor se lo calculó mediante la relación tiempo-distancia que propone (Mesías, 2015) en su trabajo sobre “Análisis de la implantación de las ciclovías y el Sistema BiciQ, en la movilidad de Quito” pues compara el coste tiempo-precio entre dos medios de transporte (bicicleta y taxi), en un trayecto con mismos puntos de origen y destino, los cuales fueron el centro comercial Ñaquito (CCI) y la Av. Patria respectivamente, ambas rutas realizadas sobre la Av. Amazonas y en el mismo horario (carril exclusivo); los resultados de este estudio arrojaron que el taxi se demora 18 minutos y el usuario de bicicleta 19 minutos recorriendo una distancia de 3,8 Km; a su vez también se verificó las pendientes promedio de los arcos los cuales no superan una pendiente de 3% en valor absoluto, como se observa en la Tabla 19.



Tabla 19. Análisis de Pendiente Tramo CCI- Av. Patria

<i>Nombre Vía</i>	<i>Pendiente Mínima (%)</i>	<i>Pendiente Máxima (%)</i>	<i>Pendiente Promedio (%)</i>	<i>Distancia (Km)</i>
Av. Río Amazonas	0,00	0,00	0,00	0,10
Av. Río Amazonas	0,00	0,00	0,00	0,10
Av. Río Amazonas	0,00	0,00	0,00	0,10
Av. Río Amazonas	0,00	0,00	0,00	0,10
Av. Río Amazonas	0,00	0,00	0,00	0,10
Av. Río Amazonas	0,00	0,00	0,00	0,10
Av. Río Amazonas	0,00	0,00	0,00	0,08
Av. Río Amazonas	0,00	2,34	1,10	0,16
Av. Río Amazonas	2,16	2,24	2,17	0,13
Av. Río Amazonas	2,16	2,20	2,16	0,06
Av. Río Amazonas	2,16	2,20	2,17	0,06
Av. Río Amazonas	2,16	2,16	2,16	0,06
Av. Río Amazonas	2,16	2,36	2,17	0,04
Av. Río Amazonas	2,28	2,36	2,29	0,09
Av. Río Amazonas	1,95	2,23	2,21	0,09
Av. Río Amazonas	1,96	2,08	2,00	0,10
Av. Río Amazonas	2,06	2,11	2,06	0,10
Av. Río Amazonas	2,14	2,14	2,14	0,04
Av. Río Amazonas	1,17	2,14	2,10	0,05
Av. Río Amazonas	2,00	2,06	2,03	0,01
Av. Río Amazonas	2,07	2,07	2,07	0,03
Av. Río Amazonas	0,00	2,04	0,02	0,41
Av. Río Amazonas	0,00	0,00	0,00	0,09
Av. Río Amazonas	0,00	0,00	0,00	0,03
Av. Río Amazonas	0,00	0,00	0,00	0,02
Av. Río Amazonas	0,00	0,00	0,00	0,03
Av. Río Amazonas	0,00	0,00	0,00	0,07
Av. Río Amazonas	0,00	0,00	0,00	0,13
Av. Río Amazonas	0,00	0,00	0,00	0,21
Av. Río Amazonas	0,00	0,00	0,00	0,04
Av. Río Amazonas	0,00	0,00	0,00	0,03
Av. Río Amazonas	0,79	0,79	0,79	0,07
Av. Río Amazonas	0,64	0,84	0,65	0,07
Av. Río Amazonas	0,33	2,30	1,36	0,06
Av. Río Amazonas	0,05	0,98	0,45	0,06
Av. Río Amazonas	0,01	0,01	0,01	0,06
Av. Río Amazonas	0,16	2,33	0,86	0,14
Av. Río Amazonas	0,00	2,09	1,18	0,32
Av. Río Amazonas	1,84	2,20	1,96	0,26
	0,00	2,36	0,93	3,79

Fuente: Elaboración propia



Para los demás segmentos de la curva de la velocidad en función de la pendiente se utilizó como base de análisis y posteriores cálculos el trabajo de (Latorre, 2012) pues manifiesta es su obra “Localización óptima de bases de bicicletas públicas en Madrid mediante los Sistemas de Información Geográfica” una velocidad en pendientes llanas ($-3\% \leq P \leq 3\%$) de 11,55 Km/h y a partir de ahí propone ciertos rangos de pendientes y limitaciones de velocidad que se describen a continuación:

En pendientes descendentes menores al 3% ($p > -3\%$) se calcule la velocidad utilizando la siguiente fórmula:

$$v_{p < -3\%} = \frac{(2,0288p^2 - 45,205p + 262,14)}{36} \quad (1)$$

A las pendientes ascendentes las clasifica en dos rangos; las primeras van de ($3\% < P \leq 10\%$) en donde la velocidad de circulación disminuye 0,85 Km/h por cada grado de pendiente hasta un 10% es decir:

$$v_{3\% \leq P \leq 10\%} = 11,55 - [(0,85p) + 3] \quad (2)$$

Y en pendientes superiores al 10% la cual desaconseja la Dirección General de Tráfico (DGT) la velocidad que propone es de 4Km/h pues es la velocidad de un viandante lo que asume que el usuario de la bicicleta se baja de la misma y circula con ella caminando.

Una vez definido cuales son los parámetros y restricciones que se tomaran en cuenta para construir el modelo de velocidades de la infraestructura ciclista en función de la velocidad se plantean las siguientes ecuaciones cuadráticas que se observan en el Figura 29:

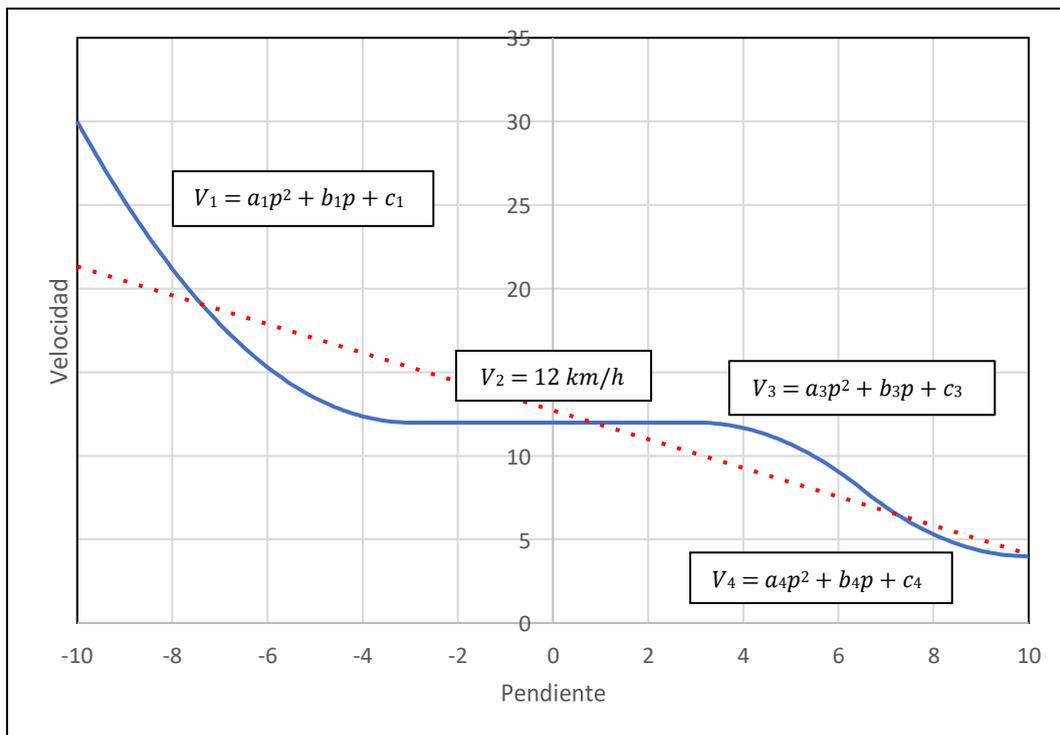


Figura 29. Gráfico velocidad – Pendiente
Fuente: Elaboración propia



$$V_1 = a_1p^2 + b_1p + c_1 \quad (3)$$

$$V_2 = 12 \text{ km/h} \quad (4)$$

$$V_3 = a_3p^2 + b_3p + c_3 \quad (5)$$

$$V_4 = a_4p^2 + b_4p + c_4 \quad (6)$$

Donde;

V_1, V_2, V_3, V_4 : Velocidades

p : Pendiente

$a_1, b_1, c_1, a_3, b_3, c_3, a_4, b_4, c_4$: Coeficientes a determinar; $a_1, a_3, a_4 > 0$

Las restricciones que tendrá el modelo son:

$V_{\max.} = 30 \text{ Km/h}$: Pendientes descendentes ($P \leq -10\%$)

$V=12 \text{ Km/h}$: Pendientes llanas ($-3\% \leq P \leq 3\%$)

$V_{\max.} = 4 \text{ Km/h}$: Pendientes ascendentes ($P \geq 10\%$)

Una vez definas las ecuaciones de partida y sus restricciones, se calculó los valores de los coeficientes, a través de una serie de procesos matemáticos y mediante el uso del complemento *solver* que forma parte de la aplicación de hojas de cálculo Microsoft Excel dando como resultado las siguientes ecuaciones:

$$V_1 = 0,367p^2 + 2,204p + 15,306 \quad (7)$$

$$V_2 = 12 \text{ km/h} \quad (8)$$

$$V_3 = -0,327p^2 + 1,959p + 9,061 \quad (9)$$

$$V_4 = 0,327p^2 - 6,531p + 35,653 \quad (10)$$

A continuación, se creó un nuevo campo en la capa de infraestructura vial de Quito y se asignó velocidades en función de las pendientes como se muestra en la Figura 30; cabe señalar que no se considerará los arcos que tengan pendientes no admisibles al generar el modelo.

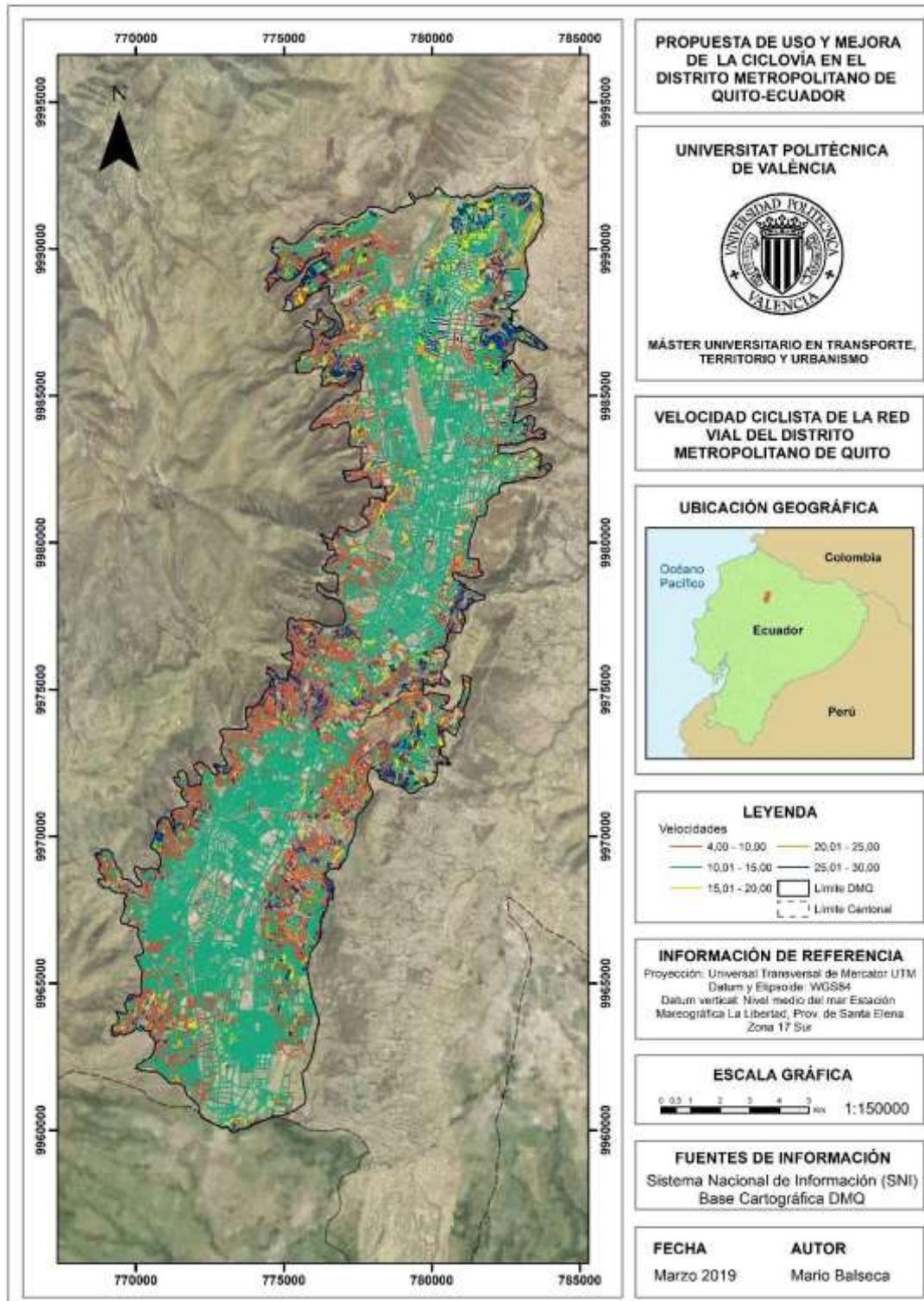


Figura 30. Velocidad ciclista de la red vial del DMQ

Fuente: Elaboración propia



4.2.4 Carga de la red (Transporte público)

Según estudio realizado en el año 2017 por la Agencia ecológica Urbana de Barcelona en colaboración con el Municipio Metropolitano de Quito se determinó, que en la actualidad el servicio de transporte público cubre un elevado porcentaje del territorio especialmente en el área urbana donde en ciertas vías circulan varias líneas de autobuses, su calidad en el servicio presenta deficiencias que se caracterizan principalmente por las longitudes de ruta con tiempos de viaje excesivos, irregularidades en el cumplimiento de horarios y frecuencias, informalidad en las paradas para recoger y dejar pasajeros, y una deficiente condición de confort debido al exceso de pasajeros en las unidades durante los periodos de horas pico, con respecto a la capacidad máxima de las unidades.

El tiempo de viaje de los usuarios se incrementa innecesariamente debido al bajo promedio de velocidad comercial la cual es para el sistema convencional es de aproximadamente 12 km/h mientras que el sistema de corredores BRT puede alcanzar velocidades de 19,8 km/h en las áreas urbanas.

Para (Bussi, 2016) en su “Lineamientos para la planificación de vías seguras para Ciclistas. Caso testigo: ciudad de Junín, provincia de Buenos Aires” determina que, para una correcta planificación de ciclovías y bicisendas, se debe tener en cuenta tanto la seguridad vial como la movilidad, en donde se debe evitar preferentemente la coexistencia de ciclovías con rutas de buses o que tengan una frecuencia baja, pues los ciclistas además de sentirse inseguros constantemente cuando comparte carril con el transporte público también deber soportan el ruido y contaminación ambiental, haciéndose más intenso cuando se trata de avenidas más estrechas.

En la Figura 31 se indica cuáles son las rutas e itinerarios con mayor carga de transporte público sobre la infraestructura vial, sean estos de servicio: convencional, Integrado y BRT; para determinar esta información se precisó realizar un conteo de las rutas que pasan por cada tramo de vía a través de la herramienta “*Spatial Join*” de ArcGis, y posteriormente se clasifican según el número de rutas que pasan por cada vía.

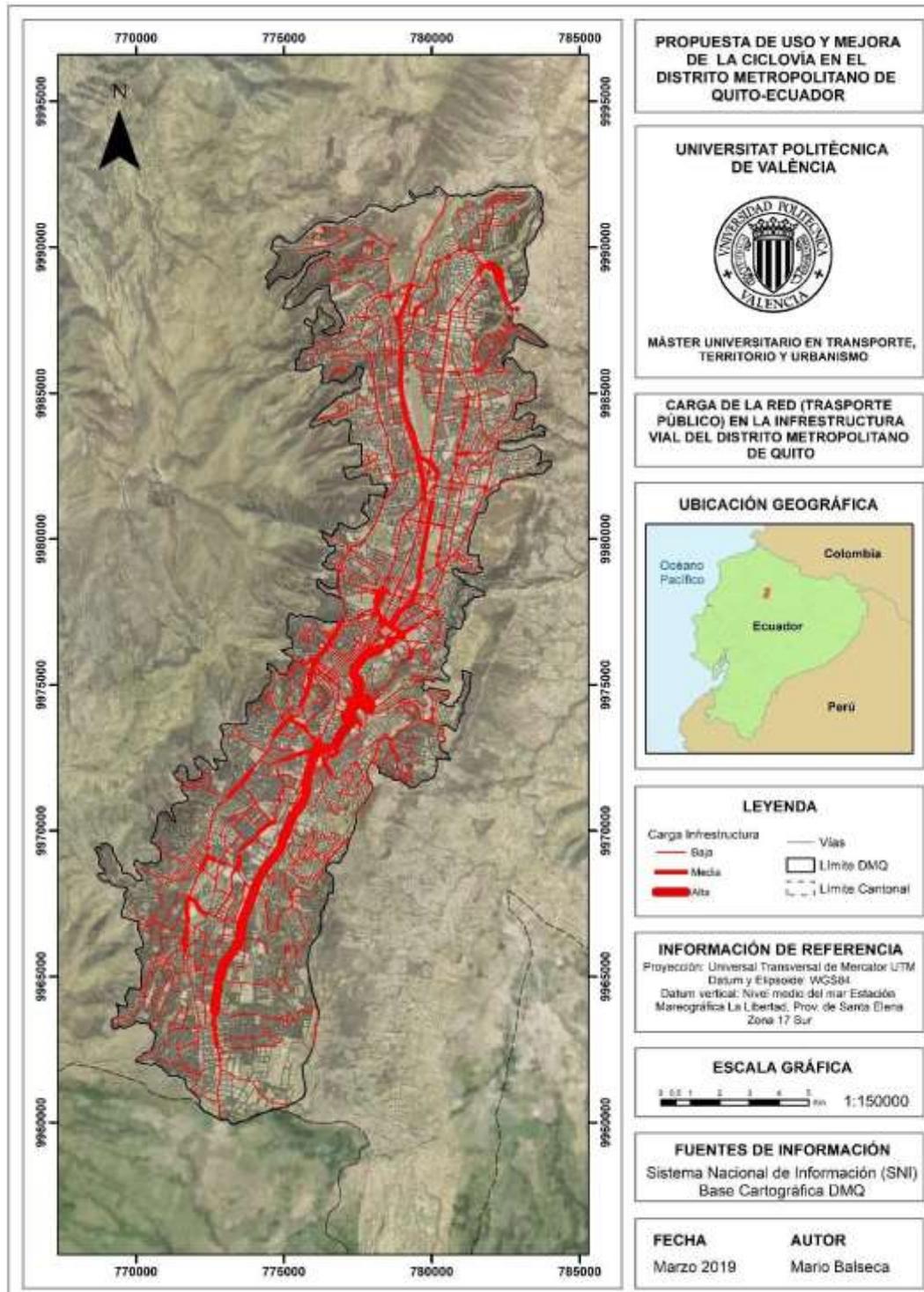


Figura 31. Carga de la red (Transporte público) del DMQ

Fuente: Elaboración propia

El análisis anterior refleja cuáles son las rutas parciales o totales que contienen una carga alta de transporte público sobre la infraestructura de red vial del distrito Metropolitano de Quito, así mismo se asume que todas estas vías tienen diariamente en hora punta un serio problema de congestión vehicular; estos tramos con mayor congestionamiento forman parte de las siguientes vías de forma parcial o total:



- Av. Pedro Vicente Maldonado.
- Av. Antonio José de Sucre
- Av. Pichincha
- Av. Napo
- Av. 12 de octubre
- Av. 10 de agosto
- Av. Gran Colombia
- Av. América
- Av. Río Amazonas
- Av. de la Prensa
- Av. José María Velasco Ibarra
- Av. 24 de mayo
- Av. Moran Valverde
- Av. Patria
- Av. Cristóbal Colon
- Av. teniente Hugo Ortiz
- Av. Rodrigo De Chávez
- Panamericana Norte

4.2.5 Iluminación

En el Ecuador, el sector de alumbrado público se administra bajo las normas del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), que emite el Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE) INEN 069, estableciendo requisitos para la iluminación pública, como por ejemplo la distancia entre lámparas, su altura, factores de utilización, etc. En algunos casos, la iluminación prevista para el tráfico motorizado o el peatonal puede ser suficiente para el tráfico ciclista. En otras ocasiones puede ser necesaria una iluminación adicional que permita garantizar la percepción adecuada de la vía, sus límites, además de posibilitar la visión de obstáculos, vehículos y peatones, facilitar el reconocimiento de las vías y lugares por donde transitan los ciclistas, asegurar la percepción del ciclista por parte del resto de usuarios de la vía y principalmente proporcionar un grado de seguridad ciudadana adecuada y transmitir esta sensación de seguridad.

Para establecer las zonas insuficientemente iluminadas y a su vez definir cuáles podrían ser las vías potencialmente aptas para mejorar la infraestructura ciclista actual se utilizó la metodología de (Queraltó, et al., 2010), quienes establecen ciertos parámetros que se describen a continuación:

- Suponer que la radiación lumínica es de tipo esférico.
- No considerar las reflexiones de los elementos construidos ni la altura respecto al suelo.
- No considerar que el flujo lumínico que radian las luminarias es el mismo para todas ellas.

Con estas simplificaciones se ha llegado a la conclusión que los puntos alejados en más de 10 metros de cualquier luminaria estaban insuficientemente iluminados.

Para conseguir representar gráficamente las zonas que están insuficientemente iluminadas se ha partido de la información de la posición geográfica de los postes que forman parte de la red de alumbrado público, facilitada por la Empresa Eléctrica Quito, en donde adicionalmente se asume que todos los postes cuentan con iluminarias.

