

Maestría en

GESTIÓN DEL TRANSPORTE

MENCIÓN EN TRÁFICO, MOVILIDAD Y SEGURIDAD VIAL

Trabajo de investigación previo a la obtención del título de
Magíster en (Gestión del transporte con mención en tráfico, movilidad y seguridad vial)

AUTORES:

Coral Narváez Guillermo Ramiro
 Farinango Herrera Christian Samuel
 Jaramillo Rivadeneira Presley Alexander
 Murillo Coronel Cristian Javier
 Nájera Arias Ramiro Patricio
 Vásquez Gualavisi Alexis Juan

TUTORES:

Docente titulación
 Francisco Garzón Vico
 Alberto Sánchez
 Manuel Galera

Diseño de una Zona de Bajas Emisiones para la Seguridad Vial y Sostenibilidad en el Casco Urbano de la Ciudad de Cayambe

Quito, diciembre 2025

Certificación de autoría

Nosotros, **Coral Narváez Guillermo Ramiro, Farinango Herrera Christian Samuel, Jaramillo Rivadeneira Presley Alexander, Murillo Coronel Cristian Javier, Nájera Arias Ramiro Patricio y Vásquez Gualavisi Alexis Juan**, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador (UIDE), para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, su reglamento y demás disposiciones legales.



Firma del graduando
Coral Narváez Guillermo Ramiro



Firma del graduando
Jaramillo Rivadeneira Presley Alexander

RAMIRO
PATRICIO
NAJERA
ARIAS

Firmado digitalmente por:RAMIRO
PATRICIO NAJERA ARIAS
DN: cn=RAMIRO PATRICIO
NAJERA ARIAS c=EC
o=SECURITY DATA S.A. 2
OU=certificacion
CERTIFICACION DE
INFORMACION
Motivo:Soy el autor de este
documento
Ubicacion:
Fecha:2025-12-09 20:54:05:00

Firma del graduando
Nájera Arias Ramiro Patricio

Firma del graduando
Farinango Herrera Christian Samuel



Firma del graduando
Murillo Coronel Cristian Javier



Firma del graduando
Vásquez Gualavisi Alexis Juan

Autorización de Derechos de Propiedad Intelectual

Nosotros, **Coral Narváez Guillermo Ramiro, Farinango Herrera Christian Samuel, Jaramillo Rivadeneira Presley Alexander, Murillo Coronel Cristian Javier, Nájera Arias Ramiro Patricio y Vásquez Gualavisi Alexis Juan**, en calidad de autores del trabajo de investigación titulado **Diseño de una zona de bajas emisiones para la seguridad vial y sostenibilidad en el casco urbano de la ciudad de Cayambe**, autorizamos a la Universidad Internacional del Ecuador (UIDE) para hacer uso de todos los contenidos que nos pertenecen o de parte de los que contiene esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación. Los derechos que como autores nos corresponden, lo establecido en los artículos 5, 6, 8, 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento en Ecuador.

D. M. Quito, diciembre 2025



Firma del graduando
Coral Narváez Guillermo Ramiro



Firma del graduando
Jaramillo Rivadeneira Presley Alexander

Firmado digitalmente por RAMIRO PATRICIO NAJERA ARIAS
 DN: cn=RAMIRO PATRICIO NAJERA ARIAS, o=SECURITY DATA S.A. 2, ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION
 Monosoy el autor del autor de este documento
 Ubicacion:
 Fecha:2025-12-09 20:54:05:00

Firma del graduando
Nájera Arias Ramiro Patricio

Firma del graduando
Farinango Herrera Christian Samuel



Firma del graduando
Murillo Coronel Cristian Javier



Firma del graduando
Vásquez Gualavisí Alexis Juan

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.



Aprobación de dirección y coordinación del programa

Nosotros, **Msc. Alberto Sánchez y Msc. Pablo Fernando Ante Sánchez**, declaramos que los graduandos: **Coral Narváez Guillermo Ramiro, Farinango Herrera Christian Samuel, Jaramillo Rivadeneira Presley Alexander, Murillo Coronel Cristian Javier, Nájera Arias Ramiro Patricio y Vásquez Gualavisí Alexis Juan** son los autores exclusivos de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal de ellos.

Alberto Sánchez

Director/a de la

Maestría en Gestión de Transporte

Pablo Fernando Ante Sánchez

Coordinador/a de la

Maestría en Gestión de Transporte

DEDICATORIAS

Presley. Dedico este trabajo, a mi Esposa, mi hija, mis nietas, a mis Padres y a mis hermanos, por el apoyo recibido durante todo este tiempo, este logro es el reflejo de su amor y consideración.

Christian. Dedico este proyecto a mis seres queridos, cuyo empeño, principios y respaldo inquebrantable han sido fundamentales para cada éxito conseguido en mi existencia. Asimismo, estas hojas están destinadas a mi pareja, quien, con su presencia, empatía y mensajes de motivación, estuvo a mi lado en los períodos más desafiantes de mi vida académica.

Ramiro. Dedico este proyecto y la maestría en general, a mi querida Esposa e hijas y a mi familia en general, por el apoyo incondicional, la paciencia y la fortaleza que me han transmitido a lo largo de este tiempo de estudios, una dedicatoria especial a mi madre adorada que con una sonrisa estará viendo desde el cielo todos mis logros alcanzados, y también dedico este proyecto a mi padre que siempre me motivo a alcanzar nuevas metas académicas.

Alexis. Dedico el presente trabajo a Dios, entendiendo que él me guio en cada paso del camino, a mi esposa e hijos, cuyo amor incondicional y sacrificio constante, han sido el motor que me impulsa a esforzarme; a mis padres, cuyo ejemplo, ha forjado mi carácter y disciplina; todos sin duda me han apoyado siempre, de verdad han sido mi fe en la consecución de esta meta.

Guillermo. A Dios por permitirme llegar hasta aquí, a mi esposa, Paty, mis hijos, Estevan, Valeria, mi nieta Ainhoa, motivación diaria para superarme, por su amor incondicional y su apoyo inquebrantable; y a todas aquellas personas que me acompañaron en esta travesía académica.

Javier. Dedico este trabajo A Elieth y Jaz, mi mayor motivo y mi más profunda inspiración. A ustedes, que han acompañado cada paso de este proceso de formación con paciencia, amor y una



fortaleza que me impulsa a seguir creciendo. Gracias por ser la luz constante en medio de mis jornadas de estudio, por comprender mis ausencias y celebrar mis pequeños y grandes avances. Este trabajo es reflejo del compromiso que tengo con nuestro futuro y con la excelencia que deseo alcanzar en mi carrera profesional. A mi esposa Jaz, por su serenidad, su sabiduría y por sostenerme con amor en los momentos en que más lo necesité. A mi hija Elieth, cuya mirada ilumina mi camino y me recuerda que todo esfuerzo tiene sentido. Con toda mi gratitud y mi corazón, les dedico este logro que también es suyo.

AGRADECIMIENTOS

Presley. Agradezco a Dios, a mis profesores y compañeros que fueron parte fundamental para alcanzar este objetivo, por lo que estaré eternamente agradecido por ser parte de mi vida.

Alexis. “Per asper ad astra”, por el áspera pendiente hacia la cumbre, cuando el camino de la vida se pone difícil, se aprende a templar más el alma. Dios, mi esposa, mis hijos, mis padres, son un apoyo fundamental para lograr esta meta, gracias por el ánimo, por las palmadas en la espalda, por los abrazos interminables, por el “ya falta poco”, ¡tú puedes!; gracias a los docentes por compartir su conocimiento, a mis compañeros, por su entrega y dedicación; son grandes profesionales y mejores seres humanos, gracias totales.

Christian. Manifiesto mi gratitud a los profesores del máster por su orientación y por compartir su trayectoria profesional, que enriqueció de manera significativa mi aprendizaje. A mis colegas, por la colaboración y el intercambio de pensamientos que robustecieron este proceso. También agradezco a mis seres queridos y a mi pareja por su apoyo emocional y estímulo a lo largo de esta trayectoria educativa, que sin duda ayudaron a lograr este objetivo.

Ramiro. Agradezco a mi familia por el apoyo incondicional a este nuevo proyecto personal, a mis tutores y compañeros por el tiempo dedicado a este logro común, por el conocimiento y su experiencia compartidos.

Guillermo. A la UIDE, a los tutores, por compartir su conocimiento, y motivarnos a seguir aprendiendo, a mis compañeros con quienes compartimos largas jornadas de trabajo y de manera especial la GAD del cantón Cayambe quien nos permitió desarrollar el presente proyecto, a todos muchas gracias.

Javier. A mis profesores, quienes con su dedicación, rigor académico y generosa transmisión de conocimientos hicieron posible desarrollar una visión más sólida, crítica y técnica de la seguridad vial en el Ecuador y la región. Gracias por su compromiso, por guiarnos con excelencia y por cultivar en nosotros el sentido ético y profesional que demanda nuestra disciplina.

A mis compañeros de tesis, por el trabajo colaborativo, la constancia y la calidad humana demostrada a lo largo de este proceso. Su aporte intelectual y su participación permitieron que este proyecto se consolide con solvencia metodológica y pertinencia práctica, dando como resultado un estudio significativo para la comunidad académica.

A todos quienes contribuyeron con análisis puntuales y reflexiones valiosas sobre la seguridad vial, su participación fortaleció la discusión técnica y enriqueció la comprensión de los desafíos actuales del país. Gracias a ese esfuerzo conjunto, fue posible desarrollar un estudio de caso aplicado en el cantón Cayambe, enfocado en el diseño de una Zona de Bajas Emisiones (ZBE) como herramienta para mejorar la movilidad, la sostenibilidad y la seguridad vial.

A cada uno de ustedes, mi reconocimiento y gratitud por haber formado parte de este logro académico.