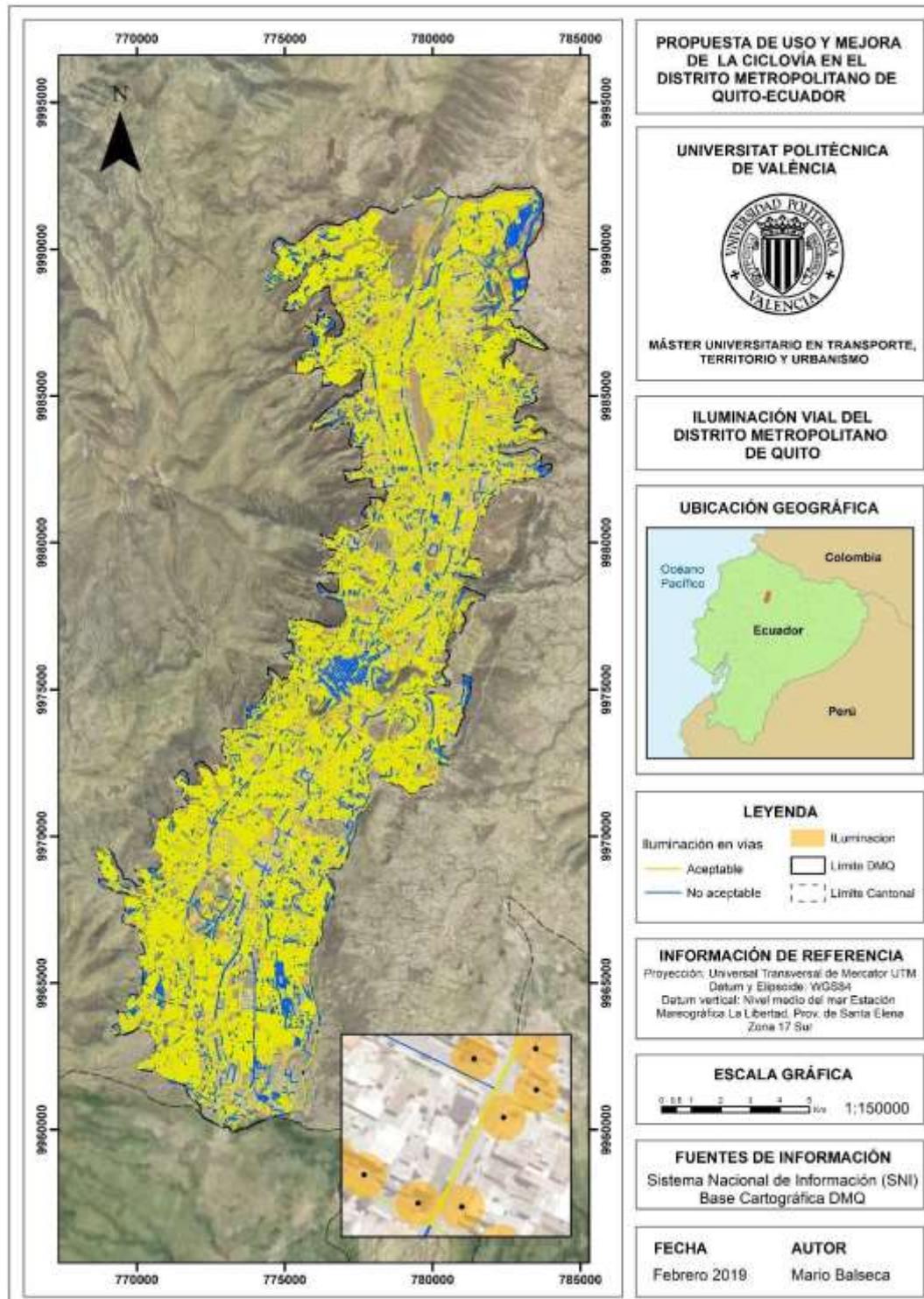


Figura 32. Iluminación vial del DMQ

Fuente: Elaboración propia



En la Figura 32 se muestra las vías con la iluminación aceptable y no aceptable tanto para vehículos motorizados y no motorizados, el análisis del mismo y como el resto de todos los geoprocesos a continuación se realizaron mediante el uso del Software ArcGis; como se dijo anteriormente se utilizó una envolvente de un radio de 10 metros para calcular las áreas con iluminación y viceversa, mediante el uso de la herramienta *Buffer* se ingresó el radio determinado y seguidamente se realizó una unión espacial con la herramienta *Join*, en donde se propuso generar una nueva capa de vías únicamente con aquellas que el área de iluminación cubra un mínimo del 30% de su longitud.

4.3 Análisis de demanda potencial ciclista

Como se mencionó anteriormente en el año 2011 el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito llevó a cabo una encuesta de movilidad que aportó datos sobre los motivos que llevan a los quiteños a desplazarse. Los resultados revelan dos principales razones de viaje con un 32,5% por motivo de trabajo, seguido de cerca por motivos de estudio, que alcanzan el 31,1%; el estudio también revela que el 73% de los capitalinos utiliza transporte público como medio habitual para su desplazamiento con un promedio aproximado de 1,89 viajes diarios. (Pinto & Fuentes, 2015).

A partir de la misma encuesta, se dio a conocer que en la ciudad de Quito se realizan alrededor de 4,6 millones de viajes promedio en un día laborable; de este total, el 15,3% de la población camina, y apenas un 0,3%, correspondiente a 14.500 viajes, utiliza la bicicleta como medio de transporte. Cabe señalar que para el año que se realizó la encuesta aun no entraba en funcionamiento el sistema de bicicleta publica llamado BiciQuito el cual empezaría sus operaciones al año siguiente de la encuesta, el cual registró un total de 9.228 usuarios; sin embargo según la Agencia Metropolitana de Tránsito (AMT) informó que en la actualidad (febrero 2019) el número de usuarios registrados en este sistema, es decir, que cuentan con un carné especial que les habilita el uso de la bicicleta pública es de 6.549 usuarios; esta diferencia significativa de desuso no solo del SBP sino también de bicicletas propias se coteja con la información obtenida por el Observatorio de la Producción del Territorio Ecuatoriano el cual es un programa de vinculación con la comunidad integrado por docentes investigadores de la Universidad Central del Ecuador. En la encuesta realizada determinaron ciertos motivos por el cual el uso de la bicicleta ha ido decayendo en la ciudad (ver Figura 33):

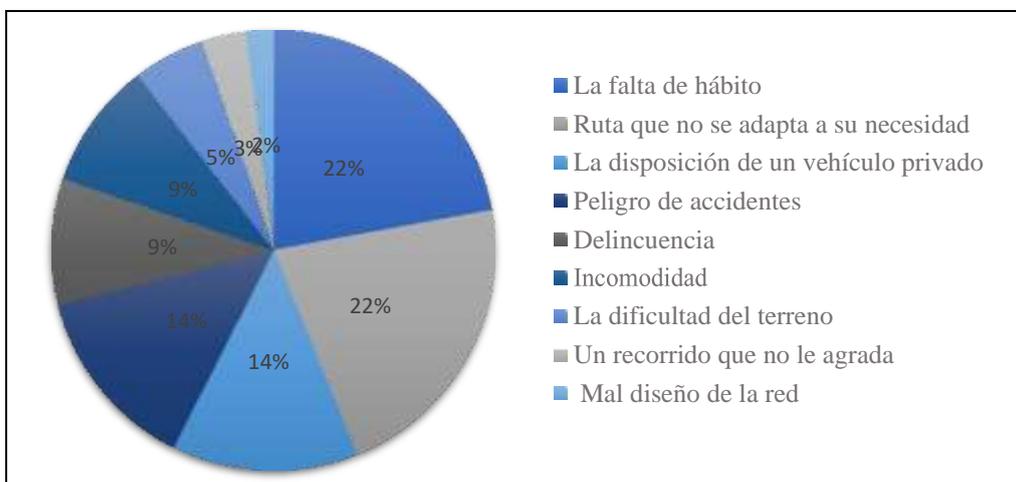


Figura 33. Principales razones de desuso de Bicicletas propias y del SBP
Fuente: (Observatorio de la Producción del Territorio ecuatoriano, 2018)



El Observatorio de la Producción del Territorio Ecuatoriano también desde el año 2014 ha venido realizando conteos muestrales fotográficos de viajes en bicicleta en una zona determinada de Quito, valorando el uso de las bicicletas sean estas propias o formen parte del SBP, en cooperación con Biciacción la cual es una empresa que ha estado a cargo del ya tradicional ciclopaseo dominical en la ciudad capital; dando a conocer los siguientes resultados de sus estudios anuales (ver Tabla 20):

Tabla 20. Estudio muestral multitemporal de conteos fotográficos de viajes en bicicleta en Quito (Av. Carrión y Av. Amazonas)

Año	2014	2016	2017	2018
Viajes diarios	1697	1115	752	664
Mujeres	15%	12%	13%	11%
Hombres	85%	88%	87%	89%
Bicicleta Propia	37%	59%	61%	73%
Bicicleta Pública BiciQuito	63%	41%	39%	27%

Fuente: (Observatorio de la Producción del Territorio ecuatoriano, 2018)

En la Figura 34 se muestra notoriamente como a través de los años el número de viajes diarios en bicicleta en la capital ha ido descendiendo así como el uso del SBP; pues además de las razones anteriores también se determinó a través de una encuesta exclusiva para los usuarios del servicio de bicicleta publica BiciQuito que el 60.32% de los mismos le dio una calificación deficiente al sistema actual, por tanto consideran que se debe realizar varios cambios como la incorporación de carriles exclusivos cambiando el trazado de la ruta, incluir iluminación dentro del circuito para que se lo pueda utilizar en la noche y funcione como un medio de transporte seguro dentro de la ciudad.

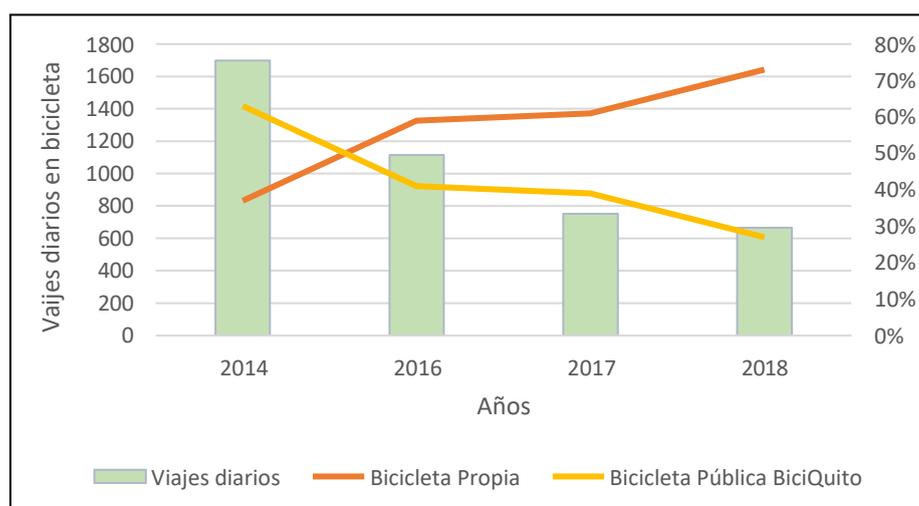


Figura 34. Número de viajes diarios en bicicleta en Quito
Fuente: (Observatorio de la Producción del Territorio ecuatoriano, 2018)

Para recabar más información y hacer un análisis más profundo de la demanda de una mejora en la infraestructura ciclista actual de la ciudad se utilizó información de la Primera Encuesta



Nacional del Ciclista Urbano que se llevó a cabo durante los años 2017 y 2018 en varias ciudades del país y bajo dos modalidades: la primera “pie de calle” es decir encuestas en lugares estratégicos buscando toda la diversidad de usuarios de bicicleta; en esta modalidad se ha estimado un margen de error del 3% y un nivel de confianza del 95%. La segunda modalidad utilizada fue “en línea” que fue básicamente una encuesta distribuida a través de redes sociales la cual recibió 1220 respuestas provenientes de 52 ciudades y poblados. Los datos de las dos encuestas fueron validados, anonimizados y agregados a diferentes niveles (Orellana, et al., 2018). En la encuesta participaron para la ciudad de Quito un total de 728 personas y los cuales presentan el siguiente perfil como se observa en la siguiente Figura 35:

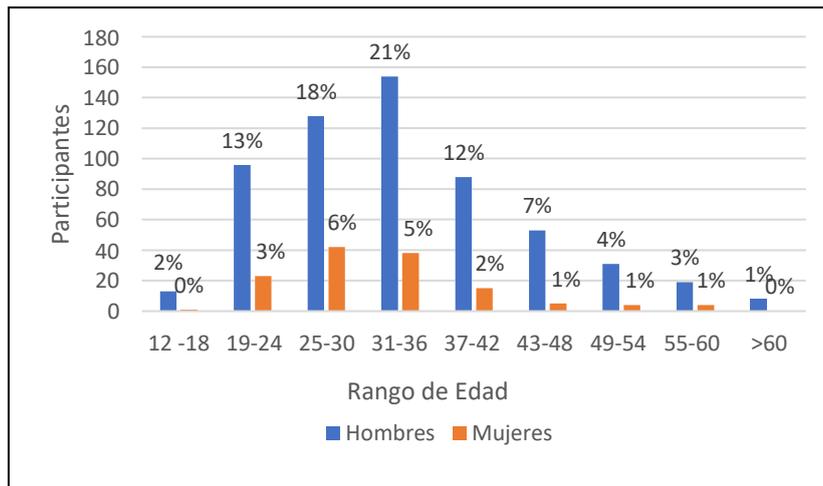


Figura 35. Edad de los participantes de la 1ra Encuesta Nacional del Ciclista Urbano
Fuente: (Orellana, et al., 2018)

A su vez dentro de la encuesta también se definieron otros datos demográficos importantes que caracterizan a los participantes tales como su nivel de estudio, su ocupación, etc. los cuales se registraron en los siguientes gráficos:

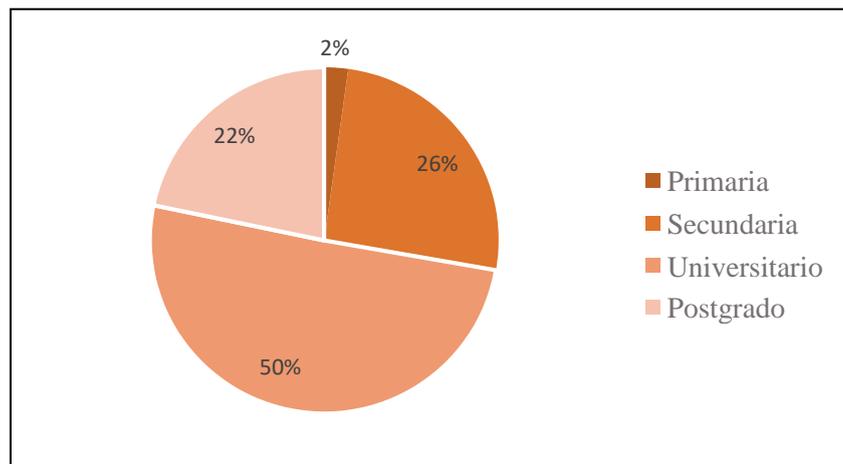


Figura 36. Nivel de educación de los participantes de la 1ra Encuesta Nacional del Ciclista Urbano
Fuente: (Orellana, et al., 2018)

Lo que sobresale a primera vista del gráfico anterior (ver Figura 36) es que la mayoría de los encuestados tienen un nivel alto de educación se podría decir que más del 70% de los mismos tienen títulos universitarios de tercer y cuarto nivel.

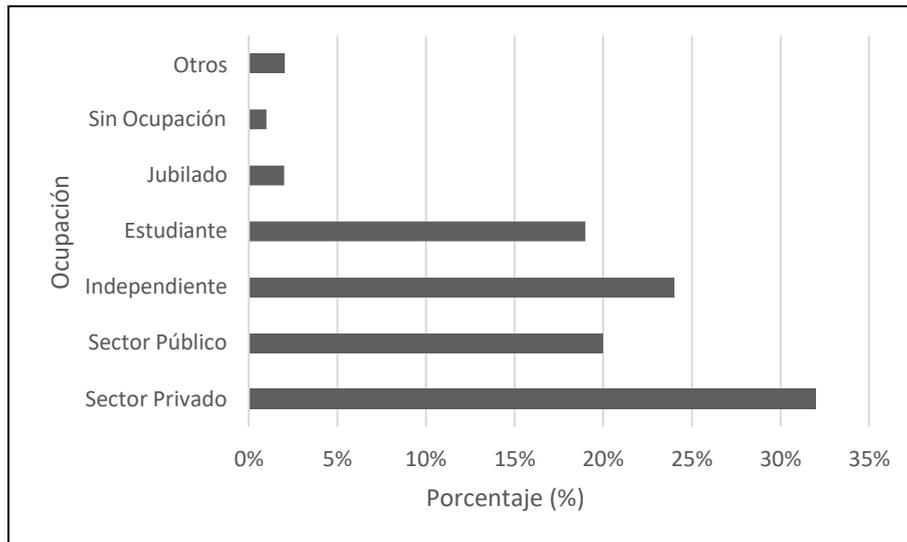


Figura 37. Ocupación de los participantes de la 1ra Encuesta Nacional del Ciclista Urbano
Fuente: (Orellana, et al., 2018)

En cuanto a la Figura 37 los usuarios que más ocupan bicicleta como medio de transporte son aquellos que trabajan en el sector privado, publico, y en una menor escala las personas sin ocupación y jubilados, mientras que los estudiantes se mantienen en el promedio.

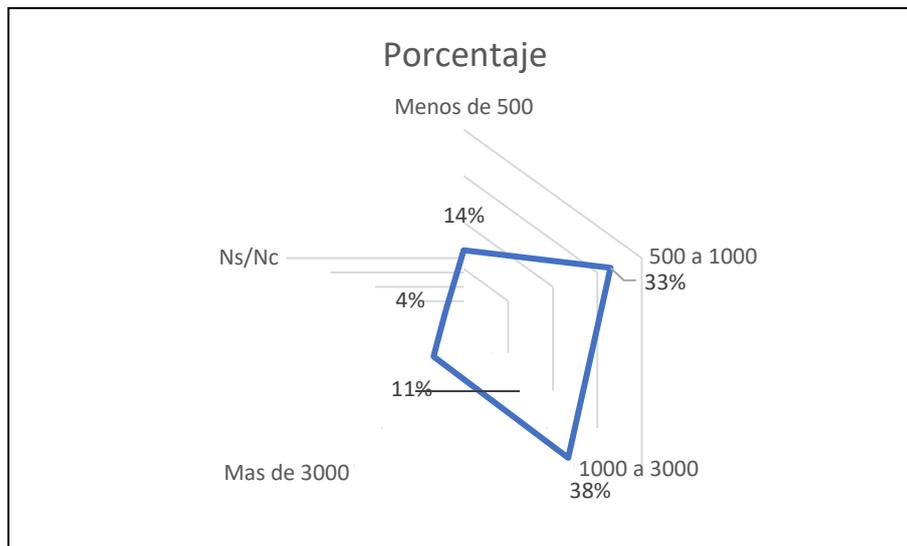


Figura 38. Ingresos del Hogar de participantes de la 1ra Encuesta Nacional del Ciclista Urbano
Fuente: (Orellana, et al., 2018)

Entre 1000 a 3000 dólares es el rango que lidera la encuesta según los ingresos el hogar que bordea el 38% como se muestra en la Figura 38. Finalmente, en cuanto a la disponibilidad de vehículo propio el 61% de los encuestados respondió que cuenta con al menos auto, mientras que el 39% no dispone de uno. A continuación, se presentan varias preguntas que se realizaron en la 1ra Encuesta Nacional del Ciclista Urbano y sus correspondientes resultados los cuales serán de gran importancia para realizar el diseño de mejora de las ciclovías en Quito, y así también fomentar el uso del Sistema de Bicicletas Públicas.

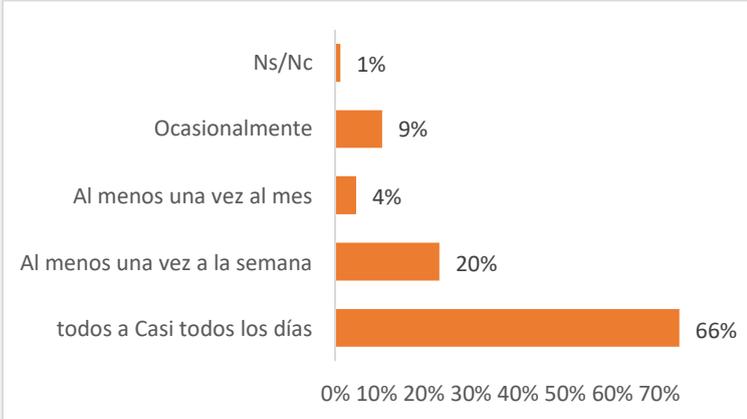


Tabla 21. Uso y frecuencia de la bicicleta en el DMQ

Uso y Frecuencia de la bicicleta

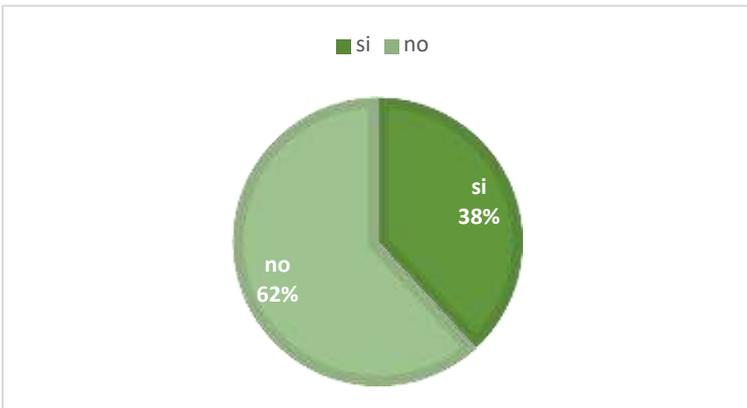
Resultados

¿Con qué frecuencia utiliza la bicicleta para transportarse?



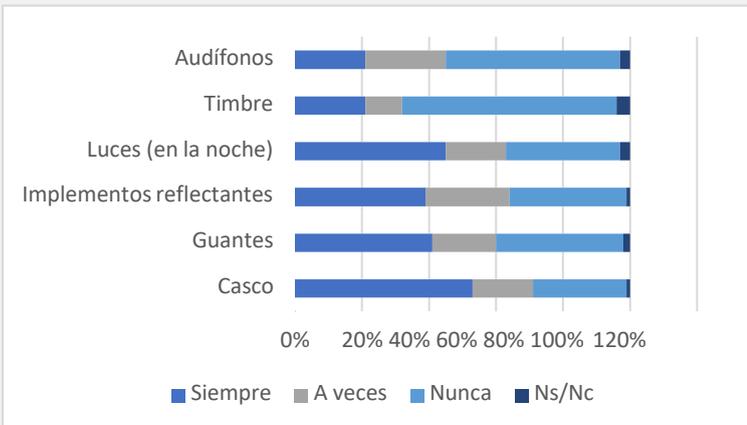
La mayoría de los encuestados ocupan la bicicleta como medio de transporte diario.

¿Ha sufrido algún accidente en bicicleta en el último año?



Aproximadamente 2/3 de los usuarios no han sufrido ningún accidente durante el último año.

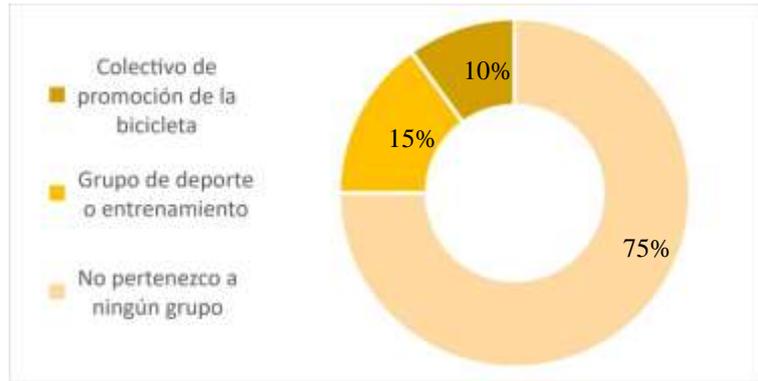
¿Utiliza los siguientes implementos al ir en bicicleta?



En términos generales la mayoría de los usuarios utiliza elementos de protección para prevenir algún tipo de percance en la vía.

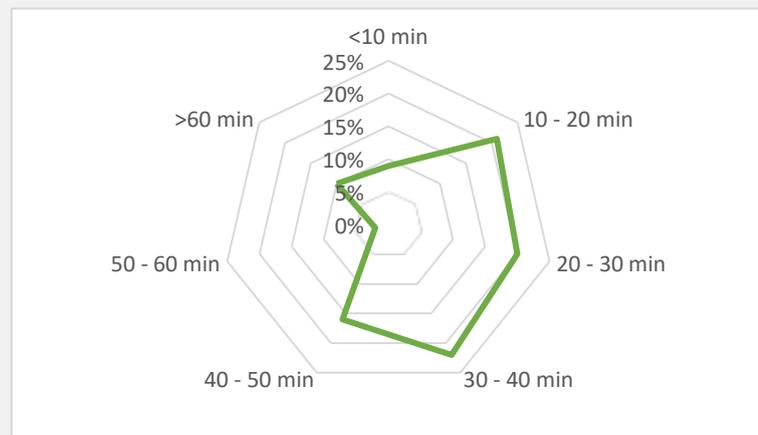


¿Pertenece a algún grupo o colectivo de ciclistas?



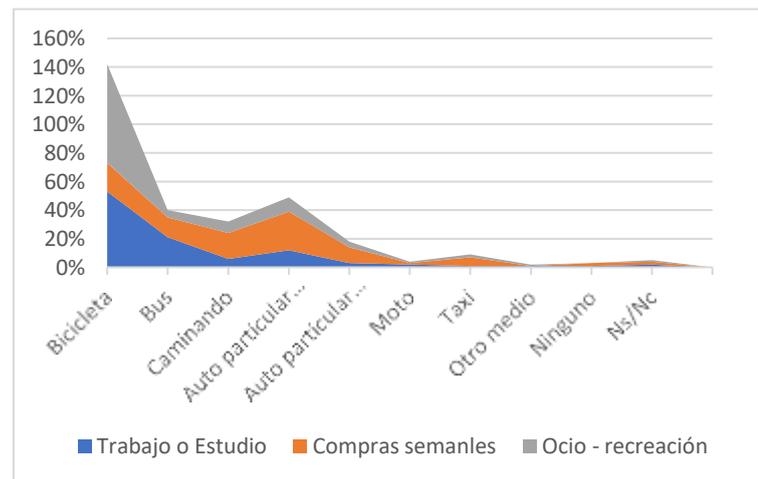
La gran mayoría de los usuarios no pertenecen a ningún grupo ciclista, mientras que un reducido grupo pertenece a un colectivo de promoción de la bicicleta o de entrenamiento.

¿Aproximadamente cuánto tiempo es minutos tarda en llegar a su lugar de estudio o trabajo en el medio de transporte que ha indicado?



El tiempo promedio de viaje en bicicleta se encuentra en el rango de 20 a 30 minutos

Medio de transporte para ir al trabajo o estudio, compras semanales y ocio - recreación



La bicicleta es el medio de transporte que los usuarios utilizan con mayor frecuencia para transportarse ya sea a su trabajo, centro de estudio de compras u ocio, seguidamente utilizan auto particular en calidad de conductores.

Fuente: (Orellana, et al., 2018)

Tabla 22. Infraestructura ciclista en el DMQ

<i>Infraestructura</i>	<i>Resultados</i>																																																								
<p><i>¿Cuáles son los problemas más frecuentes en las ciclovías de la ciudad?</i></p>	<table border="1"> <caption>Datos del gráfico de problemas en las ciclovías</caption> <thead> <tr> <th>Problema</th> <th>1er Problema (%)</th> <th>2do Problema (%)</th> <th>3er Problema (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Ns/Nc</td><td>0</td><td>0</td><td>20</td></tr> <tr><td>Otros Problemas</td><td>0</td><td>0</td><td>5</td></tr> <tr><td>Falta ciclovías e infreestructura para...</td><td>0</td><td>0</td><td>5</td></tr> <tr><td>Tienen una superficie inadecuada</td><td>0</td><td>0</td><td>5</td></tr> <tr><td>Tienen muchos obstáculos</td><td>0</td><td>0</td><td>5</td></tr> <tr><td>Son muy angostas</td><td>0</td><td>0</td><td>5</td></tr> <tr><td>No tienen separación física del tránsito</td><td>0</td><td>0</td><td>5</td></tr> <tr><td>No están en lugares adecuados</td><td>0</td><td>0</td><td>10</td></tr> <tr><td>Tienen poca o mala señalización</td><td>0</td><td>0</td><td>15</td></tr> <tr><td>Tienen cruces peligrosos</td><td>0</td><td>0</td><td>15</td></tr> <tr><td>No son respetadas por los peatones</td><td>0</td><td>0</td><td>35</td></tr> <tr><td>Están desconectadas entre sí</td><td>0</td><td>0</td><td>40</td></tr> <tr><td>No son respetadas por los vehículos</td><td>0</td><td>0</td><td>65</td></tr> </tbody> </table>	Problema	1er Problema (%)	2do Problema (%)	3er Problema (%)	Ns/Nc	0	0	20	Otros Problemas	0	0	5	Falta ciclovías e infreestructura para...	0	0	5	Tienen una superficie inadecuada	0	0	5	Tienen muchos obstáculos	0	0	5	Son muy angostas	0	0	5	No tienen separación física del tránsito	0	0	5	No están en lugares adecuados	0	0	10	Tienen poca o mala señalización	0	0	15	Tienen cruces peligrosos	0	0	15	No son respetadas por los peatones	0	0	35	Están desconectadas entre sí	0	0	40	No son respetadas por los vehículos	0	0	65
Problema	1er Problema (%)	2do Problema (%)	3er Problema (%)																																																						
Ns/Nc	0	0	20																																																						
Otros Problemas	0	0	5																																																						
Falta ciclovías e infreestructura para...	0	0	5																																																						
Tienen una superficie inadecuada	0	0	5																																																						
Tienen muchos obstáculos	0	0	5																																																						
Son muy angostas	0	0	5																																																						
No tienen separación física del tránsito	0	0	5																																																						
No están en lugares adecuados	0	0	10																																																						
Tienen poca o mala señalización	0	0	15																																																						
Tienen cruces peligrosos	0	0	15																																																						
No son respetadas por los peatones	0	0	35																																																						
Están desconectadas entre sí	0	0	40																																																						
No son respetadas por los vehículos	0	0	65																																																						
<p><i>¿Cuáles son las características más importantes que deberían tener los estacionamientos de bicicleta?</i></p>	<table border="1"> <caption>Datos del gráfico de características de estacionamientos</caption> <thead> <tr> <th>Característica</th> <th>1er Problema (%)</th> <th>2do Problema (%)</th> <th>3er Problema (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Ns/Nc</td><td>0</td><td>0</td><td>30</td></tr> <tr><td>Otras características</td><td>0</td><td>0</td><td>5</td></tr> <tr><td>señalización e información</td><td>0</td><td>0</td><td>5</td></tr> <tr><td>Mayor número y en lugares adecuados</td><td>0</td><td>0</td><td>5</td></tr> <tr><td>Infreestructura complementaria</td><td>0</td><td>0</td><td>5</td></tr> <tr><td>Diseño atractivo y cómodo</td><td>0</td><td>0</td><td>10</td></tr> <tr><td>Capacidad suficiente</td><td>0</td><td>0</td><td>15</td></tr> <tr><td>Iluminación nocturna</td><td>0</td><td>0</td><td>15</td></tr> <tr><td>Gratuidad o costo razonable</td><td>0</td><td>0</td><td>20</td></tr> <tr><td>Protección contra sol y lluvia</td><td>0</td><td>0</td><td>25</td></tr> <tr><td>Qué permite asegurar fácilmente</td><td>0</td><td>0</td><td>30</td></tr> <tr><td>Ubicación accesible y segura</td><td>0</td><td>0</td><td>55</td></tr> <tr><td>Vigilancia permanente</td><td>0</td><td>0</td><td>70</td></tr> </tbody> </table>	Característica	1er Problema (%)	2do Problema (%)	3er Problema (%)	Ns/Nc	0	0	30	Otras características	0	0	5	señalización e información	0	0	5	Mayor número y en lugares adecuados	0	0	5	Infreestructura complementaria	0	0	5	Diseño atractivo y cómodo	0	0	10	Capacidad suficiente	0	0	15	Iluminación nocturna	0	0	15	Gratuidad o costo razonable	0	0	20	Protección contra sol y lluvia	0	0	25	Qué permite asegurar fácilmente	0	0	30	Ubicación accesible y segura	0	0	55	Vigilancia permanente	0	0	70
Característica	1er Problema (%)	2do Problema (%)	3er Problema (%)																																																						
Ns/Nc	0	0	30																																																						
Otras características	0	0	5																																																						
señalización e información	0	0	5																																																						
Mayor número y en lugares adecuados	0	0	5																																																						
Infreestructura complementaria	0	0	5																																																						
Diseño atractivo y cómodo	0	0	10																																																						
Capacidad suficiente	0	0	15																																																						
Iluminación nocturna	0	0	15																																																						
Gratuidad o costo razonable	0	0	20																																																						
Protección contra sol y lluvia	0	0	25																																																						
Qué permite asegurar fácilmente	0	0	30																																																						
Ubicación accesible y segura	0	0	55																																																						
Vigilancia permanente	0	0	70																																																						
<p>Una de las mayores preocupaciones que se evidencia por parte de los usuarios es la falta de seguridad en las estaciones sumado a que su ubicación es medianamente accesible.</p>																																																									

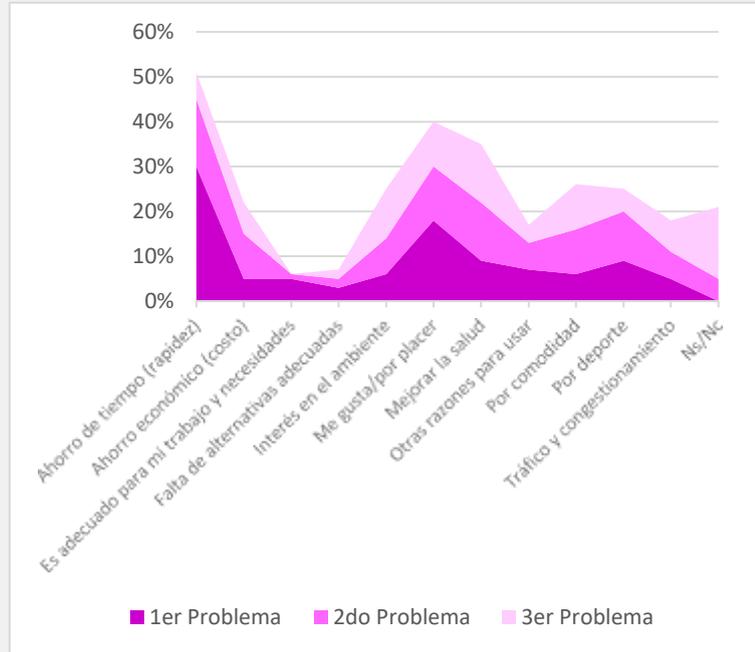
Fuente: (Orellana, et al., 2018)

Tabla 23. Percepciones y recomendaciones para el uso y mejora de la Infraestructura ciclista del DMQ

Percepciones y recomendaciones

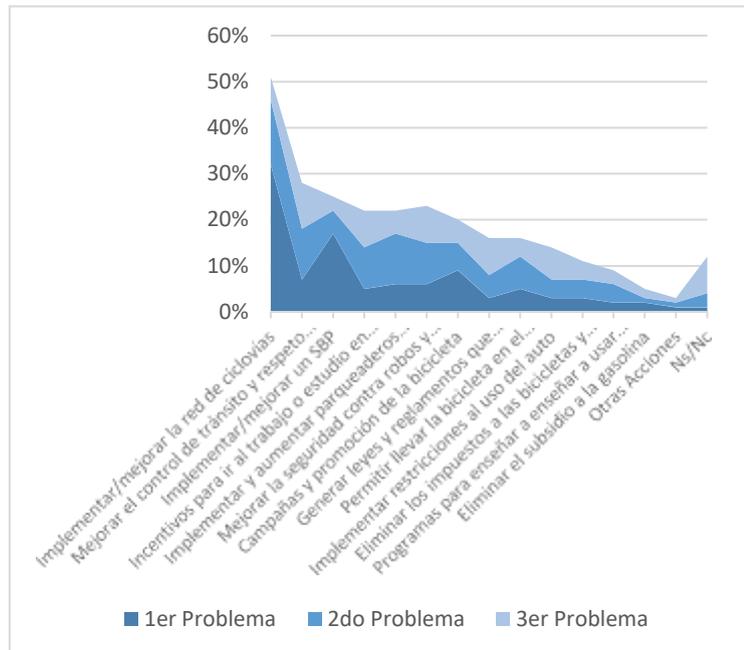
Resultados

¿Cuáles son los problemas más frecuentes en las ciclovías de la ciudad?



La principal razón que motiva a los usuarios a movilizarse en bicicleta por la ciudad es debido a el ahorro de tiempo que tienen en trasladarse de un lugar a otro.

¿Qué acciones prioritarias se deberían tomar para promover la movilidad en bicicleta?



Se promovería la movilidad en bicicleta, si existiera una mejora en la infraestructura ciclista, así como el Sistema de Bicicleta Pública.

Fuente: (Orellana, et al., 2018)

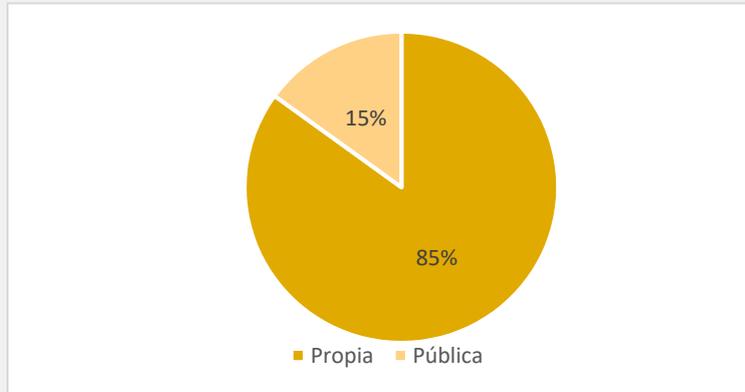


Tabla 24. Percepción del Sistema de Bicicleta Pública “BiciQuito”

Sistema de Bicicleta Pública “BiciQuito”

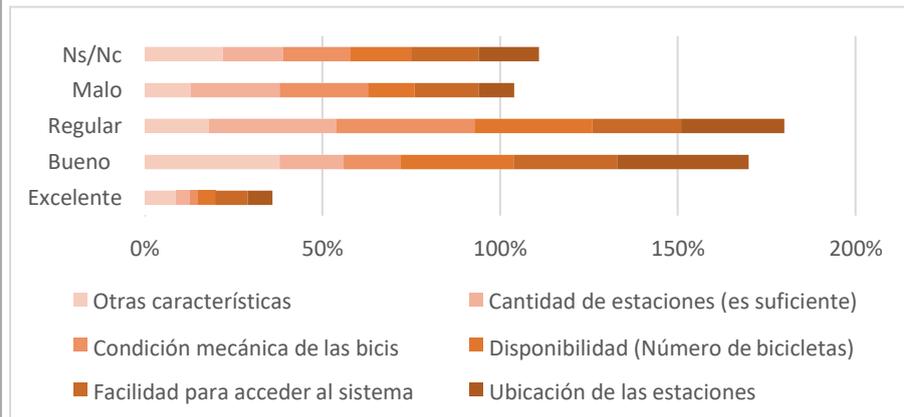
Resultados

¿Qué tipo de bicicleta usa con mayor frecuencia?



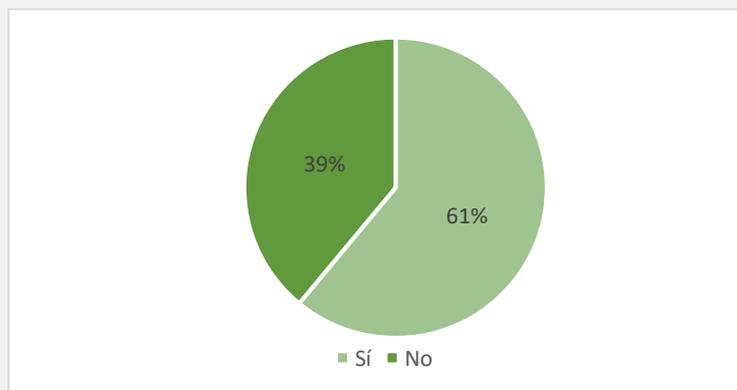
La mayoría de los encuestados cuenta con una bicicleta propia para transportarse a través de la ciudad.

¿Cómo calificaría los siguientes aspectos de BiciQuito?



En cuanto a la calificación al Sistema de Bicicleta Pública los encuestados determinaron que el servicio que brinda en términos generales va de regular a bueno.

¿Estaría dispuesto a pagar por usar BiciQuito?



Se evidenció que la mayoría de los usuarios del SBP BiciQuito estarían dispuestos a pagar un valor por el servicio, siempre y cuando existan mejoras de este.



4.3.1 Generación de viajes

En el año 2011 el DMQ realizó una encuesta de movilidad la cual, a través de una serie de procesos geográficos, en conjunto con datos aportados por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) y a través de una sectorización censal se determinó las áreas con mayor generación y atracción de viajes totales en todos los modos de transporte; sin embargo en la misma encuesta se afirmó además que el ratio de viajes en bicicleta es del 0,3%, por lo cual se asumirá que será el mismo para todos los desplazamientos en el área de estudio. En la Figura 39 se muestra las zonas con mayor generación de viajes en función al desplazamiento en bicicleta de la población.

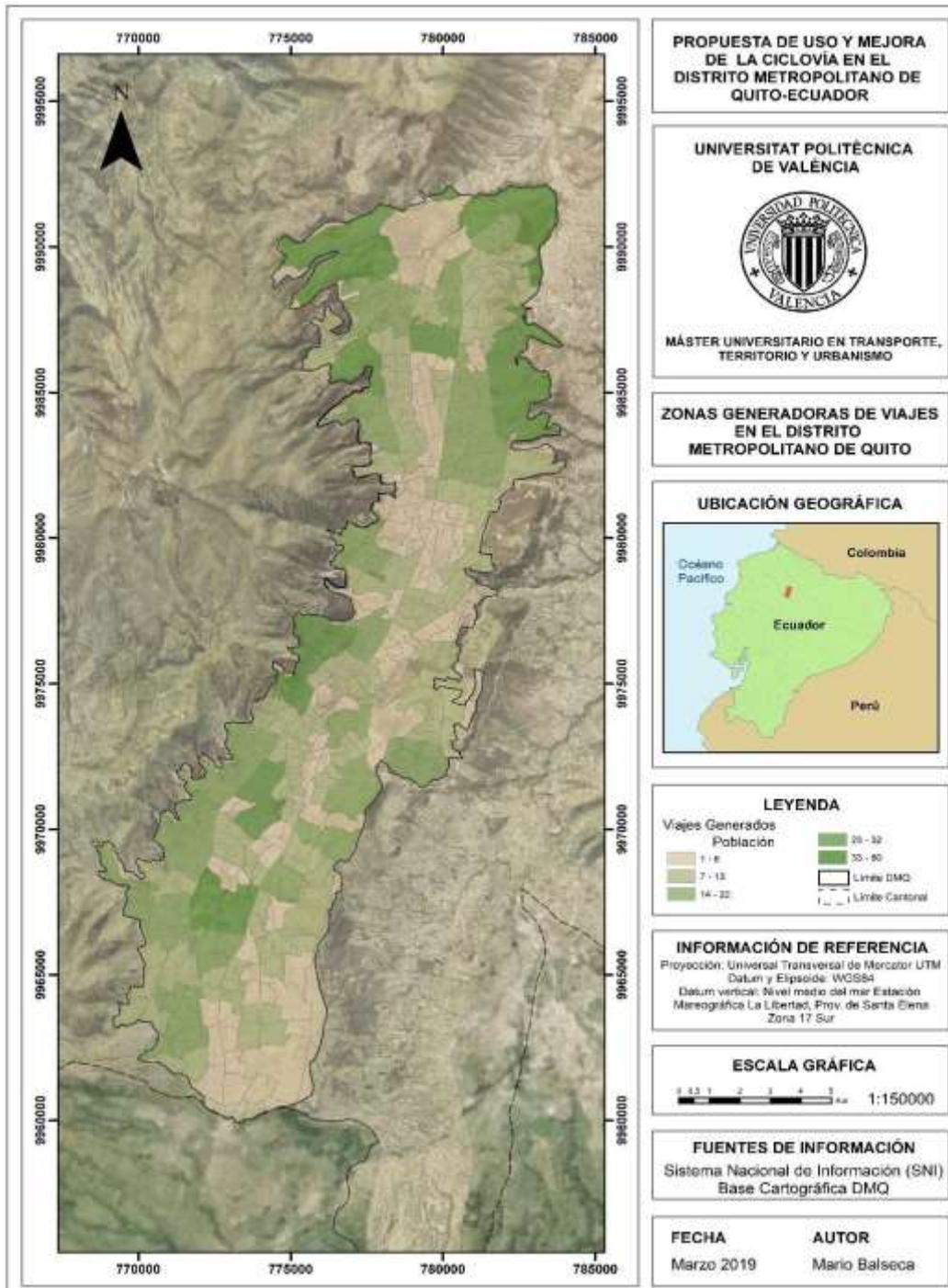


Figura 39. Zonas Generadoras de viajes en el DMQ
Fuente: Elaboración propia

4.3.2 Atracción de viajes

En la Figura 40 se muestra las zonas con mayor atracción de viajes en función al desplazamiento en bicicleta de la población, el cual en ciertos sectores tienen valores similares a las zonas generadoras de viaje, sin embargo, en otras el contraste es evidente pues estos se encuentran en entornos comerciales, empresariales o en nodos de transporte.

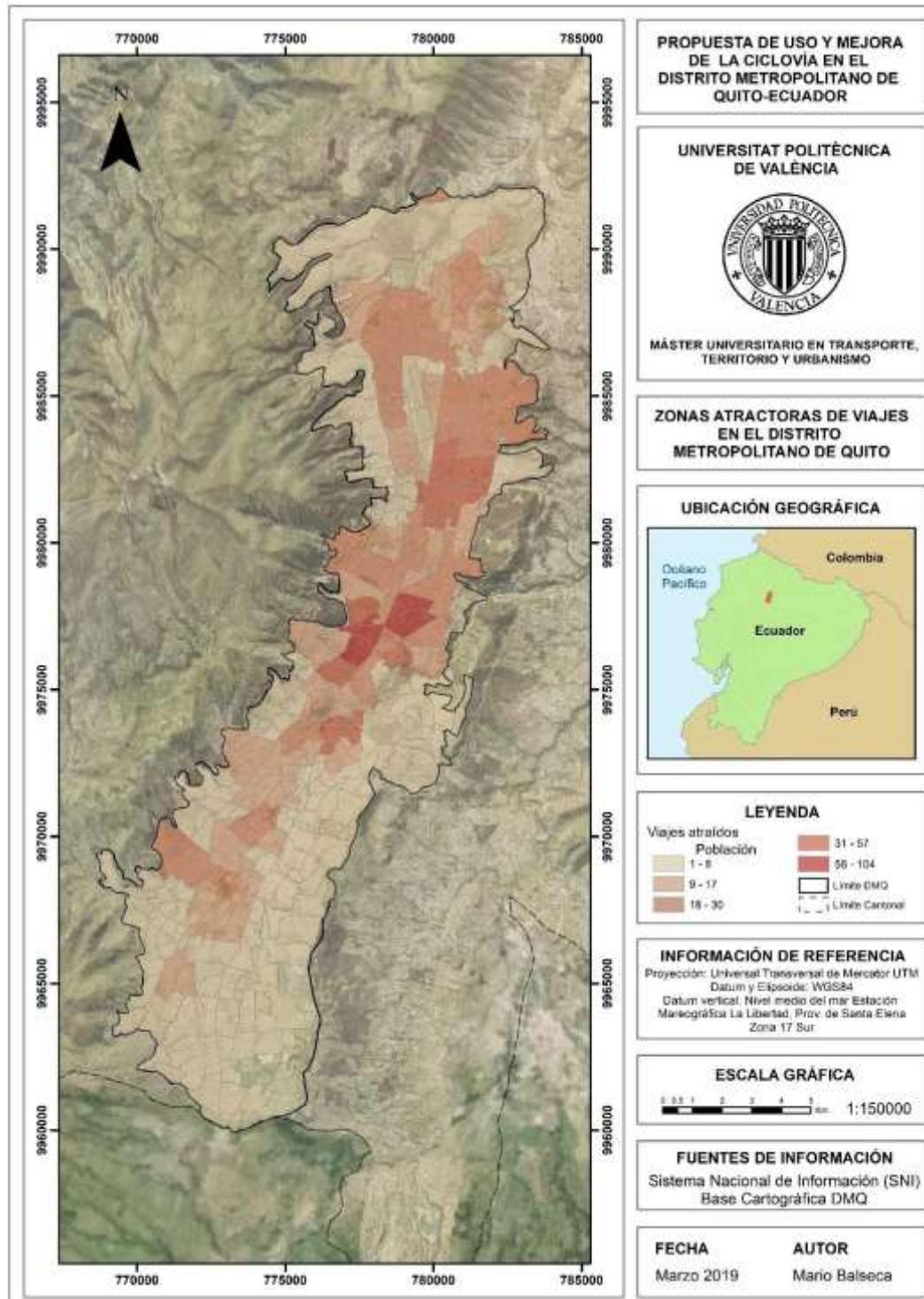


Figura 40. Zonas Atractoras de viajes en el DMQ
Fuente: Elaboración propia

A través del programa informático Google Earth el cual permite visualizar múltiple cartografía, en base a imágenes satelitales se observó varios sectores como lo es el centro histórico de Quito y sus alrededores son zonas generadoras y atractoras de viajes (ver Figura 41).