INDICE GENERAL

RESUMEN	24
ABSTRACT	26
CAPITULO I: IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	28
1.1. Antecedente.....	28
1.2. Marco Institucional.....	29
1.3. Instituciones Nacionales y Locales	30
1.3.1. Instituciones Nacionales.....	30
1.3.2. Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD)	32
1.3.2.1. Relevancia para Cayambe.	32
1.3.3. Legislación Internacional Aplicable	34
1.3.3.1. Compromisos Internacionales.....	34
1.3.3.2. Directiva 2008/50/CE.....	35
1.3.3.3. Regulación (UE) 2021/1119 — Ley Climática Europea (“European Climate Law”).	35
1.3.3.4. Pacto Verde Europeo (European Green Deal, 2019).....	35
1.3.3.5. Para España: Cambio Climático y Transición Energética.	35
1.3.3.6. Objetivos de Desarrollo Sostenible.....	36
1.4. Legislación Nacional Aplicable	36
1.4.1. Norma de Calidad del Aire.....	36
1.4.2. LOTTTSV	37
1.4.3. Plan de Movilidad Sustentable del Cantón Cayambe	39
1.4.3.1. Principios, Políticas y Objetivos.....	39
1.4.3.2. Estrategias.....	40
1.5. Normativa Aplicable al Proyecto de Implementación de Zona de Bajas Emisiones en la Ciudad de Cayambe.....	40
1.5.1. Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial (LOTTTSV)....	41
1.5.2. Plan de Movilidad Sustentable del Cantón Cayambe.	41
1.5.3. Normativa Municipal.	42

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de IDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

CAPITULO II: INTRODUCCIÓN	45
2.1. Contexto de Cayambe.....	45
2.1.1. Geografía y Clima.....	45
2.1.2. Economía.....	45
2.1.3. Demografía.....	46
2.1.4. Infraestructura.....	47
2.1.5. Retos y Oportunidades	47
2.1.5.1. Retos.....	48
2.1.5.2. Oportunidades.....	48
2.2. Problema de Contaminación y Congestión Vehicular	49
2.2.1. Problemas de Congestión y Contaminación en las Zonas de Baja Emisión en Cayambe 49	
2.2.1.1. Contexto General.	49
2.2.1.2. Causas de la Congestión.....	49
2.2.1.3. Niveles de Tráfico	51
2.2.1.4. Causas de la Contaminación.....	54
2.2.1.5. Condiciones de Transporte y Tendencias de congestión	55
2.2.1.6. Interacción Humana en Zonas Comerciales	55
2.2.1.7. Consecuencias.....	56
2.3. Justificación de la Implementación de la Zona de Bajas Emisiones	57
2.3.1. Seguridad Vial y Movilidad Urbana	59
2.3.2. Salud pública y calidad del Aire	59
2.3.3. Medio Ambiente y Compromiso Social.....	60
2.3.4. Marco Normativo y Sostenibilidad Urbana	60
2.3.5. Beneficios Sociales y Económicos	61
CAPITULO III. MARCO TEÓRICO	63
3.1. Conceptos.....	63
3.1.1. Zona de Bajas Emisiones (ZBE)	63

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de IDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

3.1.2.	Contaminantes Atmosféricos.....	63
3.1.3.	Movilidad Sostenible	63
3.1.4.	Calidad del Aire	64
3.1.5.	Estrategias de Mitigación	64
3.1.6.	Transporte Público Eficiente	64
3.1.7.	Vehículos Cero Emisiones.....	64
3.1.8.	Normativa Ambiental.....	65
3.1.9.	Planificación Urbana Sostenible.....	65
3.1.10.	Conciencia Ambiental	65
3.2.	Beneficios de las Zonas de Bajas Emisiones	66
3.2.1.	Mejora de la Calidad del Aire.....	66
3.2.2.	Fomento del Transporte Sostenible.....	66
3.2.3.	Disminución del Tráfico y Congestión	67
3.2.4.	Beneficios Económicos.....	67
3.2.5.	Conciencia Ambiental y Educación	67
3.2.6.	Mitigación del Cambio Climático	68
3.2.7.	Estímulo a Innovaciones Tecnológicas	68
3.2.8.	Fortalecimiento Institucional.....	68
3.3.	Ejemplos de Implementación en Otras Ciudades Nacionales e Internacionales.....	69
3.3.1.	Quito	69
3.3.2.	Guayaquil	69
3.3.3.	Bogotá	69
3.3.4.	Santiago.....	70
3.3.5.	Buenos Aires.....	70
3.3.6.	Lima	70
3.3.7.	Montevideo.....	70
3.4.	Marco Normativo y Regulaciones Existentes	71
3.4.1.	Constitución de la República del Ecuador	71
3.4.2.	Ley Orgánica de Prevención y Control Ambiental	71

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

3.4.3.	Código Orgánico del Ambiente	71
3.4.4.	Plan Nacional para la Gestión de Calidad del Aire.....	71
3.4.5.	Reglamento a la Ley Orgánica de Transporte Terrestre.....	72
3.4.6.	Normas Técnicas Ecuatorianas (NTE).....	72
3.4.7.	Políticas Municipales	72
3.4.8.	Convenios Internacionales	72
3.4.9.	Estrategia Nacional de Movilidad Sostenible	72
3.4.10.	Reglamentos Locales Específicos.....	73
CAPITULO IV: OBJETIVOS		74
4.1.	Objetivo General	74
4.2.	Objetivos Específicos	74
CAPITULO V: METODOLOGÍA.....		76
5.1.	Tipo de Estudio	76
5.1.1.	Estudio Multidisciplinario de Tipo Mixto (Cuantitativo + Cualitativo)	76
5.1.2.	Enfoque Evaluativo y de Planificación Urbana.....	77
5.2.	Diseño Metodológico.....	78
5.2.1.	Diseño no Experimental.....	78
5.3.	Determinación de Instrumentos de Obtención de Datos.	79
5.3.1.	Instrumentos tecnológicos.....	79
5.3.2.	Instrumentos sociales	79
5.4.	Parámetros de delimitación de la ZBE	79
5.5.	Definición del Área Geográfica	81
5.5.1.	Delimitación de la Zona de Bajas Emisiones.....	82
5.6.	Evaluación de la Calidad del Aire y Emisiones Actuales	83
5.6.1.	Factores que Influyen en la Calidad del Aire	84
5.6.2.	Medición y Estándares	84
5.6.3.	Repercusión de la Calidad del Aire en el Medio Ambiente y en la Población.....	85
5.6.4.	Mediciones de Calidad del Aire en la Ciudad de Cayambe	86
5.6.5.	Identificación de Medios de Transporte Alternativos	86

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de IDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

5.6.5.1.	Propuesta de Trazado de la Ciclo-infraestructura	89
5.7.	Desarrollo de una Estrategia de Comunicación y Participación Ciudadana.....	90
5.7.1.	Planificación de Actividades de Participación	91
5.7.2.	Cronograma de Acciones	92
5.8.	Indicadores de Evaluación Zonas de Bajas Emisiones.....	93
5.8.1.	Reducción de Emisiones Contaminantes	93
5.8.2.	Reducción de Congestión Vehicular	100
5.8.3.	Población y Muestra	101
5.8.3.1.	Cálculo del Tamaño de la Muestra.....	102
5.8.4.	Aceptación ciudadana	102
CAPÍTULO VI. ANÁLISIS DE STAKEHOLDERS		104
6.1.	Identificación de Grupos de Interés.....	104
6.1.1.	Actores Institucionales y Normativos:.....	104
6.1.2.	Actores Operativos y de Movilidad.....	106
6.1.3.	Comunidad y Usuarios.....	107
6.1.4.	Actores Técnicos	110
6.1.5.	Actores Financieros y de Apoyo.....	111
6.2.	Evaluación del Impacto en la Comunidad	111
6.2.1.	Impacto Ambiental y en Salud Pública	114
6.2.2.	Impacto en Movilidad y Accesibilidad	114
6.2.3.	Impacto Económico Local	115
6.2.4.	Impacto en Seguridad Vial	115
6.2.5.	Impacto Social y Equidad	115
6.2.6.	Riesgos Percibidos y Confianza	116
6.3.	Estrategias de Involucramiento y Participación	116
6.3.1.	Principios Rectores del Proceso Participativo	116
6.3.2.	Herramientas y Métodos de Participación	117
6.3.3.	Mecanismos de Apoyo y Compensación	118
6.3.4.	Gobernanza Participativa y Monitoreo	118

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de IDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

6.3.5. Comunicación Estratégica.....	119
CAPITULO VII. SOLUCIONES PROPUESTAS	120
7.1. Restricción Vehicular.....	120
7.2. Horarios de Acceso a la Zona de Bajas Emisiones	120
7.4. Ciclo infraestructura y Promoción del Uso Ecológico	124
7.5. Regulación Estricta Sobre Emisiones.....	124
7.6. Medidas Complementarias.....	124
CAPITULO VIII. PLAN DE IMPLEMENTACIÓN	129
8.1. Cronograma de Actividades (60 Meses).....	129
8.2. Recursos Necesarios	130
8.2.1. Recursos Humanos	130
8.2.2. Recursos Financieros	130
8.2.3. Recursos Técnicos	131
8.3. Estrategias de Monitoreo y Evaluación	132
8.3.1. Estrategias de Monitoreo (Continuo y en Tiempo Real).....	132
8.3.2. Estrategias de Evaluación (Periódica)	132
8.4. Estrategias Operacionales Adicionales	133
8.4.1. Comunicación y Concientización	133
8.4.2. Aplicación y Sanciones	133
CAPÍTULO IX. ANÁLISIS DE RIESGOS	135
9.1. Identificación de Riesgos.....	135
9.1.1. Enfoque Metodológico para la Identificación	135
9.1.1.1. Revisión Documental	135
9.1.1.2. Análisis Participativo	135
9.1.1.3. Clasificación y Jerarquización	136
9.1.2. Contexto Local de los Riesgos	136
9.1.2.1. Infraestructura Vial Limitada y Heterogénea.....	136
9.1.2.2. Crecimiento Desmedido del Parque Automotor.	136

9.1.2.3.	Sensibilidad Social Ante Medidas Restrictivas	137
9.1.2.4.	Dependencia Institucional Múltiple.	137
9.1.2.5.	Factores Geográficos y Climáticos	137
9.1.3.	Categoría de Riegos Identificados.....	138
9.1.3.1.	Riesgos Técnicos Operativos.....	138
9.1.3.2.	Riesgos Financieros.	138
9.1.3.3.	Riesgos Sociales.....	139
9.1.3.4.	Riesgos Ambientales.	139
9.1.3.5.	Riesgos Institucionales.	140
9.1.3.6.	Riesgos Legales y Normativos.	141
9.1.3.7.	Interacción entre Riesgos.	141
9.1.4.	Riesgo de Seguridad Vial en el Proyecto	141
9.1.4.1.	Aumento Temporal de Siniestros en las Vías.	141
9.1.4.2.	Interacción con Usuarios Vulnerables.....	142
9.1.4.3.	Diseño Vial, Velocidad y Señalización Inadecuados.	143
9.1.4.4.	Periodo de Adaptación y Curva de Aprendizaje.	143
9.1.4.5.	Mantenimiento y Control Institucional.	144
9.2.	Evaluación de la Probabilidad e Impacto	144
9.2.1.	Matriz de Riesgos	144
9.2.1.1.	Riesgos Técnicos Operativos.....	145
9.2.1.1.1.	Fallas en la Tecnología.	146
9.2.1.1.2.	Obsolescencia en la Tecnología.	147
9.2.1.1.3.	Riesgos de Seguridad Cibernética.....	148
9.2.1.1.4.	Integración de Sistemas.	149
9.2.1.2.	Riesgos Financieros.	149
9.2.1.2.1.	Financiamiento Institucional.....	150
9.2.1.2.2.	Inestabilidad Económica.....	151

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

9.2.1.2.3. Cumplimiento de Asignación Presupuestaria	152
9.2.1.3. Riesgos Sociales.....	153
9.2.1.3.1. Resistencia de la Comunidad.....	153
9.2.1.3.2. Impacto de Cohesión Social.	154
9.2.1.3.3. Alteración de Estilos de Vida.....	155
9.2.1.3.4. Vulneración de Derechos.....	156
9.2.1.4. Riesgos Ambientales.	157
9.2.1.4.1. Incremento Temporal de Contaminación en Zonas Periféricas.	157
9.2.1.4.2. Contaminación Durante las Fases de Implementación.....	158
9.2.1.4.3. Inadecuado Manejo de Residuos Tecnológicos.	159
9.2.1.5. Riesgos Institucionales.	160
9.2.1.5.1. Cambios en la Política Institucional.....	160
9.2.1.5.2. Burocracia Interna.	161
9.2.1.5.3. Compromiso Político.....	162
9.2.1.6. Riesgos Legales y Normativos.	162
9.2.1.6.1. Cumplimiento de la Normativa.....	163
9.2.1.6.2. Incumplimiento de Contratos.....	164
9.2.1.7. Aumento Temporal de Siniestros en las Vías.	165
9.2.1.8. Interacción con Usuarios Vulnerables.	166
9.2.1.9. Diseño Vial, Velocidad y Señalización Inadecuada	167
9.2.1.10. Periodo de Adaptación a Cambios.	168
9.2.1.11. Mantenimiento y Control Institucional.	169
9.2.2. Jerarquización de Riesgos	169
9.2.3. Afectación de los Riesgos al Proyecto	170
9.2.3.1. Interacción con Usuarios Vulnerables.	170
9.2.3.2. Riegos Financieros.	171
9.2.3.3. Riesgos Institucionales.	172

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de IDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

9.2.3.4.	Mantenimiento y Control Institucional	172
9.2.3.5.	Riesgos Sociales.....	173
9.2.3.6.	Aumento Temporal de Siniestros en las Vías	174
9.2.3.7.	Riesgos Legales y Normativos	175
9.2.3.8.	Periodo de Adaptación a Cambios	176
9.2.3.9.	Riesgos Ambientales	177
9.2.3.10.	Riesgos Técnicos Operativos/ Fallo Tecnológico.....	178
9.2.3.11.	Diseño Vial, Velocidad y Señalización Inadecuada.....	179
9.3.	Plan de Mitigación de Riesgos	181
9.3.1.	Interacción con Usuarios Vulnerables.....	181
9.3.2.	Riegos Financieros.....	182
9.3.3.	Riesgos Institucionales.....	183
9.3.4.	Mantenimiento y Control Institucional	184
9.3.5.	Riesgos Sociales	185
9.3.6.	Aumento Temporal de Siniestros en las Vías.....	187
9.3.7.	Riesgos Legales y Normativos	187
9.3.8.	Periodo de Adaptación a Cambios	188
9.3.9.	Riesgos Ambientales.....	189
9.3.10.	Riesgos Técnicos Operativos/ Fallo Tecnológico.....	190
9.3.11.	Diseño Vial, Velocidad y Señalización Inadecuada.....	191
CAPÍTULO X: RESULTADOS ESPERADOS		193
10.1.	Impacto en la Calidad del Aire.....	196
10.1.1.	Situación Base de la Calidad del Aire.....	197
10.1.2.	Proyección del Impacto Ambiental de la ZBE	198
10.1.3.	Beneficios en Salud Pública	200
10.2.	Cambio en la Movilidad y Uso del Transporte	202
10.2.1.	Diagnóstico Actual de la Movilidad Urbana	204
10.2.2.	Transformaciones Esperadas en la Movilidad Urbana	205

10.2.3. Efectos Esperados en Seguridad Vial.....	207
10.2.4. Efectos Esperados en Seguridad Vial.....	208
10.3. Participación Comunitaria y Sensibilización.	209
10.3.1. Diagnóstico Sociocultural.	210
10.3.2. Estrategias de Participación y Sensibilización.	211
10.3.3. Resultados Esperados.....	212
CAPÍTULO XI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	215
11.1. Conclusiones	215
11.2 Recomendaciones	220
CAPITULO XII: REFERENCIAS.....	223
CAPITULO XIII: ANEXOS.....	225

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Actores con competencias y responsabilidades en la implementación de la ZBE	43
Tabla 2 Detalle de consumo de combustible del parque automotor por tipo de vehículo.....	50
Tabla 3 Infraestructura privada y pública casco urbano Cayambe	81
Tabla 4 Fases cronograma de actividades	129
Tabla 5 Recurso humano	130
Tabla 6 Valores referenciales proyectados CAPEX y OPEX	131
Tabla 7 Estrategias de Monitoreo.....	132
Tabla 8 Vehículos Aprobados RTV En Función a los Años de Fabricación.....	137
Tabla 9 Tipos de riesgos acorde a los rangos numéricos.....	145
Tabla 10 Matriz de riesgos Fallas en la tecnología	146
Tabla 11 Matriz de riesgos Obsolescencia en la tecnología.	147
Tabla 12 Matriz de riesgos de Seguridad Cibernética.....	148
Tabla 13 Matriz de riesgos interacción de Sistemas.	149
Tabla 14 Matriz de riesgos Financiamiento Institucional.....	150
Tabla 15 Matriz de riesgos Inestabilidad Económica.....	151
Tabla 16 Matriz de riesgos Cumplimiento de Asignación Presupuestaria.	152
Tabla 17 Matriz de riesgos Resistencia de la Comunidad.	153
Tabla 18 Matriz de riesgos Impacto de cohesión Social	154
Tabla 19 Matriz de riesgos Alteración de Estilos de Vida.	155
Tabla 20 Matriz de riesgos Vulneración de Derechos.....	156
Tabla 21 Matriz de riesgos Incremento temporal de Contaminación en Zonas Periféricas	157
Tabla 22 Matriz de riesgos Contaminación durante las fases de implementación	158
Tabla 23 Matriz de riesgos Inadecuado manejo de residuos tecnológicos	159
Tabla 24 Matriz de riesgos Cambios en la política institucional	160
Tabla 25 Matriz de riesgos Burocracia Interna.	161
Tabla 26 Matriz de riesgos Compromiso Político.....	162
Tabla 27 Matriz de riesgos Cumplimiento de la Normativa.....	163
Tabla 28 Matriz de riesgos Incumplimiento de Contratos.....	164
Tabla 29 Matriz de riesgos Aumento Temporal de Siniestros en las Vías.	165
Tabla 30 Matriz de riesgos interacción con usuarios Vulnerables	166
Tabla 31 Matriz de riesgos Diseño vial, velocidad y señalización inadecuada	167
Tabla 32 Matriz de riesgos Periodo de adaptación a cambios.	168
Tabla 30 33 Matriz de riesgos Mantenimiento y control institucional.....	169
Tabla 3134 Jerarquización de Riesgos.	170
Tabla 35 Plan de mitigación de Riesgos Interacción con usuarios vulnerables.....	181
Tabla 36 Plan de mitigación del Riesgo Financiero.....	182
Tabla 37 Plan de mitigación del Riesgo Institucional.	183

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

Tabla 38 Plan de mitigación del Riesgo Mantenimiento y control institucional	184
Tabla 39 Plan de mitigación de Riesgos Sociales	185
Tabla 40 Plan de mitigación de Riesgos Aumento temporal de Siniestros en las vías.	187
Tabla 41 Plan de mitigación de Riesgos Legales y Normativos.....	187
Tabla 42 Plan de mitigación del Riesgo Periodo de adaptación a cambios.....	188
Tabla 43 Plan de mitigación de Riesgos ambientales.	189
Tabla 44 Plan de mitigación de Riesgos técnicos operativos/Fallo tecnológico.	190
Tabla 45 Plan de mitigación del Riesgo diseño vial, velocidad y señalización inadecuada.....	191
Tabla 46 Cuadro de Correspondencia entre la ZBE y los ODS.....	195
Tabla 47 Disminución de gases contaminantes reportados en otras ciudades.....	199
Tabla 48 Reducción de emisiones en Cayambe.....	200
Tabla 49 Disminución proyectada del uso del vehículo privado.....	206
Tabla 50 Efectos esperados en seguridad vial	208
Tabla 51 Resultados Esperados.....	212
Tabla 52 Resumen de indicadores 2025–2030	219

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Marco Institucional Ecuatoriano.....	34
Figura 2 Crecimiento poblacional pronosticado.....	46
Figura 3 Propuesta de implementación Ciclo-infraestructura.....	47
Figura 4 Mediciones de velocidad (Cinemómetro).	52
Figura 5 Congestión vehicular, calles Ascázubi y Junín.....	53
Figura 6 Invasión del Carril Exclusivo Calle Azcásubi	58
Figura 7 División político administrativo y poblados del cantón Cayambe	82
Figura 8 Área delimitada para la implementación de la ZBE	83
Figura 9 Mediciones de Calidad del Aire en la ciudad de Cayambe	86
Figura 10 Trazado Actual de la Ciclo ruta	88
Figura 11 Propuesta de Trazado de la Ciclo-infraestructura	89
Figura 12 Medición del Índice de Calidad del Aire septiembre 12am-6am	93
Figura 13 Medición del Índice de Calidad del Aire septiembre 6am-12pm	94
Figura 14 Medición del Índice de Calidad del Aire septiembre 12pm-6pm	94
Figura 15 Medición del Índice de Calidad del Aire septiembre 6pm-12am	95
Figura 16 Medición del Índice de Calidad del Aire octubre 12am-6am.....	95
Figura 17 Medición del Índice de Calidad del Aire octubre 6am-12pm.....	96
Figura 18 Medición del Índice de Calidad del Aire octubre 12pm-6am.....	96
Figura 19 Medición del Índice de Calidad del Aire octubre 6pm-12am.....	97
Figura 20 Medición del Índice de Calidad del Aire noviembre 12am-6am.....	97
Figura 21 Medición del Índice de Calidad del Aire noviembre 6am-12pm.....	98
Figura 22 Medición del Índice de Calidad del Aire noviembre 12pm-6pm	98
Figura 23 Medición del Índice de Calidad del Aire noviembre 6pm-12am.....	99
Figura 24 Escala del Índice de Calidad del Aire	100
Figura 25 Volumen vehicular en Zona de Bajas Emisiones	101
Figura 26 Principales problemas de movilidad percibidos por la sociedad	106
Figura 27 Percepción de los residentes de la zona sobre la calidad de aire en el casco urbano de Cayambe.....	107
Figura 28 Percepción de los residentes de la zona sobre seguridad vial en el casco urbano de Cayambe.....	108
Figura 29 Percepción de la muestra poblacional sobre cambiar los hábitos de movilidad en el casco urbano de Cayambe.....	110
Figura 30 Efectos favorables esperados de la implementación de la ZBE.	112
Figura 31 Efectos desfavorables esperados de la implementación de la ZBE.	113
Figura 32 Actualización de Señalética Vial.....	123

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

Figura 33 Calidad del Aire en Cayambe	140
Figura 34 Inversión total proyectada	203

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

RESUMEN

El proyecto denominado Diseño de una Zona de Bajas Emisiones para la seguridad vial y sostenibilidad en el casco urbano de la ciudad de Cayambe se enfoca en la movilidad urbana sostenible y ambiental, el transporte colectivo, el control del tráfico y la seguridad vial. La zona de análisis comprende el núcleo central del cantón, delimitado por la Calle Libertad al norte, calle Terán al este, calle Junín al sur y calle Ascázubi al oeste, donde se registra un alto flujo vehicular de aproximadamente 1.192 vehículos cada 15 minutos y niveles de contaminación del aire entre 40 y 53 AQI, considerados perjudiciales para la salud (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2023).