Figura 41. Zonas Generadoras y Atractoras de viajes (Centro de Quito)
Fuente: (Google Earth, 2019)

4.3.3 Demanda Total de Viajes

Sumando los datos de viajes generados y atraídos de acuerdo con los sectores censales que forman parte del área de estudio, es posible obtener puntos de elevada demanda potencial:

$$\text{Total de Viajes} = \text{Viajes Generados} + \text{Viajes Atraídos} \quad (11)$$

Adicionalmente (Latorre, 2012) menciona que se debe caracterizar las bases de demanda potencial (estaciones SBP, aparcamientos de bicicletas) sean estos puntos atractoras, mixtos o generadoras de viajes en función de la población residente, o bien de zonas de importante actividad económica o comercial. Esta caracterización permite conocer las particularidades de las bases para de esta manera variar el número de bicicletas o puntos de anclaje libres en cada una de ellas en función de la demanda, a su vez permite planificar los sistemas de redistribución de bicicletas del SBP, una de las claves en el éxito de estos programas. A partir de los datos de demanda potencial se van a diferenciar cuatro tipos de bases:

A partir de los datos de demanda potencial principalmente de los viajes atraídos y del total de viajes se van a diferenciar cuatro tipos de bases:

Bases Generadoras: Son aquellas cuyo ratio no supera el 40% lo que deduce que la mayor parte de los viajes que tienen lugar en estas estaciones están generados por la población residente, por tal motivo las bases deben tener un elevado número de bicicletas en la hora punta de la mañana y un elevado número de puntos libres de anclaje en la hora punta de la tarde, en su mayoría estas bases se encontrarán en áreas residenciales.

$$\frac{\text{Viajes atraídos}}{\text{Total de Viajes}} < 40\% \quad (12)$$



Bases Mixtas: Son aquellas cuyo ratio se encuentra en un rango de 40% y 60%; estas bases se encuentran en zonas donde hay una fuerte diversidad de usos, por lo que la demanda potencial se debe tanto a viajes atraídos como a viajes generados. Las bases se retroalimentan de bicicletas a lo largo del día debido precisamente a esta diversidad de usos, no hace falta la redistribución de bicicletas en este tipo de bases.

$$40\% \leq \frac{\text{Viajes atraídos}}{\text{Total de Viajes}} < 60\% \quad (13)$$

Bases Atractoras: Son aquellas cuyo ratio se encuentra en un rango de 60% y 80%; estas bases se encuentran en zonas comerciales o empresariales donde finalizan muchos viajes, de manera que en hora punta de la mañana tiene que haber más puntos de anclaje libres que ocupados, mientras que en hora punta de la tarde tiene que haber más puntos de anclaje ocupados que libres.

$$60\% \leq \frac{\text{Viajes atraídos}}{\text{Total de Viajes}} < 80\% \quad (14)$$

Bases Muy Atractoras: Son aquellas cuyo ratio supera 80%, estas bases se encuentran en entornos empresariales o comerciales, por lo que sus características de ocupación son las mismas que las de las bases Atractoras en donde muchas veces se requiere de una redistribución de bicicletas.

$$\frac{\text{Viajes atraídos}}{\text{Total de Viajes}} > 80\% \quad (15)$$

Una vez definido los tipos de bases se procedió a categorizar la información espacial en función de su demanda como se muestra en la Figura 42:

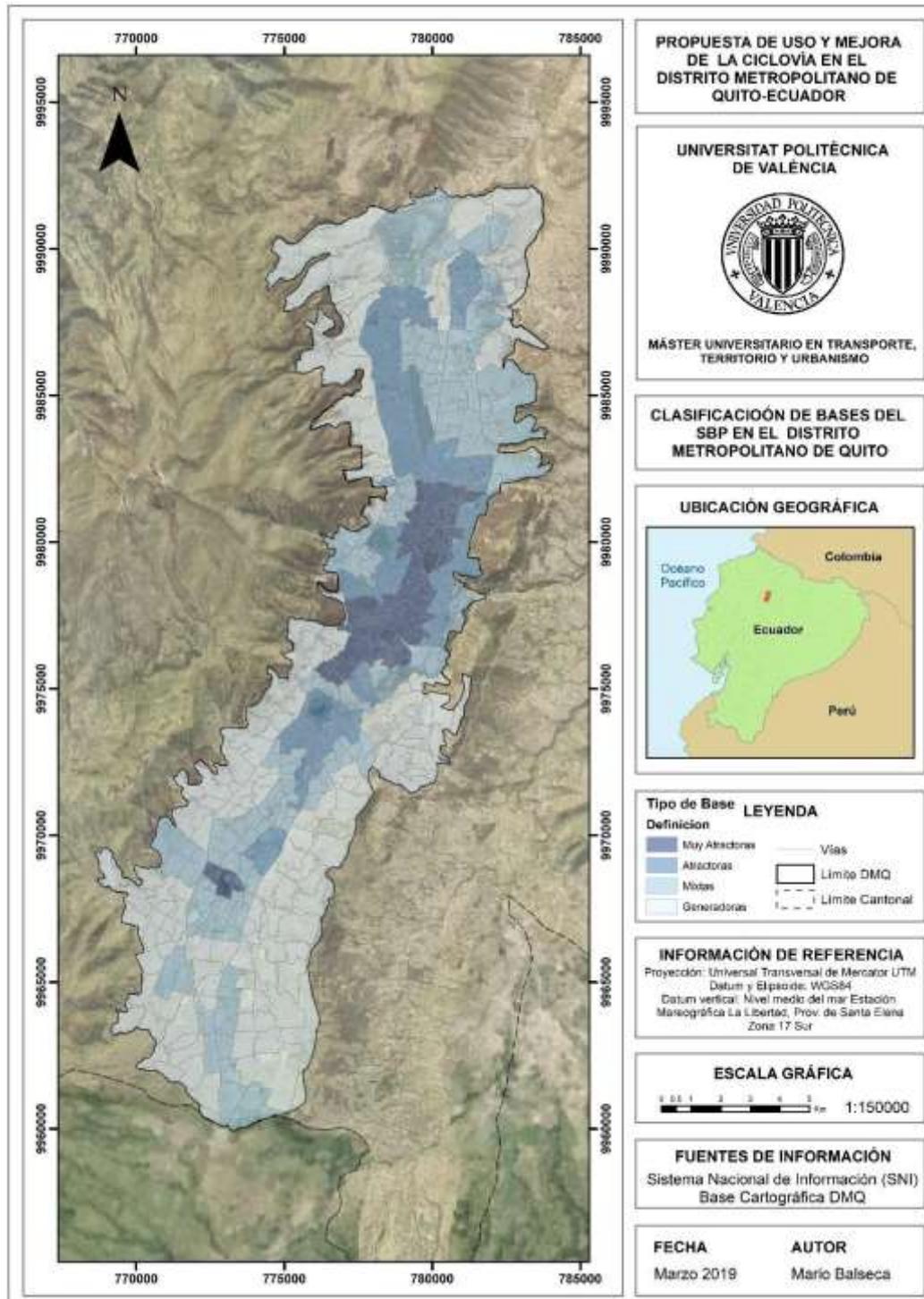


Figura 42. Clasificación de Bases del SBP en el DMQ
Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, para tener una mayor exactitud de los que generan y atraen viajes de ciclistas y en base a los resultados provistos por la 1ra Encuesta Nacional del Ciclista Urbano la cual definió que los principales usuarios de bicicleta tanto pública como privada están dentro del rango de edad de 19 a 42 años de edad, que cuentan con estudios superiores de tercero y cuarto nivel, cuyas ocupaciones son estudiantes, trabajadores públicos o privados y su principal razón para movilizarse es para ir a su trabajo, estudio o por entretenimiento y ocio; bajo estos conceptos se precisó determinar los principales puntos de demanda de viajes (universidades, centros de ocio y



entretenimiento, centros de entorno residencial, comercial y empresarial, entre otros) y ajustarlo a lo establecido por el DMQ en el año 2011 utilizando varias herramientas geo-informáticas; formando así una base de datos global de los principales sitios o lugares que generan/atraen viajes de ciclistas. Las principales fuentes de alimentación de datos fueron:

OpenStreetMap

Es una comunidad de colaboradores que se esfuerzan por crear un mapa mundial de acceso libre, y abierto a la colaboración de cualquier persona, en el que encontraremos información variada sobre calles, carreteras, senderos, servicios, etc., con estas características se consigue un mapa vivo y muy actualizado, que cuenta con un gran número de colaboradores en todos los países del mundo (Perez, 2017). Para descargar los datos de OpenStreetMap y poder trabajar con ellos se manejó el software libre QGIS ingresando en el sitio Web: <http://www.openstreetmap.org/>, utilizando la capa base de la cual se desea la información (límite Urbano DMQ) se exportó los datos, para posteriormente reclasificarlo y así obtener sola la información deseada.

Geoportal DMQ

La Infraestructura de Datos Espaciales Distrital de Quito es el conjunto de tecnologías, políticas, estándares y recursos humanos para adquirir, procesar, almacenar, distribuir y mejorar la utilización de la información geográfica generada por las dependencias municipales en base a la Ordenanza Metropolitana N° 0101 que Regula la Gestión de la Información en el MDMQ. Integra datos, metadatos, servicios e información de tipo geográfico para promover su uso y están disponibles a través de servicios de mapas (wms, wfs), y formatos descargables (shapefile, pdf y jpg) (Secretaría General de Planificación, 2018). Para descargar la información se utilizó de igual manera el Software QGIS a través de la conexión WFS con el enlace <http://geo.quito.gob.ec:8080/geoserver/smiq/wfs>, previamente determinado que información se utilizará revisando el visualizador que capas con el que cuenta la IDE del Distrito metropolitano de Quito.

Google Place

Es uno de los tres principales servicios que maneja la plataforma de Google Maps, los otros dos son Maps y Routes; a través de la combinación de sus 18 APIs. Una API (Application Programming Interface) o lo que se traduce en español como Interfaz de Programación de Aplicaciones no es más que un conjunto de comandos, funciones y protocolos informáticos que permiten a los desarrolladores crear programas específicos para ciertos sistemas operativos. Google Place es un servicio que devuelve información sobre lugares que utilizan solicitudes HTTP; los mismo que se pueden definir como, por ejemplo: establecimientos, ubicaciones geográficas o puntos de interés. Para el uso de esta información se debió previamente obtener un clave API, una vez obtenida el código de acceso se utiliza el siguiente enlace rellenando cierta información: <https://maps.googleapis.com/maps/api/place/nearbysearch/json?&location=Latitud,Longitud&radius=Radio&types=Lugar&key=Clave API>, la localización debe estar en coordenadas geográfica, se debe especificar un radio de búsqueda, el tipo de lugar que se desea encontrar y la clave API, dando como resultado a manera de ejemplo el siguiente código en formato JSON:



```
{
  "html_attributions" : [],
  "results" : [
    {
      "geometry" : {
        "location" : {
          "lat" : -0.2222278,
          "lng" : -78.5100643
        },
        "viewport" : {
          "northeast" : {
            "lat" : -0.220632869708498,
            "lng" : -78.50900466970849
          },
          "southwest" : {
            "lat" : -0.223330830291502,
            "lng" : -78.51170263029151
          }
        }
      },
      "icon" :
      "https://maps.gstatic.com/mapfiles/place_api/icons/school-71.png",
      "id" : "24217c5b40c16c4aa19a0ffce5350c83e696da2d",
      "name" : "Cemei centro",
      "place_id" : "ChIJsdzIzYeZlZER206xtFQo0Q0",
      "plus_code" : {
        "compound_code" : "QFHQ+4X San Marcos, Quito, Ecuador",
        "global_code" : "67F3QFHQ+4X"
      },
      "reference" : "ChIJsdzIzYeZlZER206xtFQo0Q0",
      "scope" : "GOOGLE",
      "types" : [ "school", "point_of_interest", "establishment" ],
      "vicinity" : "Eugenio Espejo, Quito"
    }
  ],
  "status" : "OK"
}
```

A continuación, se utilizó el siguiente enlace <https://konklone.io/json/>, el cual es un convertidor de formatos JSON a CSV, una vez procesada la información esta es exportada a una hoja de cálculo de Microsoft Excel, la misma que contiene coordenadas de latitud y longitud necesarias para poder visualizar la información como una nube de puntos con sus correspondientes atributos; este proceso se lo realizó mediante la herramienta *Display XY Data* del software ArcGis.

Una vez obtenida la información de las diferentes fuentes, se las agrupo en una sola y se validó la misma, es decir se detectó valores duplicados, así como puntos que no se encontraban dentro de la categorización de puntos de demanda los cuales posteriormente fueron eliminados; luego de este proceso se determinaron aproximadamente 2500 registros distribuidos alrededor de toda el área de estudio.

Para generar el modelo y estimar cuales serían las principales bases es decir (estaciones SBP, aparcamientos de bicicletas), por las cuales atravesaría la infraestructura ciclista fue necesario reducir el número de puntos de atracción y enfocarlos en zonas en la cual exista una mayor accesibilidad para el usuario en función de las zonas de demanda establecidas por el DMQ.

Para reducir el número de bases se utilizó la herramienta *Mean Center* de ArcGis que representa las coordenadas X e Y promedio de todas las entidades en el área de estudio, a estas entidades adicionalmente se les asignó un peso en función del número total de viajes y el número total de habitantes.

Los cálculos internos que realiza esta herramienta son los siguientes:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad Y = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \quad (16)$$

Donde x_i y y_i son las coordenadas para las entidades i , y n es igual al número de total de entidades.

Sin embargo, como se mencionó anteriormente se utilizaron peso, es decir se ponderó la información, modificando así la ecuación original y generando una nueva la cual se muestra a continuación:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i}, \quad Y = \frac{\sum_{i=1}^n w_i y_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (17)$$

Donde w_i son los pesos en las entidades i .

En la Figura 43 se indica gráficamente el proceso que realiza esta herramienta utilizando las ecuaciones anteriores.

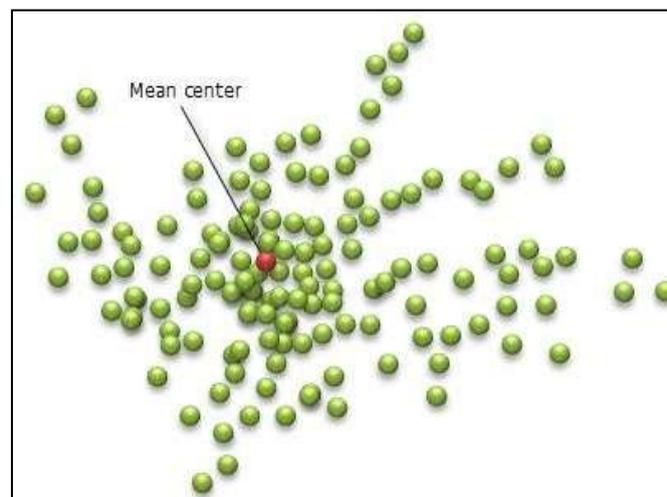


Figura 43. Mean Center ArcGis
Fuente: (Mitchell, 2005)

La operación anterior arrojó un total de 226 entidades que se las consideraría en una primera instancia como bases o puntos de demanda parciales, las cuales se muestran reflejadas en el Figura 44 a continuación.

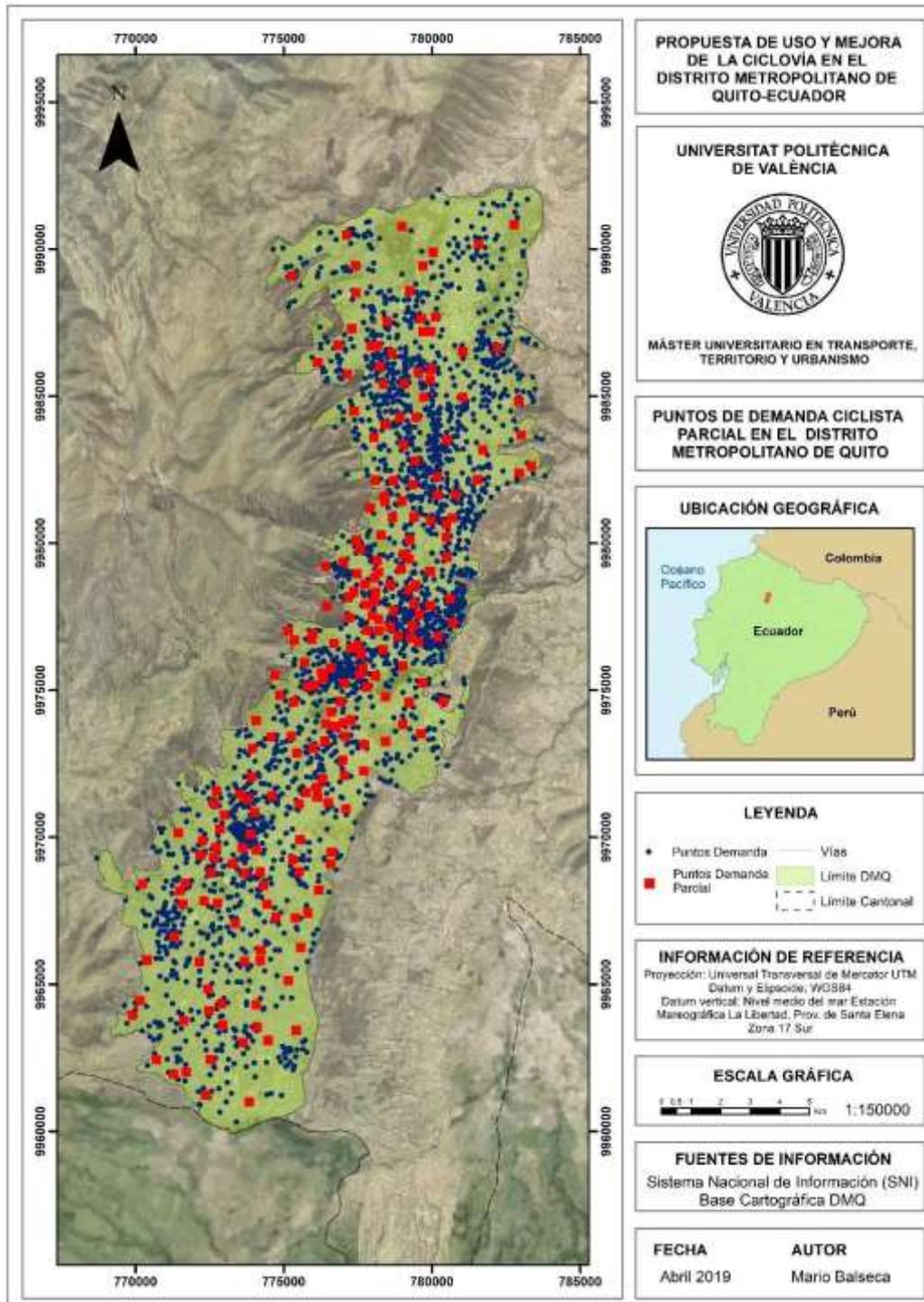


Figura 44. Puntos de Demanda Ciclista Parcial en el DMQ
 Fuente: Elaboración propia

4.3.4 Análisis de Intermodalidad

Uno de los factores que determinó la 1ra Encuesta Nacional del Ciclista Urbano por el cual los habitantes del Distrito Metropolitano de Quito no utilizan la bicicleta como medio de transporte es la falta o poca de intermodalidad que existe actualmente en el sistema transporte público, por tal motivo dentro del modelo se considerará esta situación ajustando los puntos de demanda ciclista parciales a las principales paradas de transporte público como son el servicio

convencional, Integrado, BRT (se priorizará las paradas que se encuentren y dirijan sus rutas a lugares con pendientes pronunciadas) y sobre todo a las estaciones de la primera línea del Metro de Quito que empezará sus operaciones al finales de este año; las mismas que se encuentran representadas en la Figura 45 a continuación.