El problema principal es el congestionamiento diario, vinculado a infraestructura peatonal y ciclística insuficiente, señalización limitada e iluminación deficiente, factores que incrementan el riesgo de atropellos, colisiones y otros accidentes. Para abordar esta situación, se propone la creación de una Zona de Bajas Emisiones (ZBE) como solución integral para reducir la contaminación ambiental y mejorar la movilidad y seguridad vial.

El objetivo general, bajo el enfoque SMART, es diseñar una ZBE que promueva la movilidad sostenible, disminuya las emisiones contaminantes y mantenga cero fatalidades y lesiones graves en accidentes de tráfico para 2030. La metodología combina medidas de ingeniería vial, operativas y educativas, coordinadas mediante el ciclo de mejora continua PDCA.

Se espera que los resultados incluyan reducción del tráfico vehicular, mayor seguridad para peatones y ciclistas, mejor gestión del tráfico y conciencia ciudadana sobre movilidad segura. Este estudio contribuye al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, especialmente el

ODS 3 (salud y bienestar), ODS 11 (ciudades y comunidades sostenibles), ODS 13 (Acción por el Clima) fortaleciendo la resiliencia urbana y fomentando una movilidad inclusiva y segura para todos los habitantes de Cayambe.

Palabras Claves:

- **ANT:** Agencia nacional de Transito
- **EPMM-C:** Empresa Pública Municipal de Movilidad del Cantón Cayambe
- **GAD:** Gobierno Autónomo Descentralizado
- **MAATE:** Ministerio de Ambiente Agua y Transición Ecológica
- **MTOP:** Ministerio de transportes y Obras públicas
- **MUS:** Movilidad Urbana Sostenible
- **ODS:** Objetivos de Desarrollo Sostenible
- **PDCA:** Ciclo de mejora continua
- **RU:** Resiliencia Urbana
- **SV:** Seguridad Vial
- **VHMD:** Volumen Horario Máxima Demanda
- **ZBE:** Zona de Bajas Emisiones

ABSTRACT

The project entitled Design of a Low Emission Zone for Road Safety and Sustainability in the Urban Core of the City of Cayambe focuses on sustainable and environmentally friendly urban mobility, public transportation, traffic control, and road safety. The analysis area corresponds to the central core of the canton, bounded by Libertad Street to the north, Terán Street to the east, Junín Street to the south, and Ascázubi Street to the west, where a high vehicular flow of approximately 1,192 vehicles every 15 minutes is recorded, along with air pollution levels ranging from 40 to 53 AQI, considered harmful to health (Ministry of Environment, Water and Ecological Transition, 2023).

The main problem is the daily congestion linked to insufficient pedestrian and cycling infrastructure, limited signage, and poor lighting, factors that increase the risk of pedestrian crashes, collisions, and other accidents. To address this situation, the creation of a Low Emission Zone (LEZ) is proposed as a comprehensive solution to reduce environmental pollution and improve mobility and road safety.

The general objective, following the SMART approach, is to design an LEZ that promotes sustainable mobility, reduces pollutant emissions, and maintains zero fatalities and serious injuries from traffic accidents by 2030. The methodology combines engineering, operational, and educational measures, coordinated through the PDCA continuous improvement cycle.

The expected results include reduced vehicular traffic, greater safety for pedestrians and cyclists, improved traffic management, and increased public awareness of safe mobility. This study contributes to the achievement of the Sustainable Development Goals, particularly SDG 3

(Good Health and Well-being), SDG 11 (Sustainable Cities and Communities), and SDG 13 (Climate Action), strengthening urban resilience and fostering inclusive and safe mobility for all inhabitants of Cayambe.

Keywords:

- **ANT:** National Transit Agency
- **EPMM-C:** Municipal Public Mobility Company of the Cayambe Canton
- **GAD:** Decentralized Autonomous Government
- **MAATE:** Ministry of Environment, Water, and Ecological Transition
- **MTOP:** Ministry of Transport and Public Works
- **MUS:** Sustainable Urban Mobility
- **SDGs:** Sustainable Development Goals
- **PDCA:** Continuous Improvement Cycle
- **UR:** Urban Resilience
- **RS:** Road Safety
- **PMHD:** Maximum Hourly Demand Volume
- **LEZ:** Low Emission Zone

CAPITULO I: IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO

1.1. Antecedente

En el contexto ecuatoriano, la movilidad urbana ha enfrentado históricamente retos asociados a la congestión vehicular, la contaminación ambiental y los elevados índices de siniestralidad vial, según el Plan Nacional de Movilidad Sostenible y Segura (MTOP, 2022), la ausencia de estrategias innovadoras como las Zonas de Bajas Emisiones (ZBE) representa una brecha significativa respecto a las tendencias internacionales, donde estas zonas han mostrado resultados efectivos en la reducción de contaminantes y en la priorización de modos de transporte sostenibles. A diferencia de países europeos y latinoamericanos que han avanzado en la implementación de ZBE como parte de sus políticas públicas (European Commission, 2021; C40 Cities, 2022), en Ecuador aún no se cuenta con un modelo normativo ni operativo de este tipo.

La ciudad de Cayambe, también conocida como San Pedro de Cayambe, es una ciudad ecuatoriana, cabecera del Cantón Cayambe, es el tercer cantón más grande y poblado de la provincia de Pichincha con una población urbana de 44.559 habitantes y cantonal de 105.267 habitantes (INEC, 2025). Está situada al norte de la región andina de Ecuador, en la hoya del río Guayllabamba. Se encuentra en las faldas del volcán Cayambe, y está atravesada por varios ríos, incluyendo el Granobles, el Puluví y el Blanco. Su altitud es de 2830 metros sobre el nivel del mar, y su clima promedio es de 14 °C, un clima andino templado; un dato curioso es que la línea ecuatorial (también conocida como el paralelo 0°) pasa por el sur de Cayambe, es reconocida por su importancia agrícola, su diversidad cultural y su dinamismo comercial. Su casco central

concentra gran parte de las actividades económicas, sociales y culturales, atrayendo una alta afluencia de habitantes y visitantes, sin embargo, este nivel de actividad genera desafíos de movilidad significativos, especialmente en cuanto al crecimiento acelerado del parque automotor en el centro urbano, ya que ha afectado negativamente en la seguridad vial y en la habitabilidad de los espacios públicos. Existen factores como calles estrechas, alta densidad comercial y elevada interacción entre transporte público, carga pesada y usuarios vulnerables (peatones y ciclistas) incrementan la vulnerabilidad de la movilidad local, es evidente que esto genera problemas en la calidad del aire, la contaminación atmosférica, por lo que, constituye un caso relevante para abordar esta problemática haciendo imprescindible la necesidad de soluciones integrales.

Por ello, el diseño de una ZBE en Cayambe no solo representa una oportunidad para mitigar los impactos ambientales y sociales inmediatos, sino también un precedente técnico y normativo pionero en Ecuador, la implementación de esta medida podría servir de modelo replicable para otras ciudades del país, contribuyendo al cumplimiento de compromisos internacionales como el Acuerdo de París y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Además, responde a una visión de movilidad urbana sostenible que coloca en el centro la seguridad vial, la equidad en el acceso al transporte y la resiliencia frente al cambio climático.

1.2. Marco Institucional

El diseño e implementación de una ZBE en la ciudad de Cayambe requiere un marco institucional sólido que articule la normativa nacional, las competencias locales y los compromisos internacionales en materia de movilidad, seguridad vial y sostenibilidad ambiental.

Este marco asegura que el proyecto se integre de manera coherente con las políticas públicas vigentes y responda a los desafíos contemporáneos de la movilidad urbana en el Ecuador.

La gestión de la movilidad sostenible no es únicamente un tema de infraestructura o de operación del transporte, sino un proceso que combina la planificación urbana, la gobernanza, la participación ciudadana y la protección ambiental (MTTOP, 2022). En este contexto, el marco institucional se presenta como la columna vertebral que otorga legitimidad, viabilidad técnica y sostenibilidad en el tiempo a la propuesta de la ZBE en Cayambe.

1.3. Instituciones Nacionales y Locales

1.3.1. Instituciones Nacionales

En Ecuador, la Agencia Nacional de Tránsito (ANT) es el organismo rector en materia de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial, su rol se centra en regular y supervisar el funcionamiento del sistema de transporte y garantizar que los planes locales se enmarquen en las políticas nacionales (Agencia Nacional de Tránsito, 2023). La ANT constituye un actor estratégico, pues la reducción de siniestralidad es uno de los objetivos centrales de la ZBE.

Además, la ANT es la encargada de acciones operativas, como principales se proponen las siguientes:

- Autorizar la inclusión de nuevas categorías o restricciones vehiculares dentro de la normativa nacional.
- Emitir disposiciones sobre dispositivos de control automatizado tales como, cámaras, radares, sensores ambientales.

- Homologar la señalización específica para la ZBE.
- Supervisar el cumplimiento técnico de los procesos de control y fiscalización en coordinación con el GAD de Cayambe, la Policía Nacional y Agentes Civiles de Tránsito. Operativamente, el MIT como responsable de la Planificación Estratégica de Transporte en el país, es el encargado de:

- La articulación de la ZBE con planes nacionales de movilidad sostenible.
- El soporte técnico al GAD de Cayambe en cuanto a la reorganización de rutas y corredores de transporte público, incluyendo asesoría y acompañamiento.
- La validación de infraestructura vial asociada a accesos, desvíos o intervenciones dentro del casco urbano.

El Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica de Ecuador (MAATE) cumple un rol clave en lo relacionado con la calidad del aire, el control de emisiones vehiculares y la gestión ambiental de proyectos urbanos, su participación resulta fundamental, ya que uno de los principales objetivos de la ZBE es la reducción de contaminantes atmosféricos y Gases de Efecto Invernadero (GEI) (MAE, 2023), siendo el encargado de:

- Definir los parámetros de calidad del aire que deberán monitorearse dentro de la ZBE.
- Validar las metodologías de medición de emisiones.
- Vigilar que el diseño de la ZBE se mantenga alineado con los compromisos nacionales de mitigación del cambio climático.
- Emitir informes ambientales previos a la puesta en marcha del proyecto

1.3.2. Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD)

Los GAD municipales, en el marco del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD), tienen la competencia de normar el uso del suelo y planificar la movilidad urbana, en el caso específico de Cayambe, el GAD Municipal de Cayambe es el encargado de emitir ordenanzas que regulen el tránsito, definan el perímetro de la ZBE y gestionen los recursos para su implementación.

La Empresa Pública Municipal de Movilidad del Cantón Cayambe (EPMM-C), es el actor principal y responsable directo de operar la ZBE, entre sus funciones se destacan las siguientes:

- Definir la delimitación exacta del perímetro de la ZBE.
- Instalar y mantener la señalización vertical y horizontal.
- Implementar sistemas de control de accesos, como son cámaras con inteligencia artificial, bolardos, sensores y demás dispositivos relacionados.
- Emitir ordenanzas necesarias para la regulación vehicular dentro de la ZBE.
- Gestionar el proceso de comunicación, socialización y educación ciudadana.
- Coordinar con la Policía Municipal, Agentes Civiles de Tránsito y Policía Nacional para labores de control.

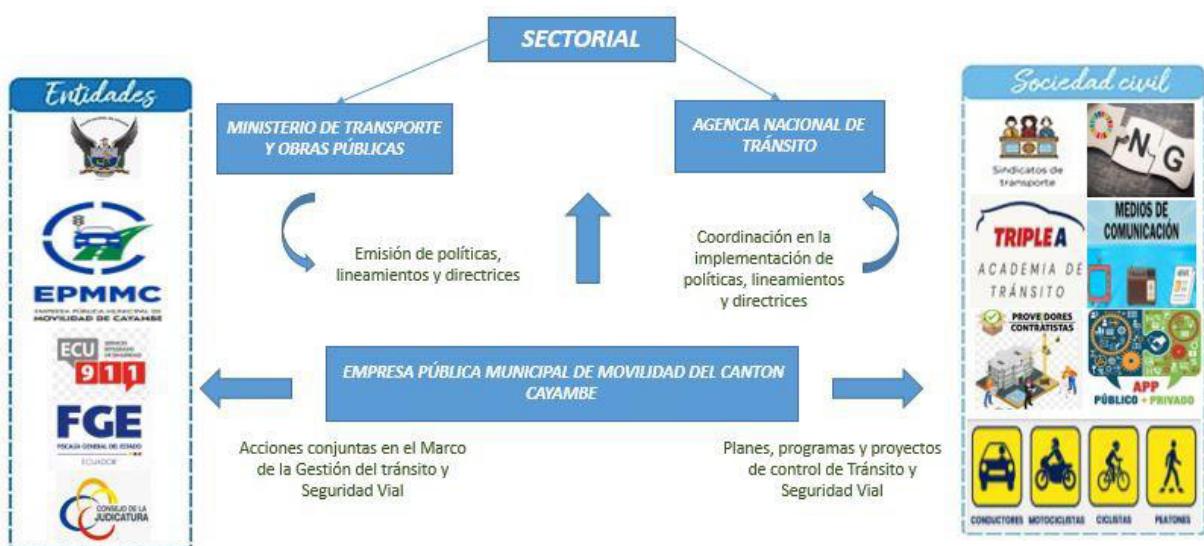
La ZBE debe integrarse a los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) y a los futuros Planes de Movilidad Urbana Sostenible (PMUS), permitiendo una planificación coherente con los principios de equidad, accesibilidad y sostenibilidad (CEPAL, 2021).

1.3.2.1. Relevancia para Cayambe.

La ciudad de Cayambe enfrenta un creciente parque automotor en el casco urbano, congestión vial en horas pico y problemas de calidad del aire derivados de las emisiones vehiculares. Se han realizado consultas a los diferentes órganos de control sobre datos históricos de índices de siniestralidad para determinar el grado de afectación a la seguridad de peatones y ciclistas, actores vulnerables en la movilidad urbana.

La implementación de una ZBE se convierte en una estrategia pionera en Ecuador, que no solo responde a la necesidad local de ordenar el tránsito y mejorar la seguridad vial, sino que también establece un precedente normativo y técnico replicable en otras ciudades del país.

Figura 1 Marco Institucional Ecuatoriano



Nota. Relación de instituciones ecuatorianas. *Fuente:* Elaboración propia

1.3.3. Legislación Internacional Aplicable

1.3.3.1. Compromisos Internacionales.

El Ecuador es firmante de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), dentro de los cuales el ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles establece como meta garantizar sistemas de transporte inclusivos, seguros y sostenibles (Naciones Unidas, 2015). La implementación de una ZBE contribuye directamente a este objetivo, al promover una movilidad más limpia y reducir los riesgos de siniestralidad.

Asimismo, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) ha recomendado a las ciudades latinoamericanas la adopción de medidas que fortalezcan la movilidad sostenible, como las ZBE, que ya son comunes en Europa y han demostrado ser herramientas efectivas para mejorar la calidad del aire y recuperar espacio público (CEPAL, 2021).

Experiencias internacionales como las de Bilbao, Madrid y Ciudad de México evidencian que las ZBE permiten reducir en hasta un 35% las emisiones contaminantes en áreas urbanas críticas y generan un cambio cultural hacia formas de transporte más sostenibles (European Commission, 2022).

1.3.3.2. Directiva 2008/50/CE.

Sobre la calidad del aire ambiente y atmósfera más limpia Establece valores límite para contaminantes atmosféricos como dióxido de nitrógeno (NO_2), partículas (PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$), benceno, etc. Los Estados miembros deben definir zonas o aglomeraciones, monitorear la calidad del aire, informar al público, y tomar medidas si los valores límite se exceden.

1.3.3.3. Regulación (UE) 2021/1119 — Ley Climática Europea (“European Climate Law”).

Establece el objetivo vinculante de lograr la neutralidad climática en la UE para 2050, así como una reducción neta de gases de efecto invernadero para 2030 y 2040. Las políticas como las zonas de bajas emisiones pueden ser instrumentos para cumplir esos objetivos

1.3.3.4. Pacto Verde Europeo (European Green Deal, 2019).

Propone que Europa sea climáticamente neutra en 2050. Fomenta el uso de zonas de bajas emisiones como parte de una movilidad urbana sostenible.

1.3.3.5. Para España: Cambio Climático y Transición Energética.

El artículo 14 de la Ley 7/2021, la cual establece la obligatoriedad de crear zonas de bajas emisiones en los municipios con más de 50.000 habitantes, y, asimismo, en la necesaria

contribución a las nuevas Directrices de Calidad del Aire de la OMS para garantizar el mejor nivel de salud posible para las personas que habitan en el municipio y en su entorno.

1.3.3.6. Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Objetivo 11: Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles.

11.2 De aquí a 2030, proporcionar acceso a sistemas de transporte seguros, asequibles, accesibles y sostenibles para todos y mejorar la seguridad vial, en particular mediante la ampliación del transporte público, prestando especial atención a las necesidades de las personas en situación de vulnerabilidad, las mujeres, los niños, las personas con discapacidad y las personas de edad.

11.6 De aquí a 2030, reducir el impacto ambiental negativo per capita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo.

11.7 De aquí a 2030, proporcionar acceso universal a zonas verdes y espacios públicos seguros, inclusivos y accesibles, en particular para las mujeres y los niños, las personas de edad y las personas con discapacidad.

1.4. Legislación Nacional Aplicable

1.4.1. Norma de Calidad del Aire

Tiene como objetivo principal el preservar la salud de las personas, la calidad del aire ambiente, el bienestar de los ecosistemas y del ambiente en general. Para cumplir con este

objetivo, esta norma establece los límites máximos permisibles de contaminantes en el ambiente a nivel del suelo.

1.4.2. LOTTSV

Art. 2.- Principios Generales. - La presente Ley se fundamenta en los siguientes principios generales:

3) Principio de desarrollo sostenible. - El desarrollo del transporte en el país procurará un equilibrio entre los aspectos económicos, ambientales y sociales.

Art. 30.5.- Competencias de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Regionales Metropolitanos y Municipales. - Los Gobiernos Autónomos Descentralizados tendrán las siguientes competencias:

w) Promover, el marco de sus programas de educación, cultura y ciudadanía ambiental, o los que hagan sus veces, acciones de comunicación y sensibilización ambiental sobre la movilidad activa como medios de transporte sostenibles eficientes y que contribuyen a la preservación del ambiente;

Art. 88.- Objetivos de la ley.- En materia de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial, la presente Ley tiene por objetivos, entre otros, los siguientes:

i) Impulsar la movilidad sostenible y reducir la contaminación ambiental;

Art. 188A.- (...) En los cursos de conducción, se incorporarán obligatoriamente programas de movilidad sostenible, y sensibilización del conductor mediante situaciones vivenciales simulando ser personas con discapacidad, peatones y bici usuarios.

Art. 214A.- Interés Público. - Se declara de interés público la movilidad eléctrica y sostenible; el uso de energías renovables como insumo indispensable para el fortalecimiento de la transportación y la movilidad; y, la promoción del transporte terrestre eléctrico y de cero emisiones en todo el territorio nacional.

Art. 214B.- Incentivos a la movilidad eléctrica y cero emisiones. - El Gobierno Central, así como los Gobiernos Autónomos Descentralizados dentro de su jurisdicción y en el ámbito de sus competencias, desarrollarán y promoverán incentivos que impulsen el transporte terrestre ciento por ciento eléctrico y de cero emisiones.

Art. 214G.- Movilidad Activa. - La movilidad activa es aquella que depende del movimiento físico de las personas, incluye la caminata y el uso de la bicicleta; se vincula a los principios de la movilidad sostenible, desde la cual se prioriza aquellos modos de transporte que generan menor impacto ambiental, social y económico. La promoción de estos modos de transporte busca disminuir el uso del vehículo a motor para desplazamientos de corta y mediana distancia.