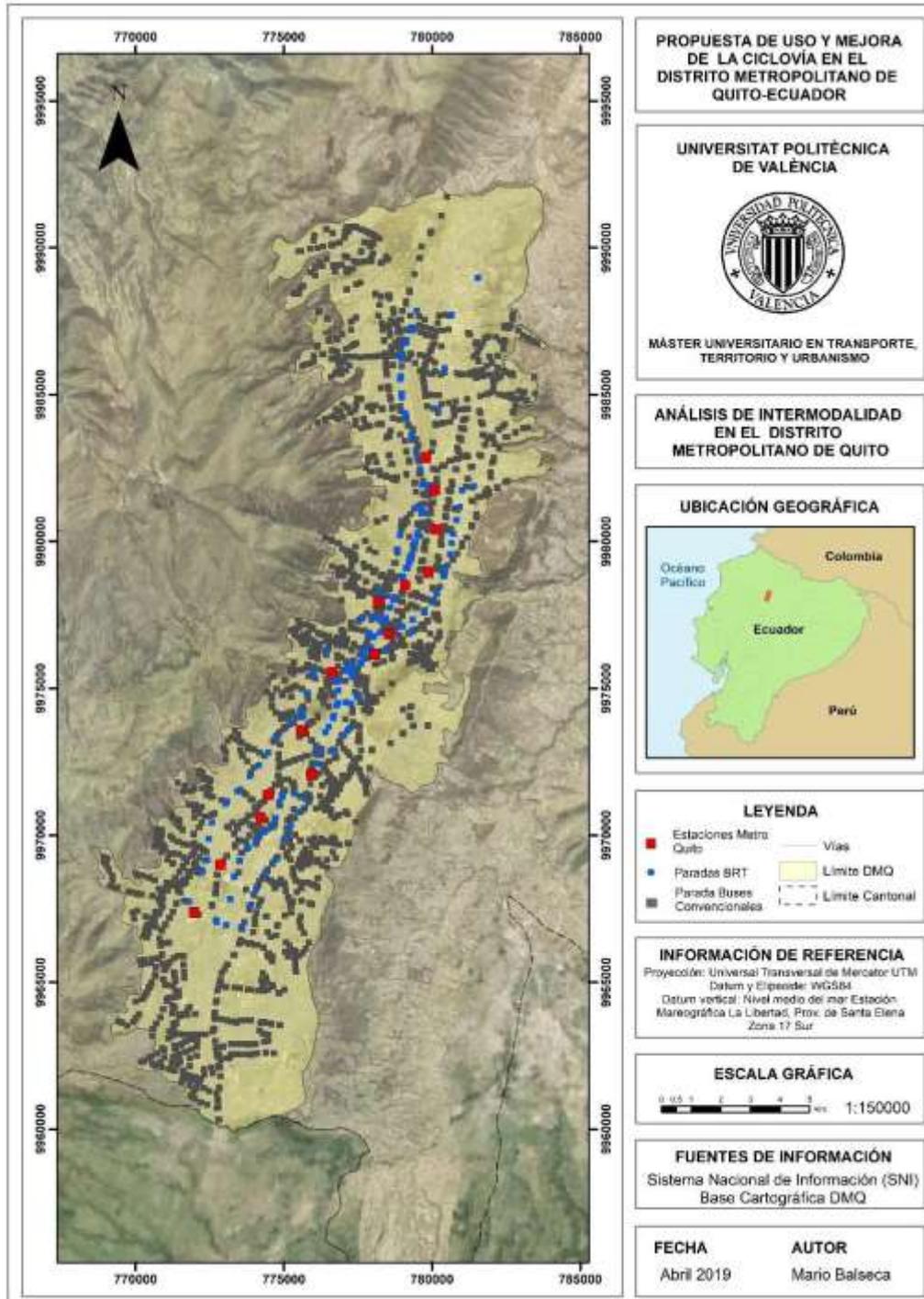
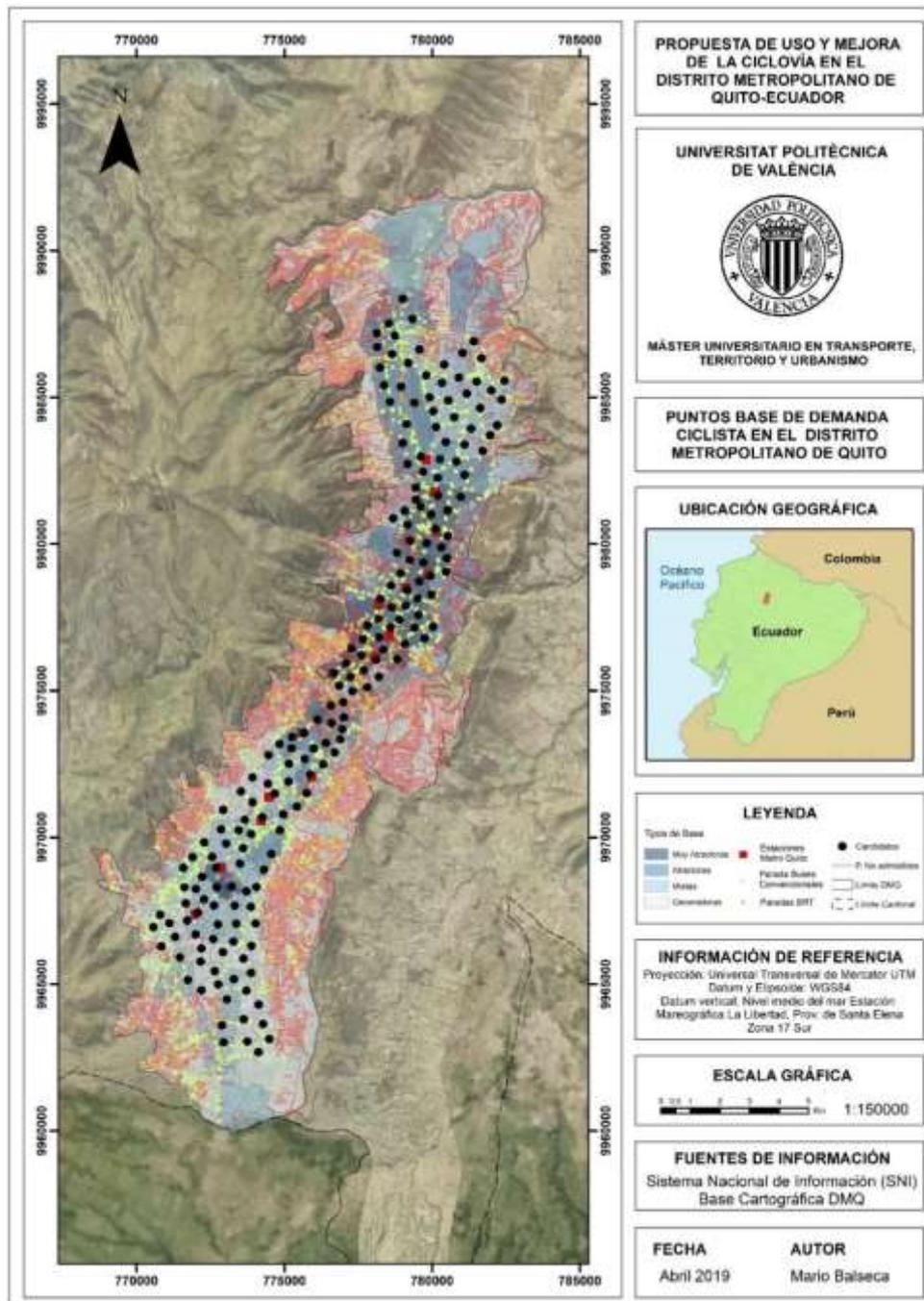


Figura 45. Análisis de Intermodalidad en el DMQ
 Fuente: Elaboración propia

4.3.5 Ajuste de la localización de los candidatos

Para definir la posición geográfica de los puntos de demanda ciclista, y a su vez se ajusten al entorno de la ciudad y la necesidad de los actuales y futuros usuarios, se estableció como base del análisis los puntos de las principales paradas y estaciones del transporte público del DMQ, las estaciones actuales y funcionales del SBP, los puntos y zonas con mayor demanda de viajes en bicicleta y como factor clave la topografía de la ciudad (pendientes de las vías); todo esta información se integró mediante el uso del software ArcGis, tomando en consideración en todos los geo-procesos, que la separación entre las mismas sea mínima y abarque un mayor radio de cobertura; dando como resultado un total de 180 puntos base de demanda ciclista.





En la Figura 46 se observa que no se planificaron puntos bases de demanda ciclista en los entornos extremos de la ciudad tanto al norte, sur, este y oeste esto se debe a diferentes factores como lo son: la situación topográfica no es apta, su índice de inseguridad es significativo y son zonas de transición entre el ámbito urbano y rural del DMQ en donde la demanda es baja.

4.4 Generación de modelos de rutas óptimas ciclistas

Para determinar las rutas más eficientes entre dos puntos es necesario calcular la *Impedancia* en la red, que no es otra cosa que el costo de transportar un recurso de un extremo del segmento al otro extremo en términos de tiempo o distancia; como se ha mencionado anteriormente a la red vial del DMQ se le realizaron algunos procesos tales como estimar la distancia en 3 dimensiones y la velocidad que tiene cada arco; elementos necesarios para calcular la impedancia medida en minutos, como se indica en la siguiente fórmula:

$$I_{(\min)} = \frac{\text{Longitud (m)} * 60}{\text{Velocidad (Km/h)} * 1000} \quad (18)$$

En el Shape de red vial de Quito creamos un nuevo campo denominado “Cost” y aplicamos la fórmula anterior; esta nueva información generada es parte de las configuraciones previas de la red; pues la extensión de *Network Analyst* de ArcGis precisa que los datos a ser valorados se encuentren dentro de una “Geodatabase” la misma que ya se generó cuando se actualizó y se procesó la topología de la red vial.

A continuación, se crea un “New Network Dataset”, sobre el cual se permitirán todos los tipos de giro, con una conectividad a los puntos finales de cada tramo, discriminando también la elevación de los elementos lineales de la red, pudiendo ser estos pasos elevados, pasos subterráneos, etc., finalmente para construir la red se definen las unidades en las cuales se medirá el costo (metros y minutos).

Una vez delimitas las bases de demanda ciclista, en conjunto con la red de actual de ciclo vías, la malla vial del DMQ y las restricciones atribuidas al diseño del modelo como son: las pendientes, accidentabilidad, iluminación y vías con elevada carga de la red de transporte público, se procesó esta información con el uso de la herramienta *New Closest Facility* de ArcGis definiendo tres modelos de actuación que se detallan a continuación:

4.4.1 Primera modelo: Composición de la ciclo vía en función a 2 Puntos base de demanda ciclista cercanos

Las ciclo vías que conforman este modelo unen al igual que las demás a todos los puntos base de demanda ciclista, sin embargo, la diferencia que existe en cada una de ellas el número de base que se conectan entre sí, es decir el algoritmo utilizado encuentra las 2 bases más cercanas y las enlaza a través de la red vial del DMQ, como se muestra en la Figura 47, la infraestructura ciclista se encuentra en ciertas áreas aislada mostrando serios problemas de conectividad, teniendo una extensión de 180 km.

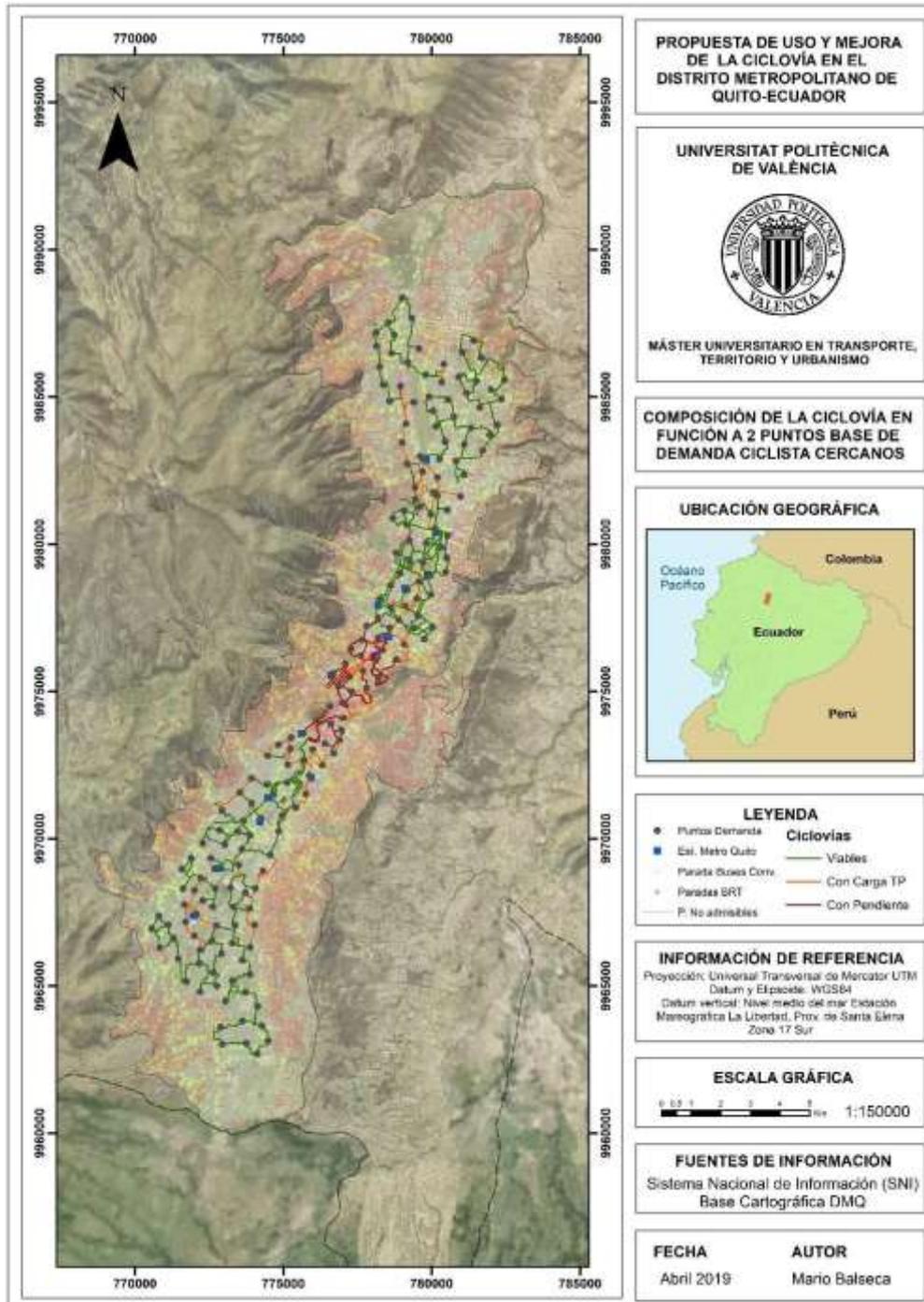


Figura 47. Composición de la ciclovia en función a 2 Puntos base de demanda ciclista cercanos
 Fuente: Elaboración propia

4.4.2 Segunda modelo: Composición de la ciclovia en función a 5 Puntos base de demanda ciclista cercanos

En cuanto a la planificación de este modelo se definió un algoritmo de búsqueda de los 5 puntos bases de demanda ciclista más cercanos entre sí, dando como resultado una red ciclista mucho más desarrollada que la anterior, pues esta cuenta con 287 Km de extensión, teniendo así, una cobertura más amplia del área de estudio y una mayor conectividad ciclovia e intermodalidad con otros medios de transporte. Cabe señalar que en todas los modelos están incluidas las cicloviás funcionales actuales (ver Figura 48).

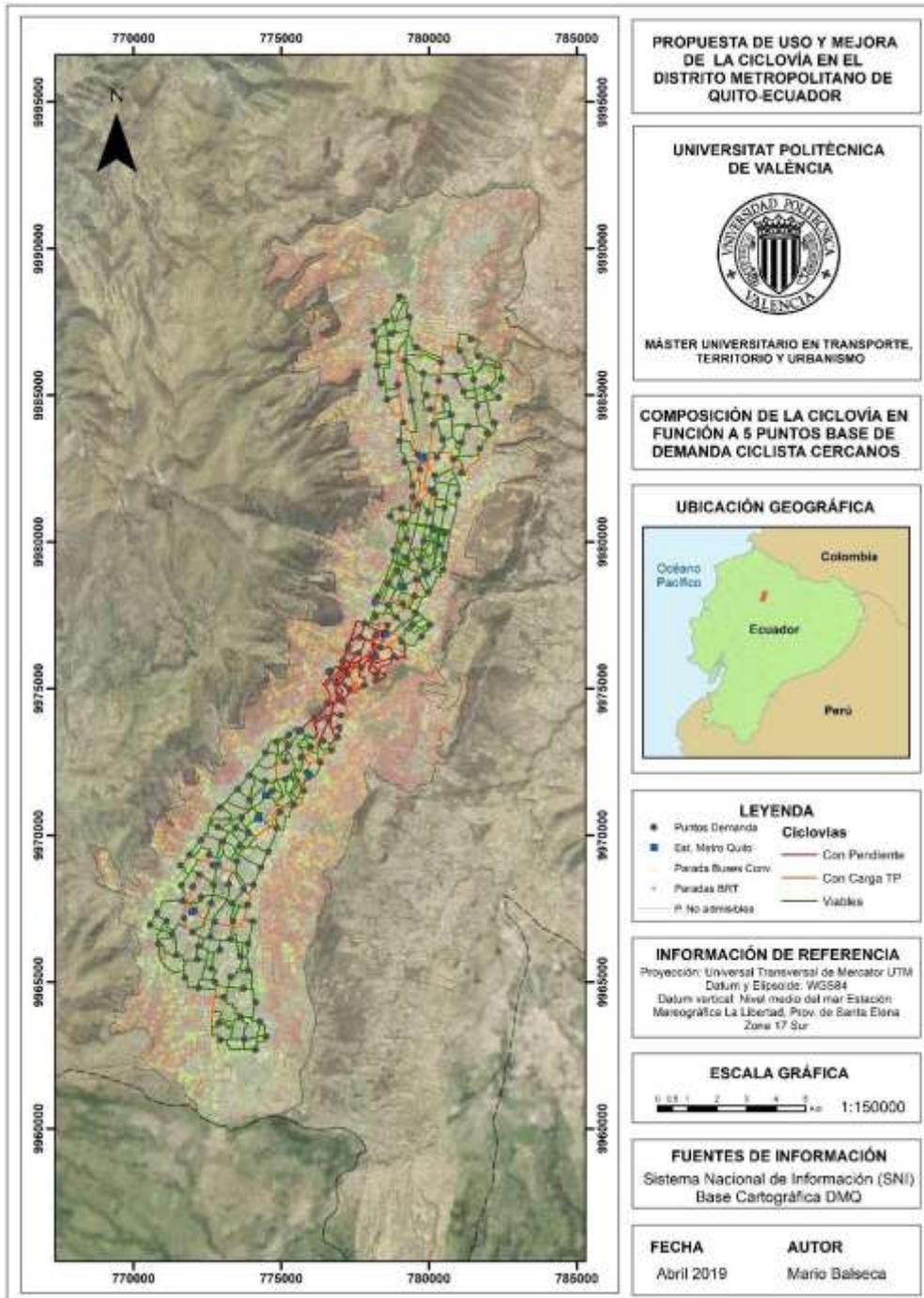


Figura 48. Composición de la ciclovia en función a 5 Puntos base de demanda ciclista cercanos
Fuente: Elaboración propia

4.4.3 Tercera modelo: Composición de la ciclovia en función a 10 Puntos base de demanda ciclista cercanos

Tras varios ensayos se definió que el algoritmo máximo en este modelo de ciclo rutas óptimas es con la búsqueda de 10 puntos bases de demanda ciclista más cercanos entre sí, pues utilizando un valor más alto los itinerarios encontrados son repetitivos y tienden a abarcar zonas con mayor flujo vehicular.

Este modelo cuenta con una extensión de 398 Km, sin duda es la que cuenta con una mayor conectividad, pero a su vez esto atrae ciertos problemas de tráfico pues un gran porcentaje la infraestructura vial de Quito no tiene la disponibilidad física para crear un carril de uso ciclista sea este exclusivo, segregado o compartido (ver Figura 49).

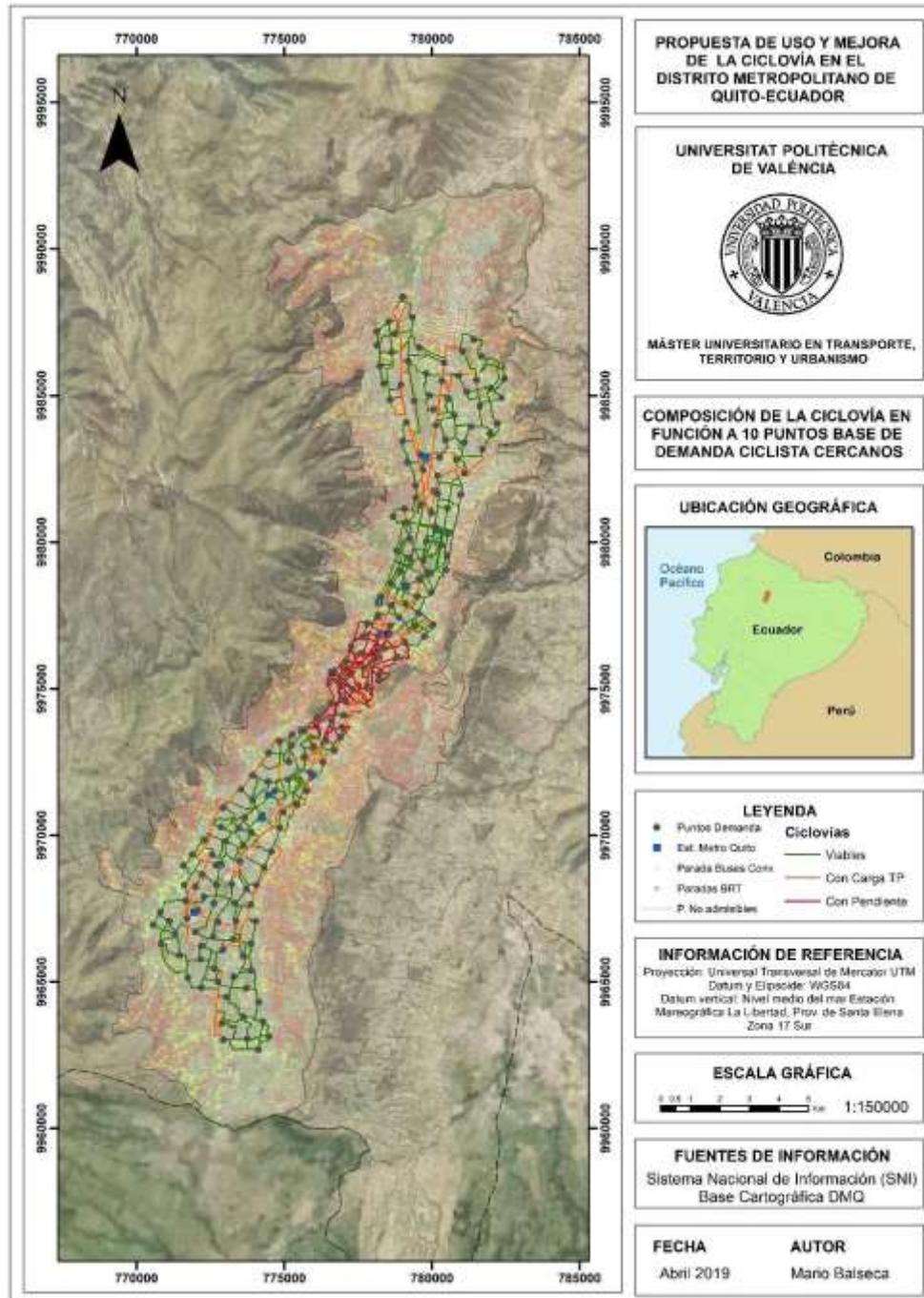


Figura 49. Composición de la cicloviá en función a 10 Puntos base de demanda ciclista cercanos
Fuente: Elaboración propia

Una vez considerados los modelos de cicloviás óptimas en función de los puntos bases de demanda ciclista en el Distrito Metropolitano de Quito, se realizó la Tabla 25 en la cual se compara las distancias que tiene cada uno y los posibles conflictos que se tendría al momento de su construcción y ejecución:



Tabla 25. Ciclovías Propuestas e inconvenientes

<i>Ciclovías propuestas</i>	<i>En función a 2 Puntos base (Distancia en Km)</i>	<i>En función a 5 Puntos base (Distancia en Km)</i>	<i>En función a 10 Puntos base (Distancia en Km)</i>
<i>Viables</i>	114,26	204,12	283,17
<i>Con carga Transporte Público</i>	39,34	48,21	65,76
<i>Con Pendiente</i>	26,78	35,05	49,21
<i>Total general</i>	180,38	287,38	398,14

Fuente: Elaboración propia

Analizados los resultados, se determinó que el tercer modelo (Compone las ciclovías en el DMQ en función a 10 Puntos base de demanda ciclista cercanos) tiene una mayor conexión a través de toda la red, también es la que más comparte varios tramos de vía con carga de transporte público y con pendientes pronunciadas; además de esas particularidades como se mencionó anteriormente gran parte de la infraestructura vial de la ciudad no cuenta con las dimensiones necesarias para crear carriles para bicicleta segregados, por lo cual, si se escogiera este modelo se propondría que la mayor parte de las ciclovías sean compartidos con automóviles, provocando en ciertos sectores donde las vías son más estrechas una congestión de tráfico.

En cuanto al primer modelo (Compone las ciclovías en el DMQ en función a 2 Puntos base de demanda ciclista cercanos) se observa que es si bien es cierto es la que tiene un menor número de kilómetros en conflicto al momento de su construcción, también cuenta con una conectividad muy deficiente.

Entonces basados en los antecedentes señalados se determinó que el segundo modelo (Compone las ciclovías en el DMQ en función a 5 Puntos base de demanda ciclista cercanos) es la que más se adapta al entorno de la ciudad, pues tiene una cobertura amplia sobre el área de estudio y está conectada con las principales redes viarias; al no tener la misma extensión de kilómetros de red del tercer modelo se puede plantear dentro de la misma un circuito de carriles de bicicleta, que en lo posible sea de uso exclusivo segregado como eje vertebrador para los carriles compartidos.

4.4.4 Caracterización del modelo de ruta ciclista óptima en el DMQ

Una vez seleccionado el modelo de ruta ciclista óptima que mejor se ajusta al entorno de la ciudad y a su vez refleja una mayor equidad territorial a pesar de ciertas limitaciones topográficas, seguridad vial, carga de transporte público, etc. Y procurando que en la mayoría de su trayecto tenga continuidad, se exportó la información al programa informático Google Earth para verificar y validar la conexión de las ciclovías planificadas, y a su vez designarles una categoría según el tipo de carril siendo estos: Carril Segregado, Carril Bicicleta, Carril Compartido.

En un principio se planificó que las ciclovías que tuvieran carga de transporte público sean netamente segregadas, sin embargo, verificando la información se es imposible debido ya que muchas de las calles y puntualmente en el centro de la ciudad son demasiado estrechas, por tal motivo se las caracterizó como carriles compartido (ver Figura 50), eso sí dándoles una mayor énfasis en la seguridad de los usuarios.

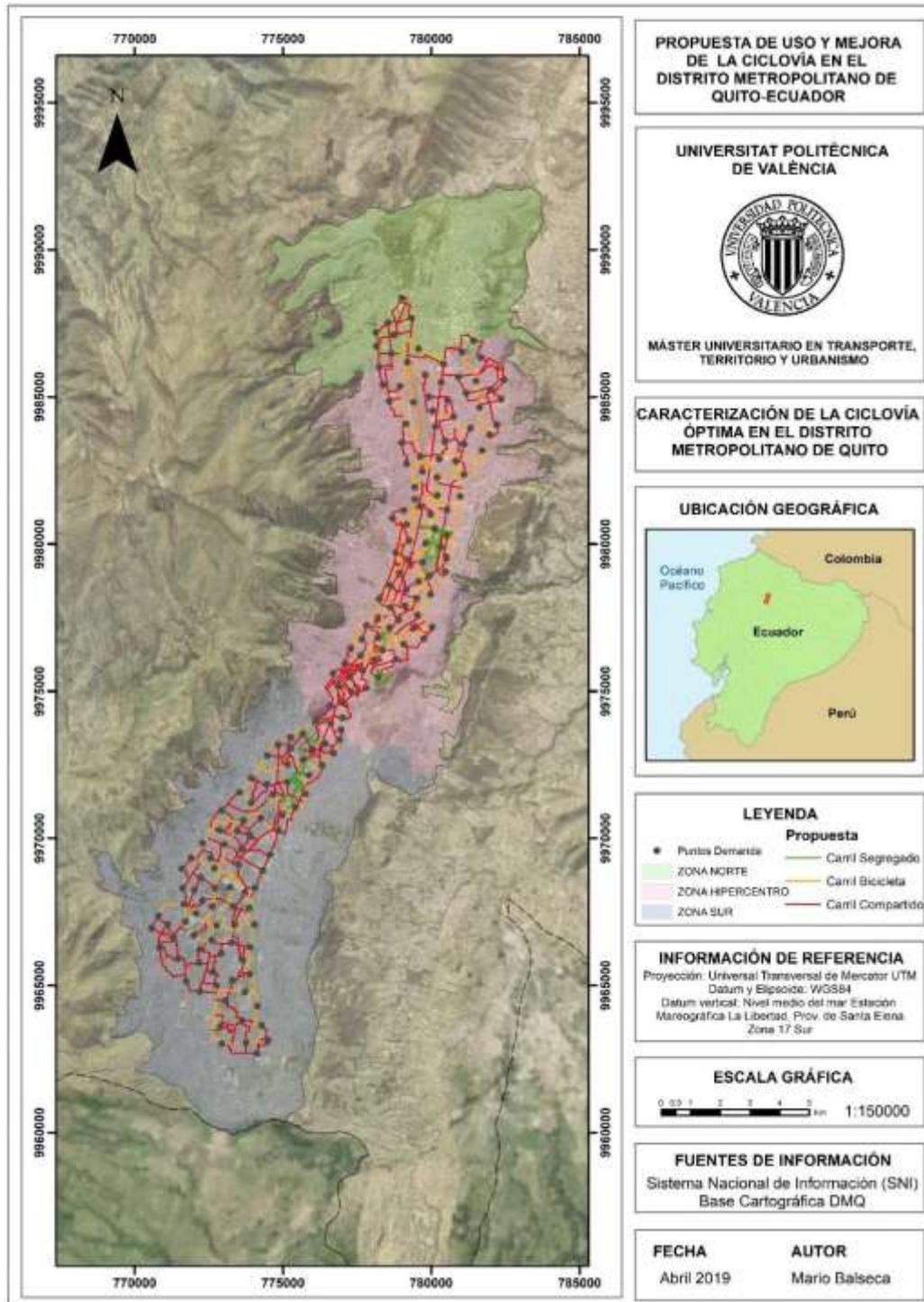


Figura 50. Caracterización de la ciclovía óptima en el DMQ

Fuente: Elaboración propia



La infraestructura ciclista propuesta tiene una extensión de 287,38 Km repartida a lo largo de las tres diferentes zonas que dividen a la ciudad; la zona norte es la que abarca el menor porcentaje de ciclovías con un valor de 15,53 Km (5,40%); seguidamente del Hipercentro con una longitud de 152,90 Km (53,21%) y finalmente la zona sur con una distancia de 118,95 Km (41,39%). Cabe recalcar que la zona extrema más al norte de la capital no tiene una mayor cobertura de la red, esto se debe a diferentes factores físicos y sociales, como lo son el relieve del territorio y la baja demanda de viajes. En la Figura 51 se observa más detalladamente como está configurada la ciclovía óptima del DMQ.

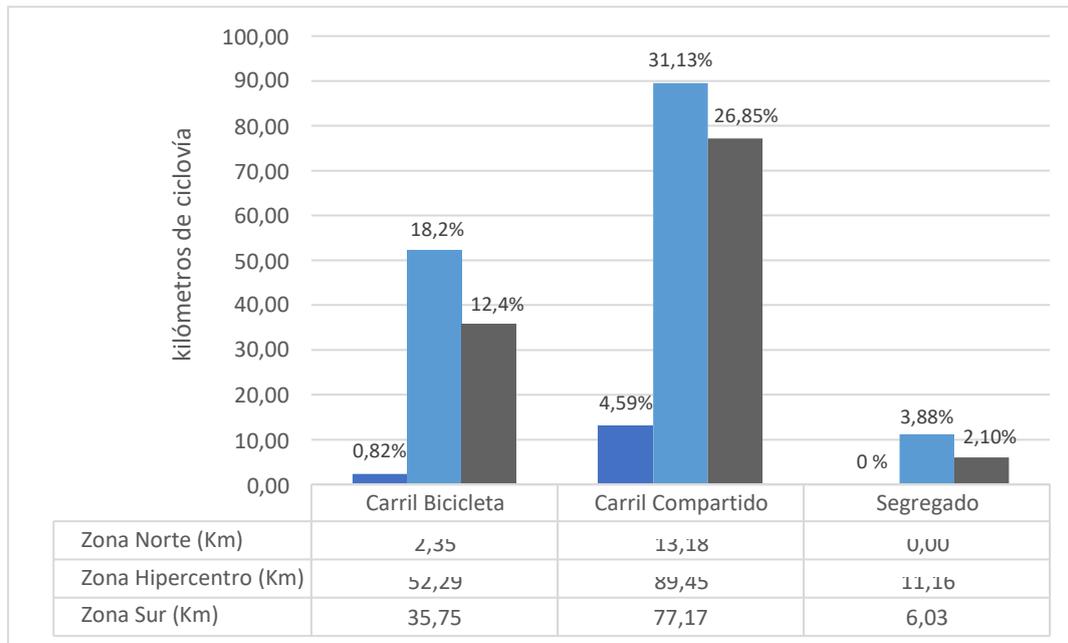


Figura 51. Zonificación de la ciclovía óptima en el DMQ
Fuente: Elaboración propia

4.5 Localización óptima de aparcamientos y estaciones SBP

Uno de los objetivos principales de esta investigación es incentivar el uso de la bicicleta sea esta propia o pública mediante la mejora de las ciclovías y del sistema actual de bicicletas públicas; el cual actualmente solo dispone de estaciones a su servicio en el Hipercentro de la ciudad, por tal motivo mediante el uso de los puntos base de demanda ciclista definidos anteriormente; serán utilizados como sitios aptos para la implementación de estaciones nuevas y reubicadas del Sistema de Bicicleta Pública BiciQuito, así como puntos referenciales (en un radio no mayor a 50 metros) para aparcamiento de bicicletas de uso privado; estos estacionamientos tendrán el mismo número o mayor de plazas y anclajes que los propuestos para el SBP.

4.5.1 Accesibilidad y Escenarios

El nivel de accesibilidad a los punto base de demanda ciclista es uno de los principales indicadores que puede definir el grado de satisfacción de los usuarios; pues mide en el coste de tiempo que le toma a un peatón hasta llegar a la instalación más cercana, es decir se realizó un análisis de isócronas, que consiste en delimitar áreas que se marcan sobre un territorio definiendo los lugares a los que nos desplazaremos en un tiempo determinado; en un territorio perfecto serían círculos con centro en el punto de partida; sin embargo, nos es más fácil o más rápido movernos por ciertos



lugares que por otros (especialmente por la pendiente pronunciada del DMQ), incluso por algunas vías es imposible transitar.

Para determinar las áreas caminables hacia los puntos base de demanda ciclista se utilizó el estudio de (Wang, 2015) que estableció mediante una encuesta a peatones en la ciudad de Xiamen, los tiempos que son considerados cómodos e incómodos para acceder a equipamientos, infraestructura y servicios, mediante un nivel de accesibilidad en función del tiempo recorrido. Este estudio definió que si se camina a un servicio con un tiempo menor a 5 minutos es considerado como de carácter accesible confortable, de 5 a 10 minutos de caminata es considerado de fácil accesibilidad, de 10 a 15 minutos, buena accesibilidad, de 15 a 20 minutos es una accesibilidad tolerable, de 20 a 25 minutos es apenas accesible y de 25 minutos o más es considerada difícil para acceder. Un factor importante para determinar el análisis de las isócronas es la velocidad media del peatón que según varios estudios la definen con un valor medio de 4km/h, sin tomar en consideración su paso por diferentes tipos de veredas, densidad de peatones, intensidad de peatones, pendiente, entre otras. Esta velocidad se la incluyó al modelo de forma general para toda la red vial asumiendo que los peatones circulan por la misma.

En la Tabla 26 se muestran los resultados que (Wang, 2015) definió en su estudio y sobre los cuales se realizó el análisis de los diferentes escenarios de esta investigación:

Tabla 26. Correspondencia entre distancia recorrida y accesibilidad a instalaciones caminando

<i>Distancia a pie (metros)</i>	<i>0- 300</i>	<i>301-600</i>	<i>601-900</i>	<i>901-1200</i>	<i>1.201-1.500</i>	<i>>1.500</i>
<i>Tiempo caminando (minutos)</i>	≤ 5	5.1-10	10.1-15	15.1-20	20.1-25	> 25
<i>Valor de evaluación de la accesibilidad a pie</i>	100	80	60	40	20	0
<i>Estado de accesibilidad a pie</i>	Confortable	cómodo	Bueno	tolerable	apenas accesible	difícil de acceder
<i>Accesibilidad general a pie (# personas)</i>	> 90	71 - 90	51 – 70	31 - 50	11-30	0 - 10
<i>Nivel de evaluación</i>	muy bueno	bueno	Regular	tolerable	pobre	malo

Fuente: (Wang, 2015)

Cabe señalar que para el presente estudio y en base a la planificación de los puntos base de demanda ciclista, la distancia promedio entre los mismo no supera los 900 metros (ver Figura 52), por tal motivo se analizaron solo los tres primeros escenarios en función del tiempo que el usuario tarda caminando, es decir:

- Nivel de evaluación Muy bueno (≤ 5 minutos)
- Nivel de evaluación bueno (5.1-10 minutos)
- Nivel de evaluación regular (10.1-15 minutos)

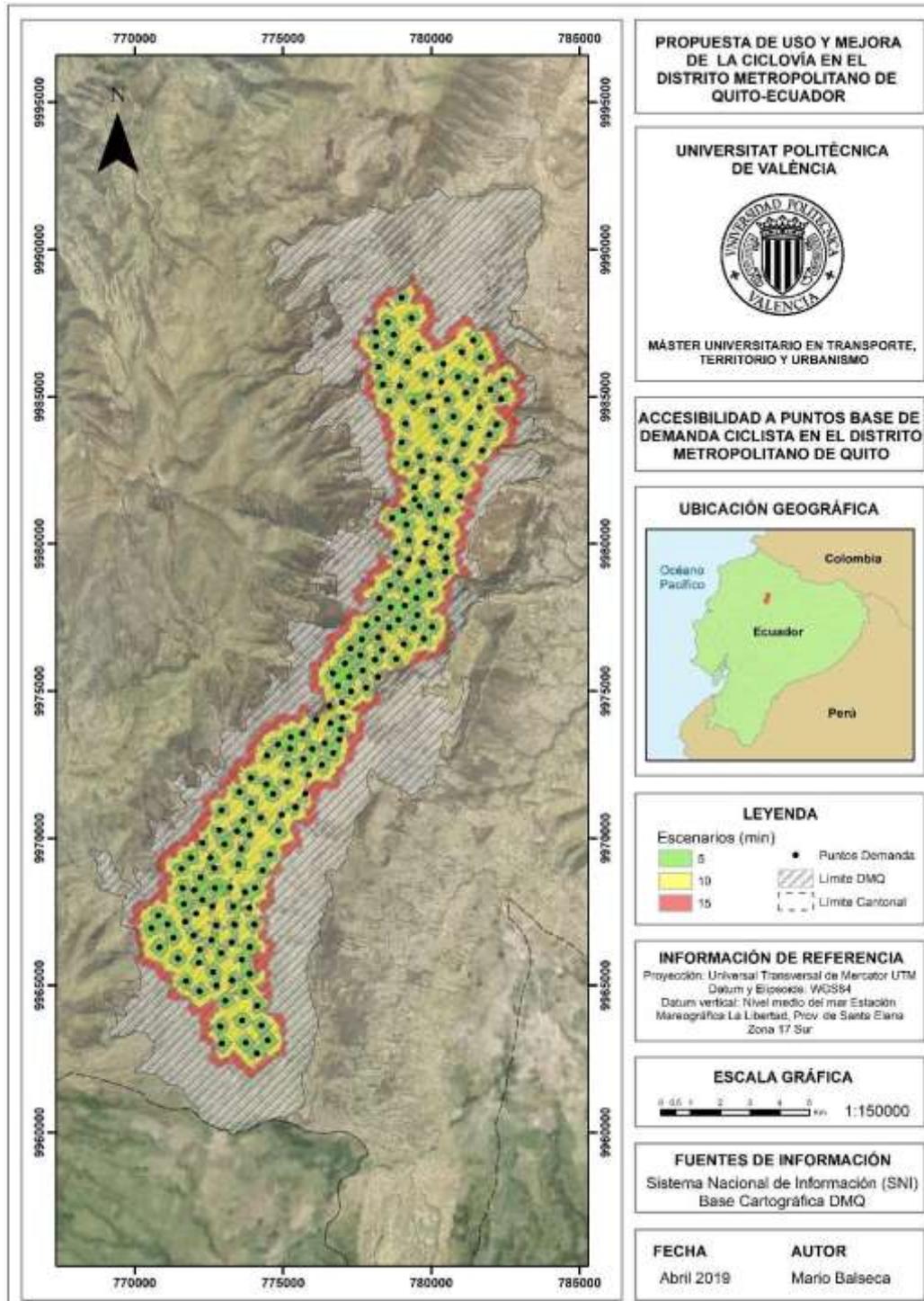


Figura 52. Accesibilidad a puntos base de demanda ciclista en el DMQ
Fuente: Elaboración propia

Haciendo un análisis de la isócronas se estableció las áreas de cobertura de los puntos base de demanda ciclista en los diferentes escenarios planteados (5 minutos, 10 minutos y 15 minutos), que se detallan en la Tabla 27:



Tabla 27. Área de servicio de los Puntos base de demanda ciclista

<i>Nivel de Evaluación</i>	<i>Costo (min)</i>	<i>Cobertura (%)</i>	<i>Población</i>
<i>Muy bueno</i>	≤ 5	16,09	309960
<i>Buena</i>	5,1 – 10	23,67	451517
<i>Regular</i>	10,1 – 15	10,05	193356
Total		49,81	954833

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se observa que los puntos base de demanda ciclista cubre alrededor del 50% de la ciudad en área y aproximadamente el 60% en población (1.619.432 de habitantes en Quito), esto se debe principalmente como se ha mencionado varias ocasiones a las condiciones topográficas de la ciudad; mientras que en las aéreas cubiertas existe una evaluación buena con el 23,67%, seguido de una evaluación regular y muy buena con porcentajes de 16,09% y 10,05% respectivamente. Así mismo la tabla refleja los posibles usuarios que tienen acceso al sistema de acuerdo con la distancia más próxima a su ubicación.

4.5.2 Análisis de costes (tiempo y distancia) de las estaciones del SBP

Una vez definida la accesibilidad espacial, es decir el coste en termino de tiempo que demora una persona caminando hacia la estación del SBP más cercana, se calculó los costes (máximos, mínimo y promedios) en términos de tiempo y distancia que le tomaría a un usuarios movilizarse de una estación a todas las demás, tomando en consideración la impedancia que se calculó previamente en función de la velocidad ciclista. En la Tabla 28 que se encuentra a continuación están definidas las estaciones actuales y las nuevas a las cuales a estas últimas se las designó de acuerdo con el nombre del barrio al que pertenecen:

Tabla 28. Estaciones propuestas del SBP

<i>Número Estación</i>	<i>Nombre Estación</i>	<i>Costo Tiempo (Minutos)</i>			<i>Costo Distancia (Metros)</i>		
		<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Media</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Media</i>
1	2 De febrero	2,91	124,36	59,81	614,19	26237,45	12679,74
2	23 De mayo	3,22	115,30	51,89	643,37	24510,75	11084,17
3	23 junio Barrio	2,42	78,38	39,31	443,35	17548,24	8431,95
4	6 De diciembre	3,33	83,38	40,01	673,37	18443,61	8514,36
5	Aeropuerto (I)	3,17	131,67	65,26	607,59	27824,60	13846,87
6	Aeropuerto (II)	4,19	128,57	64,13	830,93	27492,70	13342,54
7	Allpallacta	2,60	80,72	38,05	522,56	16171,50	8012,51
8	América	3,84	100,41	45,09	618,89	21232,29	9478,19
9	Argentina	3,60	119,40	54,74	712,49	25325,98	11656,29
10	Atahualpa E	3,26	109,00	48,39	733,29	23194,64	10366,72
11	Atahualpa W	4,28	115,85	53,16	847,22	24621,71	11360,91
12	Aymesa	3,34	75,27	37,79	653,73	15069,84	7799,71
13	Baker	3,55	136,06	71,26	715,13	28996,90	14772,82
14	Batan Bajo (I)	4,00	111,00	49,21	797,22	23651,94	10550,05
15	Batan Bajo (II)	3,47	85,13	39,75	647,23	18794,06	8463,49
16	Batan Bajo (III)	3,09	118,12	55,92	616,73	25143,61	11753,75
17	Bellavista	2,91	100,98	45,15	581,88	20399,72	9345,78
18	Benalcázar Cd (I)	3,37	94,78	41,98	674,21	19246,20	8857,31
19	Benalcázar Cd (II)	3,18	110,14	48,49	689,42	23537,20	10450,86
20	Benalcázar Cd (III)	2,74	77,69	38,02	569,15	17580,50	8348,62
21	Betania	3,49	137,52	71,88	809,45	29114,02	14739,44



PROPUESTA DE USO Y MEJORA DE LA CICLOVÍA EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO-ECUADOR



22	Bonanza	4,19	127,10	62,59	830,93	27205,66	13039,39
23	Calzado 1 Mayo (I)	3,82	88,20	39,55	674,32	18900,76	8515,75
24	Calzado 1 Mayo (II)	3,33	94,32	42,57	661,57	20677,62	9049,91
25	Carlos Ef Mendez	3,13	100,16	43,80	626,52	20346,84	9237,16
26	Caupicho I	4,26	82,03	42,44	820,21	16576,19	8868,07
27	Caupicho III (I)	3,13	90,71	40,09	671,36	18338,49	8423,54
28	Caupicho III (II)	3,14	87,08	41,68	548,34	17690,85	8662,17
29	Cdla. Gatazo	2,12	102,28	44,49	425,47	21852,23	9561,20
30	Chaupicruz	5,12	123,61	58,72	637,37	25633,60	12046,06
31	Chillogallo	2,92	122,78	58,61	566,32	26019,43	12179,06
32	Chimbacalle (I)	2,74	79,46	38,78	527,24	17261,69	8267,63
33	Chimbacalle (II)	2,98	130,24	65,56	530,81	27438,01	13757,77
34	Clemente Ballen	3,16	81,44	40,17	595,83	17899,49	8426,16
35	Cofavi	3,24	120,49	56,93	647,77	25885,99	11906,26
36	Comite Del Pueblo	3,18	107,79	47,33	689,42	23006,34	10170,91
37	Cond. Las Cuadras	3,78	115,59	52,30	595,52	24552,48	11151,58
38	Coop less Del Fu	3,29	123,86	57,96	628,29	26188,55	12280,29
39	Coop.Monserrat	3,92	127,24	61,19	816,54	27052,99	13070,81
40	Cotocollao	3,03	107,10	47,91	607,20	23209,37	10109,01
41	Cristinia 2	3,29	127,02	60,32	628,29	26793,76	12734,00
42	Dammer (I)	3,60	121,33	56,19	712,49	25711,01	11944,41
43	Dammer (I)	3,95	114,15	52,42	777,42	24518,18	10949,61
44	Delic 1 Plaza Gy	3,03	86,68	39,87	605,41	17657,43	8349,01
45	Ejercit Nac 2Etp (I)	2,12	90,80	40,44	424,15	18364,52	8412,35
46	Ejercit Nac 2Etp (II)	2,38	107,09	49,06	475,57	22939,27	10412,33
47	Ejercit Nac 2Etp (III)	5,30	74,94	41,76	799,31	14928,21	8275,66
48	Ejercito Nacional	3,87	104,83	46,13	772,76	21281,74	9706,86
49	Ejido	2,42	77,85	39,94	443,35	17492,56	8565,92
50	El Calzado	2,94	83,96	38,36	636,29	16995,11	8001,88
51	El Comercio	2,87	80,99	38,65	527,24	18254,01	8475,31
52	El Edén	3,27	118,09	55,02	653,34	25295,60	11460,52
53	El Pinar Bajo	3,39	112,44	50,57	678,36	22923,51	10637,74
54	El Rosario	3,80	109,41	49,31	759,91	23353,17	10333,09
55	German Avila	3,06	110,95	52,00	611,26	23661,71	10961,36
56	González Suarez (I)	3,28	105,06	46,87	654,98	22484,07	9844,27
57	González Suarez (II)	2,88	81,09	39,00	545,07	17690,93	8366,74
58	Granda Centeno	3,91	106,31	48,26	799,63	22750,43	10225,69
59	Guajalo	2,56	105,13	48,78	508,63	22517,68	10325,23
60	Hospital Solca	4,10	128,50	63,65	795,53	27421,99	13196,13
61	Huayrallacta	2,91	98,42	43,93	581,88	19887,45	9100,12
62	Iñaquito	2,84	114,52	53,79	561,17	24420,56	11352,71
63	Intillacta (I)	3,28	103,12	46,27	654,98	22095,26	9741,40
64	Intillacta (II)	3,18	70,60	38,55	638,17	14712,64	8097,39
65	Itchimbia	3,55	125,00	60,03	700,85	26786,49	12523,54
66	Jipijapa	3,31	101,27	43,64	638,74	21706,08	9441,58
67	Julio Moreno D.	3,07	115,00	52,56	613,73	24787,71	11034,62
68	La Alameda	3,09	116,90	53,94	614,95	24846,19	11251,47
69	La Bretania	3,22	118,36	54,13	643,37	25121,50	11525,37
70	La Ecuatoriana	5,28	79,73	40,04	635,84	15375,83	8094,62
71	La Floresta (I)	3,26	123,17	57,61	630,71	26026,83	12199,61
72	La Floresta (II)	2,50	120,24	59,23	489,88	25498,23	12391,60
73	La Floresta (III)	2,50	117,74	57,05	489,88	25008,34	11966,82
74	La Florida	3,78	132,50	67,80	755,46	28286,32	14080,26
75	La Gasca	3,34	96,55	43,10	661,57	21103,38	9146,26
76	La Luz	3,01	76,17	38,52	655,42	17279,99	8479,33
77	La Magdalena (I)	3,32	126,12	59,95	760,07	26669,23	12712,94