Art. 214H.- De la caminata y el uso de la bicicleta. - El Gobierno Central y los Gobiernos Autónomos Descentralizados incorporarán dentro de su planificación actividades relacionadas con la gestión, promoción, incentivo, regulación y control del desplazamiento

de los ciudadanos a pie y en bicicleta como modos sostenibles de transporte, garantizarán su circulación en condiciones seguras, atractivas y cómodas en armonía con los demás usuarios del viario

Art. 214R.- Sistema de Transporte Público en Bicicleta. - Los Gobiernos Autónomos Descentralizados podrán implementar un Sistema de Transporte Público en Bicicleta a su sistema integrado de movilidad, para facilitar y promover el uso urbano de este vehículo como mecanismo de transporte sostenible; y, serán responsables de la regulación, control y evaluación del mismo.

1.4.3. Plan de Movilidad Sustentable del Cantón Cayambe

1.4.3.1. Principios, Políticas y Objetivos

(...) En el uso o establecimiento de las modalidades de transporte, se prioriza la movilidad limpia con el medio ambiente, siendo esta la caminata y la bicicleta, en segundo lugar, el transporte público intracantonal de pasajeros, y en último lugar el transporte individual o particular, sin que esto signifique que no se tenga que dar ciertas medidas para dotar de fluidez a su circulación.

Ambiental

Para la movilidad en el cantón, se debe dar prioridad al desarrollo de las modalidades de transporte terrestres que sean limpias y amigables con el medio ambiente tal como la caminata y la bicicleta, apoyando fuertemente al transporte público colectivo y/o masivo intra cantonal, así también, se debe proteger el medio ambiente teniendo presente todos

aquellos componentes que inciden en su cambio, producto de las externalidades tanto por intervenciones o medidas que se originen en respuesta a la mejora de la movilidad – principalmente las externalidades relacionadas con el uso de los recursos energéticos y las tecnologías de los medios de transporte.

1.4.3.2. Estrategias

- Promocionar mediante campañas dirigida a la ciudadanía sobre el realizar viajes a pie y en bicicletas
- Organizar eventos sociales y culturales que incentiven, motiven y alienten el uso del espacio público, la movilidad a pie y en bicicletas.
- Organizar eventos como Ciclo Paseos en el área urbana central de Cayambe, como instrumento introducir, motivar y alentar la movilidad en bicicletas (ejemplo Ciclo Paseos).

Peatones

Incentivar y desarrollar los viajes peatonales como prioritarios en el Cantón de Cayambe, principalmente en su centro urbano.

Bicicletas

Impulsar el uso de la bicicleta como modalidad alternativa de movilidad para los viajes cercanos en la zona urbana de Cayambe.

1.5. Normativa Aplicable al Proyecto de Implementación de Zona de Bajas Emisiones en la Ciudad de Cayambe

1.5.1. Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial (LOTTTSV)

- Esta ley declara de “interés público” la “movilidad eléctrica y sostenible” y promueve el transporte de cero emisiones en todo el territorio nacional.
- Define la “movilidad activa” como modalidades preferentes de transporte sostenible, y dispone a los GADs a “incorporar dentro de su planificación actividades relacionadas con la gestión, distribución de espacios y recursos” para estos modos.
- También faculta a los gobiernos autónomos descentralizados a promover incentivos para transporte eléctrico o de cero emisiones.

Por ende, a nivel nacional existe la base legal que podría respaldar una implementación de ZBE en la ciudad de Cayambe, tanto la promoción de movilidad sostenible, ciclismo, transporte limpio, como la competencia municipal en regulación del tránsito.

1.5.2. Plan de Movilidad Sustentable del Cantón Cayambe.

- Cayambe cuenta con un plan local de movilidad, su planificación territorial prioriza la movilidad no motorizada (peatonal, bicicletas) y el transporte público colectivo sobre el transporte particular.
- El plan incluye estrategias como mejora de aceras, implementación de ciclovías, promoción de “ciclo paseos”, regularización del transporte público, control del transporte comercial, ordenamiento de paradas, regulación del uso del suelo y tránsito.
- En dicho plan, las políticas ambientales se consideran prioritarias: la movilidad limpia, la protección del medio ambiente, la reducción de emisiones por transporte motorizado, la promoción de transporte sostenible.

1.5.3. Normativa Municipal.

- El municipio cuenta con una Ordenanza de Planificación, Regulación y Control del Tránsito, Transporte Terrestre y Seguridad Vial del Cantón Cayambe.
- Existe también una Ordenanza de Administración y Control del Territorio del Cantón Cayambe (2025) que regula el uso del suelo, la ocupación, el ordenamiento territorial, lo cual puede influir indirectamente en la movilidad y en restricciones urbanas.

En síntesis, el análisis del marco institucional vigente en Ecuador evidencia que el país cuenta con un conjunto amplio de normas, planes y políticas orientadas a la movilidad sostenible, la seguridad vial y la gestión ambiental. Sin embargo, este entramado jurídico y programático, si bien establece lineamientos importantes, aún no se ha traducido en la consolidación de herramientas efectivas para enfrentar los problemas específicos que viven ciertas ciudades, entre ellas Cayambe. La ausencia de Zonas de Bajas Emisiones en la normativa nacional y en la práctica municipal representa una brecha significativa entre los compromisos del Estado y las soluciones aplicadas en el territorio.

El marco institucional revisado cobra especial sentido al contrastarse con los desafíos actuales del casco urbano: concentración de emisiones por tráfico motorizado, problemas de congestión, riesgos viales crecientes y un entorno urbano que demanda mejoras para garantizar espacios más seguros y saludables, todo ello revela que la ciudad no solo puede, sino que necesita adoptar instrumentos innovadores que complementen las políticas ya existentes. Entre estas herramientas, la implementación de una ZBE aparece como una respuesta técnica y jurídicamente viable, alineada con las iniciativas nacionales de sostenibilidad, pero adaptada al contexto local.

De este modo, el marco institucional expuesto no es solo un entorno normativo de referencia, sino la base que justifica y orienta la propuesta del proyecto. La creación de una ZBE en Cayambe se proyecta como una oportunidad para materializar en el territorio los principios de movilidad segura, accesible y ambientalmente responsable que promueven las políticas ecuatorianas, contribuyendo a cerrar la brecha entre la regulación y la realidad cotidiana de la ciudad.

Tabla 1 Actores con competencias y responsabilidades en la implementación de la ZBE

Actor Institucional	Competencias Generales	Responsabilidades Operativas en la ZBE
ANT	Rectoría del sistema de tránsito; regulación nacional.	<ul style="list-style-type: none"> • Homologación de señalética ZBE. • Validación de dispositivos tecnológicos. • Lineamientos técnicos de control vehicular.
MIT	Planificación del transporte; normativa nacional en infraestructura.	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión técnica de intervenciones viales. • Articulación con planes nacionales de movilidad sostenible.
MAATE	Regulación ambiental; monitoreo de emisiones.	<ul style="list-style-type: none"> • Definir parámetros de calidad del aire. • Supervisar el monitoreo ambiental de la ZBE. • Emitir informes técnicos ambientales.
EMMP-C	Competencias de tránsito locales; ordenamiento urbano.	<ul style="list-style-type: none"> • Delimitar y señalizar la ZBE. • Instalar y mantener dispositivos tecnológicos. • Aprobar ordenanzas específicas.

		<ul style="list-style-type: none">• Gestionar socialización con actores locales.
--	--	--

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO II: INTRODUCCIÓN

2.1. Contexto de Cayambe

Cayambe se presenta como un candidato para la implementación de una zona libre de emisiones en su casco urbano. La urbe posee una serie de características que, tanto positivas como negativas, influyen directamente en la viabilidad y éxito de un proyecto de esta magnitud.

La creación de una zona de bajas emisiones en Cayambe, al igual que en cualquier otra ciudad, debe analizarse desde múltiples perspectivas para garantizar su éxito:

2.1.1. Geografía y Clima

La topografía de Cayambe es relativamente plana lo que favorece la movilidad a pie o en bicicleta. Además, el clima templado y las temperaturas estables a lo largo del año hacen de la caminata y el ciclismo opciones cómodas y viables. La ciudad se encuentra a una altitud considerable (2,830 metros sobre el nivel del mar), lo que puede influir en el rendimiento de los vehículos de combustión interna.

2.1.2. Economía

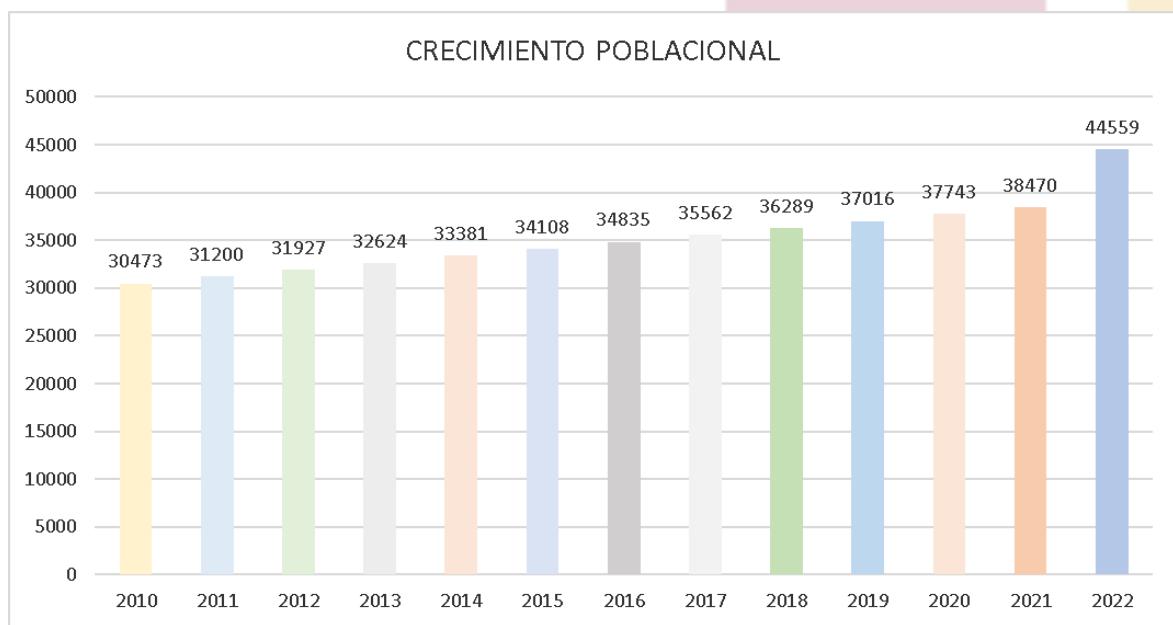
La economía de Cayambe se basa principalmente en la exportación de rosas, agricultura, la ganadería y el turismo, lo que significa que el tráfico de vehículos pesados (camiones para transporte de productos de exportación y agrícolas) es una parte importante de la dinámica de la ciudad, igualmente cuenta con un transporte público en buses a combustión y con aproximadamente 20.000 vehículos de uso particular a combustión. Una zona de bajas emisiones tendría que contemplar soluciones específicas para este tipo de vehículos, como la implementación

de rutas de circunvalación o la promoción de vehículos eléctricos para la logística local a largo plazo.