PROPUESTA DE USO Y MEJORA DE LA CICLOVÍA EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO-ECUADOR



78	La Magdalena (II)	3,25	113,35	52,21	650,17	24154,63	10989,05
79	La Pradera (I)	2,57	88,87	40,95	513,08	19211,79	8725,21
80	La Pradera (II)	4,03	122,33	57,66	816,20	26061,05	12374,89
81	La Pradera (III)	2,98	132,81	67,42	530,81	27966,80	14202,39
82	La Recoleta (I)	3,09	119,23	55,59	614,95	25313,24	11578,52
83	La Recoleta (II)	3,03	110,13	49,50	607,20	23814,33	10425,21
84	La Sena	3,00	99,78	43,45	618,89	21386,02	9391,77
85	La Tola Baja	2,92	124,92	60,29	566,32	26438,02	12507,42
86	La Victoria	3,34	110,78	49,92	668,13	23845,60	10452,84
87	Larrea (I)	2,96	97,54	44,10	548,35	19711,90	9135,83
88	Larrea (II)	3,00	100,90	45,05	598,91	21972,00	9536,35
89	Larrea (III)	3,39	112,43	50,04	678,36	23938,84	10715,56
90	Las Acacias	4,06	129,10	63,20	640,58	27025,92	13139,73
91	Las Casas Bajo	3,80	118,96	54,66	595,52	25229,60	11628,50
92	Las Cuadras	4,28	112,62	51,08	847,22	23918,14	10905,86
93	Las Orquídeas (I)	3,74	114,27	51,29	747,21	24304,11	10966,88
94	Las Orquídeas (II)	3,36	73,17	37,61	840,09	16225,19	8185,83
95	Las Orquídeas (III)	3,03	86,53	40,44	605,41	17486,80	8373,54
96	Los Andes	3,09	115,11	54,29	616,73	24542,89	11457,25
97	Los Dos Puentes	3,34	113,09	51,23	668,13	24089,10	10695,26
98	Los Tulipanes (I)	2,85	82,95	39,46	565,44	18639,60	8537,30
99	Los Tulipanes (II)	3,07	118,07	54,64	613,73	25401,44	11447,34
100	Luis A.Valencia	2,13	121,90	56,81	412,99	25838,71	12069,99
101	Maldonado	3,13	128,72	62,47	640,58	26904,35	12966,82
102	Mariana De Jesús	3,27	101,29	43,91	653,95	20571,85	9255,54
103	Mariscal Ayacucho	2,99	91,04	41,59	597,72	18389,17	8604,03
104	Mariscal Sucre (I)	3,78	128,75	63,28	739,35	27187,05	13086,41
105	Mariscal Sucre (II)	3,00	103,85	46,35	598,91	22562,35	9797,69
106	Mariscal Sucre (III)	3,33	87,71	41,22	664,94	19018,52	8811,05
107	Mariscal Sucre (IV)	3,84	88,34	40,94	768,53	19141,84	8729,42
108	Mariscal Sucre (V)	2,89	84,87	39,87	577,41	18981,42	8686,01
109	Mariscal Sucre (VI)	2,57	90,07	41,07	513,08	19485,94	8753,14
110	México (I)	3,33	101,80	46,73	665,97	21851,71	9921,17
111	México (II)	3,14	84,98	41,56	548,34	17323,29	8632,03
112	México (III)	2,95	99,68	44,89	589,66	21408,21	9518,15
113	Muyullacta	2,70	81,69	38,72	539,38	16541,24	8079,97
114	Nazareth (I)	2,55	70,13	37,44	606,84	14588,94	7743,79
115	Nazareth (II)	3,55	125,54	60,87	700,85	26889,09	12686,88
116	Ntr. Madre Merced	3,55	136,88	72,03	715,13	29153,76	14921,33
117	P.La Carolina (I)	3,00	98,34	42,61	628,17	21007,76	9169,85
118	P.La Carolina (II)	2,16	76,42	38,42	527,08	15416,43	7982,56
119	Pacarillacta	4,19	75,48	40,22	612,08	15991,71	8219,45
120	Panecillo	4,14	122,65	60,76	736,36	25920,44	12627,31
121	Pueb Solo Pueb	2,70	83,79	39,21	539,38	17081,14	8215,92
122	Quillallacta	5,77	117,58	54,35	673,68	24959,92	11550,93
123	Quito Sur	2,85	80,87	39,08	565,44	18251,31	8465,20
124	Recreo C.C (I)	2,60	78,12	38,46	522,56	15648,93	7919,40
125	Recreo C.C (II)	3,46	119,01	57,58	688,57	25285,09	12077,94
126	Rodríguez Aguirre	3,90	124,62	60,42	778,87	26710,18	12606,32
127	Ruccullacta	2,99	88,65	40,40	597,72	17960,57	8396,95
128	Rumipamba	2,55	70,34	38,25	621,24	14329,98	7934,76
129	S. Blas I	2,54	75,31	38,09	609,71	16882,85	8133,07
130	S. Carlos	2,61	117,96	56,88	521,73	25131,22	11987,87
131	S. Francisco Sur	2,88	92,83	40,46	597,52	19870,57	8756,07
132	S. Gabriel	2,12	92,92	41,53	424,15	18788,67	8630,55
133	S. Gregorio	2,94	90,73	42,03	537,41	19629,03	8970,94



PROPUESTA DE USO Y MEJORA DE LA CICLOVÍA EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO-ECUADOR



134	S.I sidro Inca (I)	3,61	120,95	57,28	768,98	25525,39	12122,66
135	S. Isidro Inca (II)	2,13	122,06	57,19	412,99	25792,26	12079,81
136	S. Isidro Inca (III)	3,78	125,75	62,51	739,35	26638,86	13052,07
137	S. José Inca	4,01	127,78	61,29	729,16	26905,64	12889,64
138	S. José Condado	2,96	94,98	43,49	548,35	19431,39	9093,48
139	S. José De Guamaní	3,34	84,02	40,05	667,51	17091,09	8340,43
140	S. Miguel Amagasí	3,24	122,65	58,89	647,77	26301,05	12286,62
141	S. Miguel Amagasí	3,49	135,06	70,12	725,43	28801,08	14547,81
142	S. Pedro Claveri	3,79	133,19	68,09	757,22	28424,28	14135,80
143	Salvador Allende (I)	2,78	72,51	38,78	606,84	16141,00	8394,37
144	Salvador Allende (II)	2,88	92,64	40,60	597,52	18731,27	8534,18
145	San Blas	2,16	77,63	38,53	527,08	15729,23	7979,72
146	San Bartolo	2,91	126,77	61,96	614,19	26758,59	13113,42
147	San Juan (I)	3,84	121,64	57,28	767,45	26098,57	11964,34
148	San Juan (II)	2,79	88,60	39,79	559,60	17924,48	8311,63
149	San Juan (III)	3,25	110,10	50,07	650,17	23504,46	10563,78
150	San Marcos (I)	3,58	99,63	45,32	715,44	21408,61	9632,89
151	San Marcos (II)	3,47	88,60	41,05	647,23	19441,29	8688,64
152	Santa Rita (I)	2,94	93,30	42,61	537,41	20120,85	9063,91
153	Santa Rita (II)	3,59	82,80	39,57	688,65	18041,04	8472,65
154	Solanda S.4	3,17	134,23	67,71	606,17	28348,98	14340,49
155	Sta. Barbara Baja	3,98	129,17	63,12	770,84	27309,57	13359,90
156	Sta. Anita 2 (I)	2,38	109,47	50,70	475,57	23414,84	10736,30
157	Sta. Anita 2 (II)	3,34	78,49	37,84	676,12	15901,23	7824,65
158	Sta. Lucia Alta	2,55	98,97	44,43	509,26	21265,61	9424,78
159	Sto. Tomas I	3,64	113,99	52,89	685,35	24240,43	11090,15
160	Sucre Fundeporte (I)	2,94	84,50	38,11	636,29	18201,39	8280,39
161	Sucre Fundeporte(III)	2,84	112,85	52,78	561,17	24077,97	11149,57
162	Sucre Fundeporte (IV)	3,51	129,93	63,18	816,54	27742,30	13617,00
163	Sucre Fundeporte (V)	3,53	105,16	45,82	705,43	21345,57	9653,36
164	Tambollacta (I)	3,01	73,47	38,06	653,77	14806,97	7851,67
165	Tambollacta (II)	2,12	104,40	45,60	425,47	22277,70	9804,34
166	Tamiallacta	3,27	95,97	41,70	649,02	20623,60	9037,15
167	Thomas	2,82	81,20	39,66	556,71	18104,95	8535,25
168	Tnt. Hugo Ortiz	2,75	81,90	38,01	539,91	16583,21	8029,56
169	Turuba. Monja Bev	3,53	107,44	46,74	705,43	22940,52	10046,91
170	Turubamba Alto	3,71	104,35	47,51	742,60	22357,20	10070,72
171	Unión Nacional	3,13	131,51	65,00	693,56	27468,11	13520,11
172	Unión Popular	3,33	90,99	41,42	665,58	20012,03	8816,94
173	Unión Y Justicia	2,56	107,69	50,46	508,63	23026,31	10662,38
174	Unión Y Progreso	3,01	70,47	37,35	609,54	14153,19	7719,56
175	Venecia I	3,29	72,71	38,20	621,24	14665,25	7856,40
176	Villa Flora	3,37	102,34	45,98	674,03	21939,64	9733,65
177	Voz De Los Andes (I)	3,10	95,52	43,19	619,44	20576,13	9176,90
178	Voz De Los Andes (II)	2,55	96,42	43,36	509,26	20756,35	9209,70
179	Zaldumbide (I)	5,12	126,81	61,49	637,37	26153,57	12431,20
180	Zaldumbide (II)	3,26	126,43	60,22	630,71	26657,54	12709,20
	Total	2,12	137,52	49,15	412,99	29153,76	10356,30

Fuente: Elaboración propia

Analizando la tabla se puede observar que el tiempo mínimo que demora un usuario en movilizarse de una estación a otra más cercana oscila entre 2 a 5 minutos, mientras que puede llegar a demorarse alrededor de 2 horas en trasladarse entre las estaciones más extremas del norte y sur de la ciudad, pues debería recorrer alrededor de 30 Km.

Las estaciones del SBP propuestas que pertenecen a las zonas sur e hipercentro de la ciudad cuentan con tiempos y distancias constantes para movilizarse entre sí, al contrario de lo que sucede en las estaciones pertenecientes a la zona norte de la capital, donde los valores de coste son más altos debido a varios factores como lo son el relieve del terreno y la limitado a la infraestructura ciclista. También se determinó que un viaje promedio tiene una duración de 50 minutos si el usuario decidiera movilizarse por todas las estaciones (ver Figura 53), sin embargo, la 1ra Encuesta Nacional del Ciclista Urbano determinó que el tiempo promedio de viaje en bicicleta se encuentra en el rango de 20 a 30 minutos para que un usuario llegue a su lugar de destino.

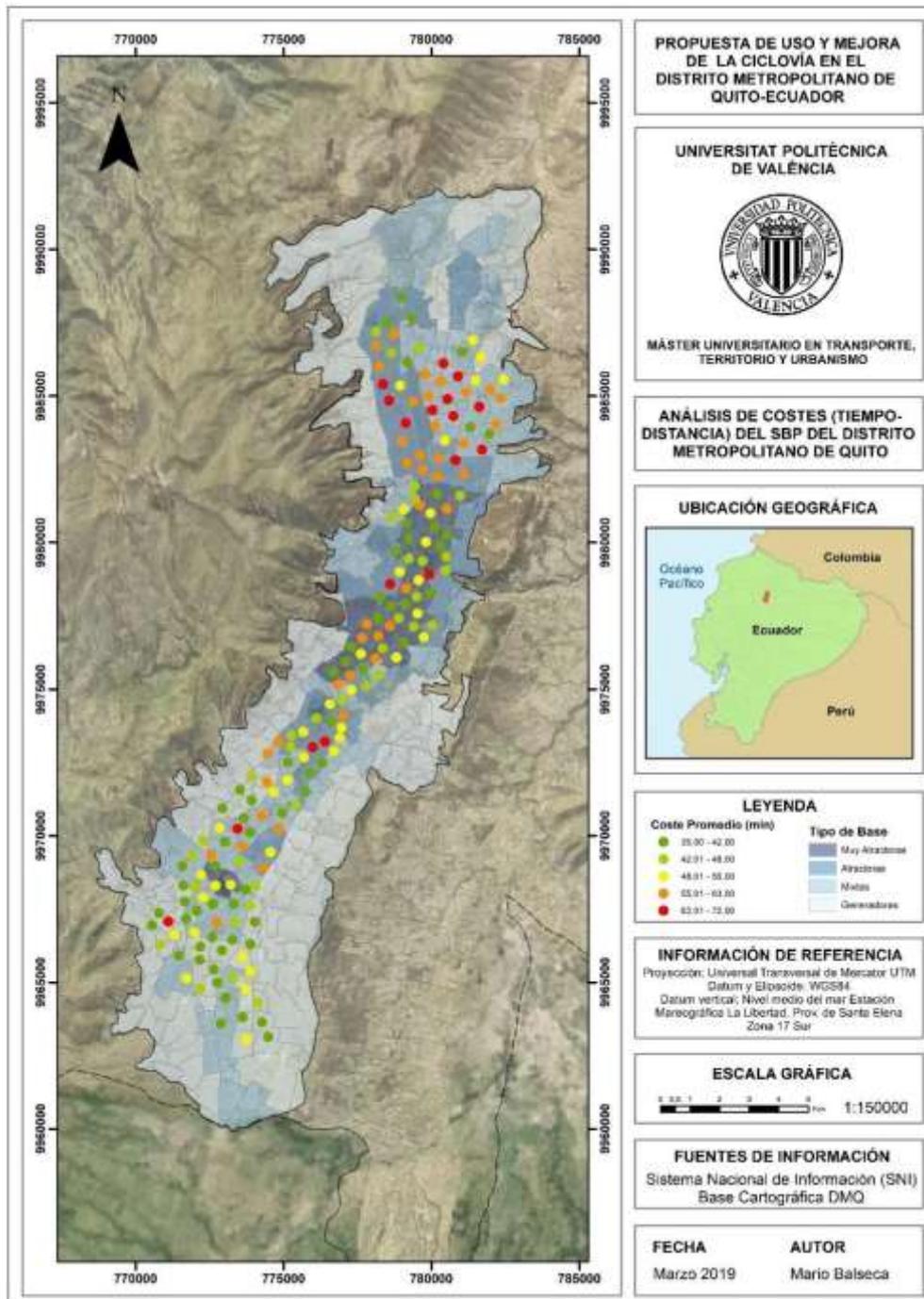


Figura 53. Análisis de costes (distancia-tiempo) de las estaciones del SBP en el DMQ
Fuente: Elaboración propia

La configuración de las estaciones propuestas para el SBP del Distrito Metropolitano de Quito, se basará en el método utilizado por (Latorre, 2012) el cual se estableció anteriormente; dando como resultado que, las estaciones mixtas ocupan un mayor porcentaje con 39 %, seguidamente de las atractoras con el 25% y finalmente con un porcentaje de 21% y 15% las bases Muy atractoras y las generadoras de viajes en bicicleta respectivamente, como se observa en la Figura 54:

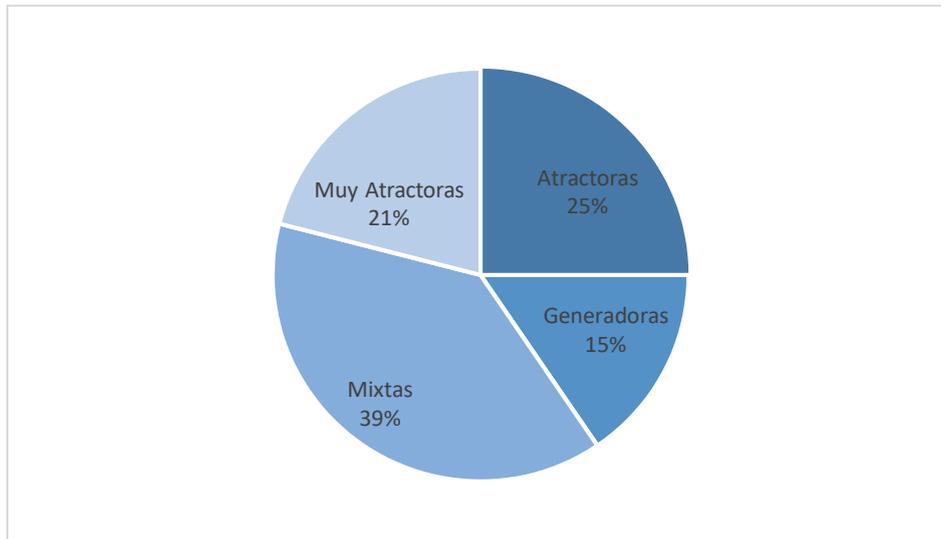


Figura 54. Distribución del tipo de estaciones del SBP en el DMQ
Fuente: Elaboración propia

5 RESULTADOS

5.1 Especificaciones y etapas de la propuesta

Una vez desarrollo el modelo de ciclovías óptimo para el Distrito Metropolitano de Quito mediante el uso herramienta SIG, es necesario definir los criterios técnicos adecuados que se consideraran en la etapa de construcción, los cuales se enmarcan en términos de durabilidad, seguridad, confort y funcionalidad de manera que, se facilite un tránsito seguro y en convivencia entre todos los actores viales (ver Tabla 29). Estos criterios se considerarán de acuerdo con la tipología de cada carril siendo estos: Segregado, carril bicicleta (ciclovía) o compartido en función de la amplitud de la vía:

Tabla 29. Especificaciones de la Infraestructura ciclista mejorada

<i>Especificaciones</i>	<i>Estrategias y recomendaciones</i>
<i>Ancho de carril</i>	La norma establece anchos de carril mínimo de 2,20 metros para bidireccionales y 1,20 para unidireccionales, sin embargo, para evitar perder continuidad de la red ciclista la experiencia indica que se podrán implementar carriles por debajo de la normativa siempre y cuando cumplan con las condiciones de seguridad necesarias, además de contar con separaciones de los autos visibles y seguras en caso de caídas.



Separadores de carril

En carriles segregados se contemplará la configuración de uso de tachas reflectantes que delimiten los ejes y bordes del pavimento, que son de rápida instalación; a su vez instalar bordillos discontinuos de baja altura menor a 15 cm e hitos tubulares que tienen una altura que oscila entre los 70 – 80 cm

Intersecciones y visibilidad

Las intersecciones al ser el lugar donde se produce la mayoría de las interacciones entre los distintos modos (giros ciclistas), se diseñarán con la misma prioridad de paso que el eje que la contiene; además se procurará que sean lo más rectas posible para una mayor visibilidad. Para las antiguas ciclovías en acera, se debe bajar el cruce a nivel de calzada.

Señalización y demarcaciones

Se implementará una correcta y estandarizada señalización que facilite y guíe a los ciclistas en el uso de la infraestructura ciclovial, mejorando así las condiciones de seguridad. La Demarcaciones de color verde como exige la norma, para alertar a los vehículos los lugares por donde cruzan ciclista, debido a que las esquinas son los lugares con mayor índice de accidentabilidad

Iluminación

Incrementar luminarias en las áreas donde se determinó la ausencia de estas, especialmente en el centro de a ciudad; además procurar que sea luz blanca ya que esta evita encandilamientos dando una mayor sensación de seguridad al ciclista.

Pavimentación y repavimentación

La superficie de rodadura deberá ser uniforme, impermeable, antideslizante y de aspecto agradable; las ciclovías no son sometidas a grandes esfuerzos, por lo cual no es necesario una estructura mayor a la utilizada para vías peatonales.

Semaforización

los cruces semaforizados que incluyan infraestructura ciclovial, se deben incluir semáforos para ciclistas, además según la norma, como regla general se recomienda que las líneas de detención de los vehículos motorizados estén algo retranqueadas a las correspondientes de detención de los ciclistas.

Estacionamientos

A lo largo de la ciclovía, se situará estacionamientos universales tipo en “U” pues se ha demostrado que son los más cómodos y seguros para los ciclistas; y como se mencionó anteriormente se ubicaran en un radio no mayor a 50 metros a las estaciones del SBP, teniendo un número igual o mayor de plazas y anclajes propuestos para el mismo.

Seguimiento y control

Se instalará contadores de bicicletas en las ciclovías, que permitan tener un mejor control del comportamiento del ciclista y de esta manera mejorar la infraestructura de acuerdo con la demanda.