2.1.3. Demografía

Con una población de aproximadamente de 105.267 habitantes a nivel cantonal y unos 44.559 habitantes en la urbe, la densidad poblacional del casco urbano es manejable. Esto facilita la planificación de rutas de transporte público y la creación de infraestructura para peatones, ciclistas y personas vulnerables. La conciencia ambiental y la participación ciudadana son claves para que una iniciativa como esta tenga un impacto real.

Figura 2 Crecimiento poblacional pronosticado



Fuente: Elaboración propia.

2.1.4. Infraestructura

La infraestructura vial de Cayambe podría requerir mejoras significativas para acomodar una zona de bajas emisiones. Esto incluye la creación de ciclo vías seguras y separadas del tráfico vehicular y la ampliación de aceras. Se necesitaría una inversión sustancial para transformar la movilidad de la ciudad.

Figura 3 Propuesta de implementación Ciclo-infraestructura



Fuente: Plan de Movilidad Sustentable Cantón Cayambe. (EPMM-C, 2017)

2.1.5. Retos y Oportunidades

La implementación de una zona de bajas emisiones en Cayambe representa tanto un desafío como una oportunidad para la ciudad.

2.1.5.1. Retos.

- Transición de la flota vehicular particular: La mayoría de los vehículos que circulan en Cayambe son de combustión. Fomentar la adopción de vehículos eléctricos o híbridos para residentes y empresas locales tomaría tiempo y requeriría incentivos económicos.
- Aceptación pública: Es posible que los residentes se muestren desconfiados a la idea de restringir el uso de sus vehículos en el centro de la ciudad. Se necesita una campaña de concientización sólida para educar a la población sobre los beneficios a largo plazo.
- Costos de implementación: La inversión en nueva infraestructura, vehículos eléctricos para el transporte público y sistemas de gestión de tráfico podría ser considerable.

2.1.5.2. Oportunidades.

- Mejora de la calidad del aire: La reducción de emisiones de gases contaminantes tendría un impacto directo en la salud de los habitantes de Cayambe.
- Desarrollo de transporte sostenible: Fomentar la movilidad activa a pie o en bicicletas, el transporte público eléctrico puede posicionar a Cayambe como una ciudad líder en sostenibilidad en Ecuador.
- Revitalización del centro histórico: Al reducir el tráfico vehicular, el centro de Cayambe se volvería un espacio más amigable para los ciudadanos, lo que podría impulsar el comercio local y el turismo.
- Impulso a la innovación: La implementación de una zona de bajas emisiones podría atraer a empresas y startups dedicadas a la tecnología verde y la movilidad sostenible.

Crear una zona libre de emisiones en Cayambe no es una tarea sencilla, pero es un objetivo alcanzable. Se necesitaría un plan integral que considere la economía local, la infraestructura existente y las necesidades de la población. Con la voluntad política adecuada, la participación ciudadana y las inversiones necesarias, Cayambe podría convertirse en un modelo de ciudad sostenible en el país.

2.2. Problema de Contaminación y Congestión Vehicular

La congestión y la contaminación en la zona de baja emisión, como es el caso de Cayambe, representan un desafío significativo para la salud pública y el medio ambiente. A continuación, abordamos a fondo sus causas, consecuencias y soluciones, así como ejemplos y datos relevantes.

2.2.1. Problemas de Congestión y Contaminación en las Zonas de Baja Emisión en Cayambe

2.2.1.1. Contexto General.

La implementación de zonas de baja emisión busca mitigar los efectos negativos del tráfico vehicular y mejorar la calidad del aire. Se espera que, con estas iniciativas, la congestión y la contaminación no sigan siendo problemas significativos que requieren atención urgente.

2.2.1.2. Causas de la Congestión.

La congestión vehicular en Cayambe puede ser atribuida a varios factores interrelacionados:

- **Parque Automotor:** Según datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), el número de vehículos registrados en Ecuador ha crecido significativamente en los últimos años. Este aumento se traduce directamente en más automóviles en las calles de Cayambe,

lo que contribuye a embotellamientos frecuentes.

El fenómeno polución atmosférica y congestión vehicular en el casco comercial de la ciudad de Cayambe son problemas críticos que afectan la calidad de vida de sus habitantes. Por ello se presenta un análisis de este problema con un parque automotor de más de 20000 vehículos.

Tabla 2 Detalle de consumo de combustible del parque automotor por tipo de vehículo

CLASE	CANT	GASTO DE COMBUSTIBLE			TOTAL
		DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	
LIVIANO	18201	1	5	20	364020
CAMIONETAS	820	2	10	40	32800
TAXIS	210	1	5	20	4200
MOTOS	3465	0,25	1,25	5	17325
BUSES	157	20	140	560	87920
REMOLQUES	85		340	1360	115600
BUES ESCOLAR	432	12	340	1360	587520
CAMIONES	125		78	312	39000
TOTAL	23495			3677	1248385

Fuente: Elaboración propia

Los vehículos predominantes son los livianos con el 77,44%, luego le siguen las motos con el 14,75%, entre buses, escolares, camiones, remolques suman el 3,4% como se evidencia en la tabla 2. La flota hasta el mes de mayo de 2025 de vehículos matriculados es de 7.889 en su totalidad.

El consumo de combustible es de aproximadamente 1'248.385 galones al mes, que lo distribuyen cinco estaciones de servicio, de la siguiente manera:

- El combustible consumido promedia un total mensual de 1,248,385 galones.
- El promedio de consumo por vehículo liviano esta entre 20 y 40 galones.

- El 47% del consumo les corresponde a los buses escolares, seguido de los livianos con el 27,15%.
- Buses, aproximadamente 1300 galones/mes.
- Vehículos pesados, aproximadamente 1360 galones/mes.

Las emisiones de CO₂ generadas por el transporte son significativas y se estima que cada galón de gasolina quemado produce aproximadamente 19.6 libras (8.9 kg) de CO₂, esto equivale a aproximadamente 8,896 toneladas métricas de CO₂ por mes.

2.2.1.3. Niveles de Tráfico

En horas pico, se estima que la velocidad promedio del tráfico puede reducirse a menos de 20 km/h debido a la congestión. El tiempo promedio perdido en congestión puede alcanzar hasta 30 minutos por vehículo diariamente durante las horas pico, esta situación refleja la problemática en lo que tiene que ver contaminación ambiental y la calidad de vida de los habitantes de la zona de estudio. Con una flota significativa y un alto consumo de combustible, las emisiones generadas contribuyen a la contaminación del aire y afectan la salud pública, además, la congestión vehicular genera pérdidas económicas debido al tiempo perdido y al aumento del consumo energético.

Figura 4 *Mediciones de velocidad (Cinemómetro).*



Fuente: Elaboración Propia.

- **Infraestructura Vial Insuficiente:** La infraestructura vial existente no ha evolucionado al mismo ritmo que el crecimiento poblacional y vehicular. Muchas calles son estrechas y carecen de señalización adecuada, lo que dificulta la circulación fluida del tráfico. Además, la falta de mantenimiento en las vías puede llevar a un deterioro que agrava aún más la situación.
- **Falta de Transporte Público Eficiente:** El sistema de transporte público en Cayambe enfrenta desafíos como horarios irregulares, falta de cobertura y condiciones inadecuadas.

Esto lleva a muchos habitantes a optar por vehículos particulares para sus desplazamientos diarios.

- **Comportamiento del Conductor y peatón:** El comportamiento imprudente de algunos conductores y peatones, como el uso excesivo del claxon o cambios bruscos de carril sin señalización adecuada, irrespeto a las zonas de seguridad e imprudencia peatonal también contribuye a la congestión.

Figura 5 Congestión vehicular, calles Ascázubi y Junín.



Fuente: Elaboración propia.

2.2.1.4. Causas de la Contaminación

La contaminación del aire es un problema crítico que afecta la salud pública y el medio ambiente:

- **Emisiones Vehiculares:** A pesar de las restricciones impuestas en las zonas de baja emisión, muchos vehículos antiguos continúan circulando sin cumplir con estándares ambientales. Estos vehículos emiten altos niveles de dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x) y partículas finas (PM10 y PM2.5).
- **Actividades Industriales:** La proximidad a industrias que no cumplen con normativas ambientales puede contribuir significativamente a la contaminación del aire. Las emisiones industriales pueden incluir compuestos orgánicos volátiles (COV) y otros contaminantes perjudiciales para la salud.
- **Factor Agrícola:** En áreas rurales cercanas a Cayambe, prácticas agrícolas como la quema de residuos generan humo que se dispersa por el aire, aumentando los niveles de partículas contaminantes. Esta práctica es común durante ciertas épocas del año y tiene un impacto directo en la calidad del aire local.
- **Condiciones Meteorológicas:** Factores climáticos como la falta de viento o condiciones atmosféricas estables pueden agravar los problemas de contaminación al impedir que los contaminantes se dispersan adecuadamente.

2.2.1.5. Condiciones de Transporte y Tendencias de congestión

El cantón Cayambe muestra una situación de movilidad que se caracteriza por momentos de congestión motriz de lunes a viernes, en particular entre las 6:00 y 9:00 horas, así como entre las 17:00 y 20:00 horas. Estos tiempos coinciden con los movimientos laborales, educativos y comerciales, lo que provoca una fuerte presión sobre la red de carreteras central. En estos intervalos las vías operan cerca o a plena capacidad, llevando a un aumento en los tiempos de viaje, circulación restringida y acumulación de automóviles en puntos claves. Las zonas más problemáticas se localizan en las intersecciones de Azcásubi-Bolívar, Rocafuerte-Bolívar, Azcásubi-Junín, siendo esta la última afectada por el funcionamiento del Mercado Diario de Cayambe, en conjunto, esos lugares tienen un paso de aproximadamente 1192 vehículos cada 15 minutos, indica una congestión vial persistente durante horas pico.