Fuente: Elaboración propia



Con el fin de implementar las estrategias sobre las ciclovías proyectadas (extensión de 287,38 Km) repartida a lo largo de las tres diferentes zonas que dividen a la ciudad, se estableció un plan de trabajo, en función de las prioridades demandadas por los usuarios, con el fin de estructurar, conectar, consolidar y densificar la red propuesta de una manera más ordenada (ver Tabla 30). Las etapas en las cuales se desarrollará el proyecto se describen a continuación:

Tabla 30. Etapas de implementación de ciclovías

<i>Etapas</i>	<i>Implementación</i>	<i>Extensión prevista</i>
<i>Primera</i>	Prioridad alta, compuesta principalmente por la infraestructura ciclista actual (segregada, carril bicicleta), se realizará un sellado de fisuras, bacheo y limpieza de vegetación; además se colocará micro-pavimento de alta resistencia en los tramos que sean necesarios con diferente color y se aumentará la señalización horizontal y vertical; en intersecciones de alto riesgo se aumentará la semaforización.	88 km
<i>Segunda</i>	En esta etapa se procurará conectar la infraestructura existente dispersa en la ciudad con zonas habitacionales o de servicios con carriles bicicleta (ciclovías) y carriles compartidos. La implementación de estas vías articula y conecta la infraestructura existente, generando una red funcional o solucionando conflictos locales de zonas con necesidad de infraestructura; además cumplirá con la estructura mínima del pavimento en ciclovía.	120 Km
<i>Tercera</i>	Plantea la incorporación de vías en zonas periféricas y de menor demanda que permiten conectar espacios habitacionales con la red proyectada. De la misma manera consolida en última instancia los espacios con mayor densidad, ofreciendo mayores alternativas de recorrido.	55 Km
<i>Cuarta</i>	Propone conexiones locales y soluciona conflictos particulares en zonas específicas. Del mismo modo se incorporan vías compartidas de alta conectividad, las cuales no requieren de grandes inversiones, como lo es demarcaciones y señalización.	24 Km

Fuente: Elaboración propia

5.2 Automatización del SBP

El sistema de bicicletas públicas del Distrito Metropolitano de Quito llamado “BiciQuito”, actualmente cuenta con un total de 6.549 usuarios registrados; dispone de 613 bicicletas de las cuales 317 son convencionales (normales) y 296 eléctricas distribuidas en un total de 25 estaciones manuales es decir, en cada estación un operario valida la información del usuario previo al préstamo de la bicicleta, con un tiempo máximo de devolución de 45 minutos que se lo puede hacer en el horario de atención desde 7:00 a 19:00 horas.



Basándose en los resultados de la 1ra Encuesta Nacional del Ciclista Urbano sobre el SBP “BiciQuito” se estableció que el sistema actual carece de estaciones en puntos estratégicos de la ciudad, así como la demanda de más bicicletas y horarios más amplios. Por tal razón el presente estudio propone la automatización del sistema basándose en los parámetros establecidos en la guía metodológica para la implantación de sistemas de bicicletas públicas en España. Como se mencionó en el capítulo anterior el sistema contará con 180 estaciones repartidas a lo largo de la ciudad, la distancia máxima entre estaciones será de 5 minutos.

Con respecto al cálculo de anclajes y el número de bicicletas los valores se obtuvieron de acuerdo al estudio realizado por programa de Optimización de Sistema de Bicicleta Pública en Europa (OBIS), donde se analizó 51 sistemas de bicicleta pública en 48 ciudades de 10 países europeos como, Alemania Polonia, España Australia, Francia; a continuación en la Tabla 31 se calculó estos parámetros dependiendo del tamaño de la población de Quito siendo una ciudad con una población mayor a 500.000 habitantes.

Tabla 31. Cálculo de Estaciones, bicicletas y anclajes

<i>Parámetros</i>	<i>OBIS</i>	<i>Parámetros</i>	<i>Quito</i>
<i>Bicicletas por 10.000 hab.</i>	15.6	<i>Bicicletas por 1.619.432 hab.</i>	2526
<i>Estaciones por 10.000 hab.</i>	1.5	<i>Estaciones por 1.619.432 hab.</i>	242 (180)
<i>Plazas de estacionamiento por bicicleta (anclajes)</i>	1.8	<i>Plazas de estacionamiento por bicicleta (anclajes)</i>	4547
<i>Bicicletas por estación</i>	9.5	<i>Bicicletas por estación</i>	10.4 (14) * referencial

Fuente: Elaboración propia

La estimación anterior determinó que se requieren 2526 bicicletas y 4547 anclajes; en cuanto al número de estaciones se calculó un valor de 242, sin embargo, mediante el análisis de demanda a través de herramientas SIG se definió únicamente 180 estaciones, pues se analizó que un porcentaje mayor de las mismas sería innecesario, debido a que, la red ciclista no cubre en su totalidad la ciudad por condiciones topográficas del área de estudio (ver Tabla 32). También se observa que el número de bicicletas por estación es referencial pues anteriormente se verificó que el número de bicicletas asignada a cada estación dependerá de tipo de demanda que esta tenga; en una primera instancia se las repartirá de la siguiente manera en función de la población:

Tabla 32. Estimación de bicicletas por anclaje de acuerdo con la demanda

<i>Demanda</i>	<i>Estaciones</i>	<i>Anclajes</i>
<i>Muy atractoras</i>	38	646
<i>Atractoras</i>	45	630
<i>Mixtas</i>	70	910
<i>Generadoras:</i>	27	340

Fuente: Elaboración propia



En cuanto a las especificaciones técnicas con las que deberá contar el SBP automatizado en la siguiente Tabla 33 se describen los principales elementos que formarían parte de este, con sus correspondientes características:

Tabla 33. Especificaciones Técnicas SBP automático

<i>Especificación Técnica</i>	<i>Características</i>
<i>Terminal o Tótem</i>	Es un elemento vertical que permite identificar la estación, ya sea físicamente en el espacio público como de forma virtual por un sistema de código único que contienen las características de la estación como su ubicación y número de anclajes. Su principal función es permitir que los usuarios ingresen al sistema y se realice el correspondiente préstamo de bicicletas. Para el funcionamiento es necesario un terminal de computador y un software para el funcionamiento de la estación y para la interconexión con el centro de control.
<i>Anclaje</i>	Es el elemento vertical (dock) u horizontal (bancada) permite asegurar las bicicletas a la estación para tenerlas a disposición de los usuarios o para recibirlas después que el usuario las haya devuelto. Este elemento, cumple una función estratégica en la lectura de identificación de las bicicletas que son devueltas y las que van a ser liberadas por medio de préstamo automático. Los anclajes representan una inversión económica elevada por disponer de elementos anti vandalismo, sistemas electromagnéticos, informáticos y de comunicaciones.
<i>Bicicleta</i>	La bicicleta empleada en un Sistema de Bicicletas Públicas está diseñada para trabajos pesados por múltiples viajes diarios, por una variedad de usuarios y estar bastante tiempo a la intemperie y expuesta a accidentes, robos y vandalismo. En consecuencia, la bicicleta es más robusta, pesada, sistemas de fijación para llaves no convencionales. Además, dispondrá de un canasto o parrilla para llevar objetos.
<i>Software</i>	El sistema de gestión de un SPB se compone de un conjunto de software de manejo de toda la información y datos que se demandan dentro del mismo. Presenta tres partes principales: <ul style="list-style-type: none"> • Sistema de información, afiliación y atención al usuario. • Sistema de identificación, validación, entrega y recibido. • Sistema general de control y comunicación central.
<i>Gestión</i>	El SBP contará con personal calificado que realizará tareas de control, atención al usuario, y seguimiento del sistema, así como el mantenimiento y redistribución de bicicletas.

Fuente: Elaboración propia

Entre los principales beneficios que brinda el SBP automatizado esta la disponibilidad 24 horas los 7 días de la semana (ver Figura 55), gracias a la publicidad y las cuotas, el sistema se autofinancia, además tiene un bajo gasto de gestión y atención al público. Permite la intermodalidad con todos los medios de transporte (caminar, transporte público, coche, trenes de largo recorrido). Cabe acotar que el Municipio cuenta con 296 bicicletas eléctricas las cuales se ha planificado su distribuirán en las estaciones con pendientes pronunciadas (23 estaciones en conflicto) acompañada estrategias que permitan optimizar el sistema de redistribución de bicicletas. Además, se pretende reducir el tiempo de préstamo de las bicicletas de 45 a 30 minutos para que exista una mayor dinámica de circulación de estas.



Figura 55. Imagen referencial de la propuesta del SBP “BiciQuito”
Fuente: Modificado de (Toluca Noticias, 2016)

5.3 Presupuesto

Para determinar el costo de la infraestructura ciclista propuesta se utilizó la estimación de varios proyectos que se han llevado a cabo en países vecinos de la región como lo son Colombia, Argentina, Chile, entre otros, además de apreciaciones de costos de ciclovías en carreteras dentro del país, cabe señalar que el presupuesto se lo realizó en función de las etapas propuestas; como se detalla en la Tabla 34 a continuación:



PROPUESTA DE USO Y MEJORA DE LA CICLOVÍA EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO-ECUADOR



Tabla 34. Presupuesto Infraestructura Ciclista

Etapa	Extensión (Km)	Tipo de Ciclovia	Cantidad (Km)	Infraestructura y adecuación necesaria						Costo/ Kilómetro	Total
				Pavimentación y adecuación de carril	Reparación Grietas y Fisuras	Señalización y Demarcación	Semaforización e iluminación	Elementos de Protección y control	Aparcamiento		
Primera	88	Segregada	17		X	X		X	X	15380	261460
		Compartida	53			X		X	X	7437	394161
		Ciclovia/ Carril bicicleta	18		X	X	X	X	X	23490	422820
Segunda	120	Ciclovia/ Carril bicicleta	45	X		X	X	X	X	78300	3523500
		Compartida	75			X	X	X	X	24790	1859250
Tercera	55	Ciclovia/ Carril bicicleta	27	X		X	X	X	X	78300	2114100
		Compartida	28			X	X	X	X	24790	694120
Cuarta	24	Compartida	24			X	X	X	X	24790	594960
									Total	9864371	

Fuente: Elaboración propia



El costo aproximado que tendrá la infraestructura ciclista propuesta será de 9.864.371 dólares (8.798.427,07 euros); estos valores son referenciales y podrían variar de acuerdo con el estado real de la vía y de la necesidad de intervención de esta. A continuación, en la Tabla 35 se establece una primera aproximación de la inversión que le costaría al Distrito Metropolitano de Quito la automatización del SBP “BiciQuito”, los valores se establecieron en base la Guía práctica para implementación de Sistemas Públicos de Bicicletas para América Latina (2015).

Tabla 35. Presupuesto automatización SBP en Quito

Componentes del Sistema	Inversión		
	Unidades	Costo Unitario	Total
<i>Infraestructura Sistema</i>			
Tótem	180	7000	1260000
Anclajes	4547	850	3864950
Bicicletas Operativas	2230*	600	1338000
Bicicletas Reserva	252	600	151200
<i>Centros de Control y Gestión</i>			
Equipos de Oficina	-	12500	12500
Sistemas de Operación	-	35000	35000
<i>Redistribución</i>			
Vehículos	3	20000	60000
<i>Mantenimiento y Reparaciones</i>			
Equipos y Herramientas	-	6000	6000
<i>Marketing, Comunicación Social</i>			
Campaña promoción	-	15000	15000
<i>Imprevistos</i>			
Imprevistos	-	15000	15000
	Total		6757650

Fuente: Modificado de la Guía práctica para implementación de Sistemas Públicos de Bicicletas para América Latina (2015).

La inversión inicial tendrá un costo de 6.757.650 de dólares (6.027.418,34 de euros), en el cálculo no se consideraron centros de operación, talleres de mantenimiento y personal, pues estos rubros los cubre el sistema actual; por otro lado, se integrarán a la propuesta como se mencionó anteriormente las 296 bicicletas eléctricas que circulan por la ciudad, reduciendo de esta manera el costo total. Finalmente, el presupuesto necesario para llevar a cabo las propuestas de uso y mejora de la infraestructura ciclovial del Distrito Metropolitano de Quito es de 16.622.021 dólares (14.825.845,41 euros).



6 CONCLUSIONES

- Si bien es cierto la propuesta de mejora de la infraestructura ciclista en el Distrito Metropolitana de Quito es ambiciosa, pues actualmente los datos determinan valores bajos en el índice de demanda del 0,3%; sin embargo existen una demanda de la población por infraestructura ciclista y por medios de transporte más sostenibles, por tal motivo se prevé que con la puesta en marcha de estas propuestas y de acuerdo con Plan Maestro de movilidad en el tema de movilidad para el año 2030, el 5% del total de viajes en el DMQ corresponda a desplazamientos en bicicleta. Basándose en experiencias internacionales como la de Santiago de Chile que mostraron que después de cuatro años de implementación de la ciclovia, el número de viajes aumentó en un 45 % o en comparación a las ciclovías de Rosario que han mostrado un aumento de usuarios de entre el 24 % y el 52 %, durante el primer año de ejecución.
- La infraestructura ciclista propuesta se ha incrementado en aproximadamente un 325% en comparación con la actual, teniendo una extensión de 287,38 Km repartida a lo largo de las tres diferentes zonas que dividen a la ciudad; la zona norte es la que abarca el menor porcentaje de ciclovías con un valor de 15,53 Km (5,40%); seguidamente del Hipercentro con una longitud de 152,90 Km (53,21%) y finalmente la zona sur con una distancia de 118,95 Km (41,39%). Cabe recalcar que la zona extrema más al norte de la capital no tiene una mayor cobertura de la red, esto se debe a diferentes factores físicos y sociales, como lo son el relieve del territorio y la baja demanda de viajes.
- Se estableció que las estaciones del SBP propuestas dan cobertura al 50% de la ciudad en área y aproximadamente el 60% en población; el relieve de la ciudad hace imposible una mayor cobertura de la red ciclovial; sin embargo, pensando en una movilidad incluyente y sostenible se instauraron puntos intermodales que permiten una movilidad más efectiva entre diferentes modos de transporte público.
- Las propuestas demostraron que se puede mejorar la movilidad sostenible en la ciudad sin realizar grandes inversiones, beneficiando así, a la mayor parte de la población en especial a quienes diariamente se movilizan en bicicleta y en transporte público. Sin embargo, los modelos planteados son únicamente aproximaciones de modelos más complejos, ya que en posteriores investigaciones se podría integrar estudios puntuales como: flujo vehicular, amplitud exacta de las vías, entre otros.
- Existe un desconocimiento de la población sobre las normas que amparan a los usuarios de bicicleta; por tal motivo es preciso emprender campañas participativas que involucren activamente a los actores viales y de esta manera afianzar la convivencia y respeto vial entre los mismo. Por otro lado, la percepción de inseguridad en las vías por parte de los usuarios de la infraestructura ciclista se puede superar mediante el cumplimiento de las normas de tránsito por parte de quienes conducen vehículos motorizados y de todos aquellos que compartan en cumplimiento con las leyes de tránsito.
- El Sistema de Bicicleta Pública además de la subvención Pública y de ingresos operacionales por membresía, cobros por uso extendido y multas; podrá generar ingresos por explotación de publicidad.



7 RECOMENDACIONES

- Para incentivar el uso de la infraestructura ciclista de la ciudad es necesario una participación activa tanto del sector público, como privado en el desarrollo de políticas de movilidad sostenible, donde continuamente se establezcan planes y programas de educación vial y sensibilización entre los actores viales, para que un mayor número de ciclistas opten por el uso de la bicicleta como medio de transporte.
- El uso de bicicleta sea esta pública o privada tiene muchos beneficios en cuanto a la salud como lo es la reducción estrés y mejora el estado de ánimo, reduce el riesgo de sufrir infarto o problemas cerebrovasculares; y en cuanto al medio ambiente evitamos usar combustible y reducimos así las emisiones de dióxido de carbono, además ocupa menos espacio (16 bicicletas ocupan lo mismo que un vehículo) entre muchos más beneficios.



8 BIBLIOGRAFÍA

- Acero, J. D., 2010. *Manual de políticas amables con la bicicleta*. Bogotá: Cámara de Comercio de Bogotá. [En línea] Available at: [http://www.ciclovida.ufpr.br/wp-content/uploads/2011/07/bpp_pdf/Manual_politicas_amables_con_bicicleta_-_Comp.\[GTZ-ICE\].pdf](http://www.ciclovida.ufpr.br/wp-content/uploads/2011/07/bpp_pdf/Manual_politicas_amables_con_bicicleta_-_Comp.[GTZ-ICE].pdf)
- Acuña, R., Diana, J. & Henry, H., 2016. *Guía de diseño y evaluación de ciclovías para Costa Rica. Diseño de vías para una movilidad más segura*. San José: Universidad de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Civil, Laboratorio de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR).
- Aguirre, S., 2016. *Optimización de redes con ArcGIS Network Analyst*, Valencia: Geo Innova.
- AMT, 2017. Estudio Técnico para la Reponteciación del Sistema de Bicicleta Pública BiciQuito. *Agencia Metropolitana de Tránsito*, pp. 10-20.
- Avilés, M. & Lizzete, H., 2009. *Análisis y Modelamiento de Susceptibilidad a deslizamientos mediante un SIG*. Sangolquí: Tesis Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- BiciQuito, 2018. *BiciQuito*. [En línea] Available at: <http://www.biciquito.gob.ec/>
- Bussi, G., 2016. *Lineamientos para la planificación de vías seguras para Ciclistas. Caso testigo: ciudad de Junín, provincia de Buenos Aires*. Buenos Aires: Secretaria de Planificación de Transporte, Ministerio de Transporte de la Nación Argentina.
- CCE, 2000. *Comisión de las Comunidades Europeas*. [En línea] Available at: www.ec.europa.eu/environment/cycling/cycling_es.pdf
- DGT, 2000. Manual de recomendaciones de diseño, construcción, infraestructura, señalización, balizamiento, conservación y mantenimiento del Carril Bici. *Ministerio del Interior*, pp. 1-10.
- Duque, L., 2015. *Guía para Evaluar el impacto del uso de ciclorutas en el Ecuador*. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- El Comercio, 2018. *El Comercio*. [En línea] Available at: <https://www.elcomercio.com/actualidad/estudiantes-capacitacion-bicicleta-electrica-quito.html>
- El Periódico, 2018. *el Periódico*. [En línea] Available at: <https://www.elperiodico.com/es/hablemos-de-futuro/20180725/movilidad-sostenible-bicicletas-solo-verano-6953655> [Último acceso: 10 10 2018].
- EPMMOP, 2017. *Metro Ecuador*. [En línea] Available at: <https://www.metroecuador.com.ec/ec/noticias/2017/03/17/quito-cuenta-tres-tipos-ciclovia.html>
- Generalitat de Catalunya, 2008. *Manual para el diseño de vías ciclistas de Cataluña*. Primera ed. Barcelona: s.n.
- Gobierno de Buenos Aires, 2015. *Mapa de estaciones y bicis disponibles*. [En línea] Available at: <http://www.buenosaires.gob.ar/noticias/mapa-de-estaciones-y-disponibilidad-de-bicicletas>
- Gonzalez, D., 2014. *Elaboración de un Modelo que determine la mejor ruta para ciclistas de la ciudad de Pereira* y. Manizales: Universidad de Manizales.



- Google Earth, 2019. *DigitaGlobe*, Valencia: s.n.
- Haro, X., 2015. *Propuesta de un diseño de ciclovía en ciudad de Latacunga*. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- IDAE, 2007. Guía metodológica para la implantación de sistemas de bicicletas públicas en España. *Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía*, pp. 11-18.
- INEN, 2013. *Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004 "SEÑALIZACIÓN VIAL. PARTE 6. CICLOVÍAS*, Quito: Ministerio de Industrias y Productividad.
- Instituto de Desarrollo Urbano, 1999. *Manual De Diseño De Ciclorutas - Plan Maestro De Ciclo rutas Para Santa Fé De Bogotá D.C.*. Santa Fé De Bogotá D.C.: Projekta Ltda., Interdiseños Ltda.
- ITDP, 2015. *Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo*. [En línea] Available at: <http://mexico.itdp.org/>
- Latorre, M., 2012. *Localización óptima de bases de bicicletas públicas en Madrid mediante los Sistemas de Información Geográfica*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Lin, J. & Yang, T., 2011. *Strategic design of public bicycle sharing systems with service level constraints*. United States: Transportation research. Part D..
- Lopez, Y., 2016. *Modelo de rutas óptimas para ciclocarriles en el Distrito de Barranquilla, mediante herramientas SIG*. Manizales: Universidad de Manizales.
- Madrid, A. & Ortiz, L., 2005. *Las redes: Graficación, estructura y funcionalidad..* Bogotá: Siglo del Hombre Editores.
- Manchego, G., 2016. *Propuesta de "Sistema de Bicicleta Pública en Arequipa Perú"*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- MEC, 2006. *Sistemas de Información Geográfica y Teledetección*. [En línea] Available at: http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material121/unidad2/td_sig.htm
- Mesías, J., 2015. *Análisis de la implantación de las ciclovías y el Sistema BiciQ, en la movilidad de Quito..* Quito: Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE.
- Metro, 2017. *Metro de Quito*. [En línea] Available at: <http://www.metrodequito.gob.ec/> [Último acceso: 16 09 2018].
- Mitchell, A., 2005. La Guía de ESRI para el análisis SIG. *ESRI Press*, Volumen II.
- Municipalidad de Lima, 2017. *Manual de Criterios de diseño de Infraestructura Ciclo-Inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista*, Lima: Municipalidad de Lima.
- Montezuma, R. (2015). *Sistemas Públicos de Bicicletas para América Latina. Guía práctica para implementación*. Bogotá: CAF; Fundación Ciudad Humana. Retrieved from <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/745>
- Observatorio de la Producción del Territorio ecuatoriano, 2018. *Laboratorio de Movilidad*. [En línea] Available at: <https://infografialaboratoriomovilidadopteuce.wordpress.com> [Último acceso: 12 Marzo 2019].
- Orellana, D., Zurita, C., Osorio, P. & Puga, E., 2018. *"Ira Encuesta Nacional del Ciclista Urbana del Ecuador"* Universidad de Cuenca y Fundación Biciacción. [En línea] Available at: www.llactalab.ucuenca.edu.ec/perfilciclista [Último acceso: 12 Marzo 2019].



- Ortega, J., 2016. Social Networks and their Mathematical Modeling. *Ensayos Pedagógicos*, Volumen Edición Especial, pp. 19-35.
- Perez, V., 2017. *Evaluación de accesibilidad al servicio público de transporte alternativo (BiciQuito)*. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Pinto, N. & Fuentes, F., 2015. *La situación de la bicicleta en Ecuador: avances, retos y perspectivas*. Quito: ILDIS.
- Queraltó, P., Francesc, V. & Biere, R., 2010. *Herramientas de cálculo de rutas óptimas según parámetros de accesibilidad física en itinerarios urbanos*. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Sastre, P., 2010. *Sistemas de Información Geográfica: Técnicas básicas para estudios de biodiversidad*. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España.
- Secretaría de Movilidad DMQ, 2014. Diagnóstico de la movilidad en el Distrito Metropolitano de Quito para el Plan Metropolitano de Desarrollo Territorial (PMOT). *Secretaría de Movilidad*, pp. 5-6.
- Secretaría General de Planificación, 2018. *Geoportal Distrito Metropolitano de Quito*. [En línea] Available at: <http://geoportal.quito.gob.ec/smiq/ayuda.html> [Último acceso: 23 Marzo 2019].
- Toluca Noticias, 2016. *Toluca Noticias*. [En línea] Available at: <https://www.tolucanoticias.com/2015/11/como-rentar-bicicletas-huizi-en-toluca.html> [Último acceso: 04 05 2019].
- Viajablog, 2011. *ViajaBlog*. [En línea] Available at: <https://www.viajablog.com/visitar-sevilla-en-bicicleta-publica/>
- Villa, R., 2014. *Guía técnica para el diseño y construcción de ciclovías para zonas de ampliación futura de las Ciudades medianas del Ecuador*. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Wang, H., 2015. *Mapping Walking Accessibility, Bus Availability, and Car Dependence: A Case Study of Xiamen*, Xiamen: s.n.