2.2.1.6. Interacción Humana en Zonas Comerciales

La actividad comercial en el núcleo urbano de Cayambe se presenta como uno de los principales impulsores de desplazamiento y juega un papel crucial en la movilidad de la zona. La calle Azcásubi alberga una amplia variedad de comercios que incluye servicios, tiendas minoristas, supermercados y lugares con gran afluencia de personas, lo que eleva la necesidad de espacio en las vías y provoca una interacción constante entre coches particulares, transporte colectivo, motocicletas, transeúntes. En la Unión de Azcásubi y Bolívar resalta la presencia del Banco Pichincha, una entidad bancaria que atrae numerosos usuarios, especialmente durante horas

laborales y en días de alta actividad comercial, lo que contribuye a la congestión momentánea del área y a la continua circulación de vehículos que intentan aparcar o que realizan paradas breves.

El área del Mercado diario, situada cerca de la confluencia de Azcásubi y Junín, agrava la saturación debido a la gran afluencia de personas y vehículos de suministros. La ausencia de lugares designados para carga y descarga obliga a realizar estas acciones, ocasionando bloqueos temporales, disminución de la capacidad de las vías y la formación de cuellos de botella durante las horas pico. Adicionalmente, la simultaneidad de Comercio formal e informal, particularmente en las vías como Rocafuerte, fuerza a los transeúntes a transitar por la calle a causa de ocupación de las aceras, lo que incrementa el riesgo para los usuarios vulnerables.

2.2.1.7. Consecuencias

Los problemas derivados tanto de la congestión como de la contaminación tienen múltiples repercusiones:

- **Salud Pública:** La exposición prolongada a contaminantes del aire está asociada con enfermedades respiratorias crónicas como asma y bronquitis, así como enfermedades cardiovasculares. Según estudios realizados por organizaciones como la Organización Mundial de la Salud (OMS), millones mueren cada año debido a enfermedades relacionadas con la contaminación del aire.
- **Impacto Económico:** La congestión genera costos económicos significativos debido al tiempo perdido en desplazamientos. Un estudio realizado por el Banco Interamericano de

Desarrollo (BID) estima que cada hora perdida en el tráfico representa pérdidas millonarias para las economías locales debido a menor productividad laboral.

- **Calidad de Vida:** La congestión no solo afecta el tiempo que las personas pasan viajando; también impacta su bienestar emocional al generar estrés e insatisfacción con respecto al entorno urbano. Esto puede llevar a una disminución generalizada en la calidad vida.

2.3. Justificación de la Implementación de la Zona de Bajas Emisiones

La creación de una zona de baja de emisiones en el centro de Cayambe es necesaria debido a la combinación de factores vinculados a la movilidad, la seguridad en las vías y al medio ambiente, que repercuten de manera directa en la calidad de vida de los habitantes. El crecimiento continuo del tráfico vehicular ha ejercido una presión considerable sobre la infraestructura vial existente en intersecciones clave como Azcásubi-Bolívar, Rocafuerte-Bolívar; así como Azcásubi-Junín, la acumulación de autos se agrava por el intenso movimiento comercial, la existencia del Mercado Diario y la concentración de instituciones financieras como el Banco de Pichincha, esta situación genera demoras, saturación en los espacios públicos y una movilidad cada vez menos eficiente.

La zona de bajas de misiones también busca mejorar la seguridad en las vías y resguardar a los usuarios en situación de vulnerabilidad. Aunque no hay datos recientes sobre accidentes en el área prevista, esta falta de información representa un síntoma que debe ser atendido mediante estrategias de prevención. En arterias como Rocafuerte, la ocupación de las aceras por vendedores informales obliga a los peatones a utilizar la calzada, aumentando el riesgo de accidentes. Por

tanto, los ciclistas se enfrentan con una invasión permanente en infraestructura ciclista por autos particulares de autobuses y motos, lo que restringe el uso seguro de las alternativas del transporte sostenible.

Figura 6 Invasión del Carril Exclusivo Calle Azcásubi



Fuente: Elaboración Propia

En este sentido, la instauración de una ZBE se plantea como una respuesta táctica que permitirá controlar el acceso de vehículos, reducir la cantidad de autos contaminantes, organizar el transporte público, recuperar espacios públicos para transeúntes y ciclistas con el fin de crear un entorno más seguro y saludable. Estas acciones no solo ayudarán a disminuir la contaminación y

la congestión, sino que también promoverá una movilidad más justa e inclusiva y en sintonía con los principios de sostenibilidad que exigen las ciudades modernas.

2.3.1. Seguridad Vial y Movilidad Urbana

El aumento de la motorización en ciudades como Cayambe ha generado una presión significativa sobre las vías urbanas, este crecimiento no siempre ha sido acompañado de una infraestructura adecuada ni de una planificación acorde con la expansión urbana. Como resultado el riesgo de siniestros viales se incrementa afectando principalmente a peatones, ciclistas y usuarios de motocicletas, que son los sectores más vulnerables del tránsito.

La Organización Mundial de la Salud señala que los accidentes de tránsito constituyen una de las principales causas de muerte en la población joven en América Latina (Salud, 2023). En Ecuador, los datos de la Agencia Nacional de Tránsito reflejan que la siniestralidad en zonas urbanas tiene una tendencia creciente debido a la alta densidad vehicular y al uso compartido de espacios viales sin suficiente control. La implementación de una Zona de Bajas Emisiones al restringir el acceso de vehículos y reorganizar la circulación puede disminuir la densidad del tráfico en áreas críticas y con ello reducir la probabilidad y severidad de los accidentes.

2.3.2. Salud pública y calidad del Aire

Otro eje fundamental de la justificación es la salud pública. Las emisiones generadas por los vehículos motorizados, en particular las que provienen de motores a diésel y gasolina de tecnología obsoleta, son una de las principales fuentes de contaminación del aire en ciudades latinoamericanas. Estas emisiones contienen contaminantes como el dióxido de nitrógeno (NO_2),

material particulado ($PM_{2.5}$, PM_{10}), monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos no combustionados, Todos ellos con efectos comprobados en enfermedades. (Greenpeace, 2022)

El impacto sanitario de estas emisiones es evidente, incrementan los casos de asma infantil, enfermedades pulmonares, crónicas y problemas cardiovasculares, lo que implica también mayores costos para el sistema de salud pública. Por tanto, el diseño de una ZBE no solo representa. Una acción ambiental, sino también una estrategia de prevención en salud y reducción de costos sociales asociados a la contaminación.

2.3.3. Medio Ambiente y Compromiso Social

La problemática ambiental no puede dejarse de lado. El transporte es una de las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo de manera significativa al calentamiento global. En el caso de Ecuador, aunque la matriz energética tiene un componente renovable importante, el sector del transporte sigue siendo el principal emisor Dióxido de carbono (CO_2), debido al consumo de combustibles fósiles. (Comercio, 2022)

La implementación de una Zona de Bajas Emisiones se alinea con los compromisos asumidos por El País en el marco del Acuerdo de París y con la estrategia nacional de cambio climático. Reducir las emisiones urbanas representa una contribución directa al cumplimiento de estos compromisos. Además, las ZBE permiten incentivar el uso de transporte público bicicleta. Inmovilidad activa lo que se refuerzan los objetivos de sostenibilidad.

2.3.4. Marco Normativo y Sostenibilidad Urbana

Desde el punto de vista legal, Ecuador cuenta con un marco normativo que respalda la implementación de políticas orientadas al control de emisiones y a la seguridad vial. Los

reglamentos técnicos de INEN Establecen parámetros para el control De emisiones contaminantes.

Asimismo, La Ley Orgánica de Transporte terrestre, Tránsito y Seguridad Vial establece lineamientos para la planificación de movilidad segura y sostenible en los centros urbanos.

En el ámbito internacional, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 ofrecen un marco de acción global. Las zonas de bajas emisiones se articulan directamente con el ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles, ODS 3: Salud y bienestar y el ODS 13: acción por el clima, evidenciando la coherencia del proyecto con las metas de desarrollo sostenible.

La experiencia europea ha demostrado que la introducción de zonas de bajas emisiones en ciudades como Madrid, Londres o Milán han permitido una reducción significativa de los niveles de contaminación y una mejora En la movilidad sostenible (Greenpeace, 2022). Estas buenas prácticas ofrecen un referente válido para replicar a menor escala en ciudades ecuatorianas.

2.3.5. Beneficios Sociales y Económicos

Finalmente, la implementación de la ZBE en Cayambe también se justifica desde una perspectiva socioeconómica. La reducción de contaminación implica menos gastos en salud, mejor calidad de vida para los habitantes y una ciudad más atractiva para actividades económicas y turísticas. Asimismo, la promoción de modos de transporte sostenible puede dinamizar sectores relacionados con el comercio de bicicletas, el transporte público y la innovación tecnológica en movilidad.

Por otra parte, una ciudad con aire más limpio, menos congestión y mayor seguridad vial contribuyen a generar confianza en las políticas públicas, fortaleciendo la gobernanza local y



consolidando un modelo de ciudad que prioriza el bienestar de las personas sobre la dependencia del automóvil privado.

CAPITULO III. MARCO TEÓRICO

3.1. Conceptos

3.1.1. Zona de Bajas Emisiones (ZBE)

Definición. Área geográfica donde se restringe el acceso o la circulación de vehículos que emiten altos niveles de contaminantes, con el objetivo de mejorar la calidad del aire.

Según la Agencia Europea del Medio Ambiente (EEA), las ZBE son herramientas efectivas para reducir la contaminación del aire en áreas urbanas densamente pobladas, promoviendo un entorno más saludable para los ciudadanos (Agencia Europea del Medio Ambiente (EEA), 2020).

3.1.2. Contaminantes Atmosféricos

Definición. Sustancias químicas presentes en el aire que pueden tener efectos adversos sobre la salud humana y el medio ambiente.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) señala que los contaminantes como las partículas en suspensión (PM10 y PM2.5) y el dióxido de nitrógeno (NO₂) están asociados con problemas respiratorios y cardiovasculares (Organización Mundial de la Salud (OMS), 2016).

3.1.3. Movilidad Sostenible

Definición. Modalidad de transporte que busca minimizar el impacto ambiental mediante el uso de alternativas como bicicletas, transporte público eficiente y vehículos eléctricos.

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) destaca que la movilidad sostenible es esencial para lograr ciudades inclusivas y sostenibles, contribuyendo a la reducción de emisiones (PNUD, 2015).

3.1.4. *Calidad del Aire*

Definición. Medida de la concentración de contaminantes en la atmósfera que afecta la salud pública y el bienestar ambiental.

La Agencia Mundial del Medio Ambiente establece estándares para la calidad del aire, indicando que una mejor calidad del aire está directamente relacionada con políticas efectivas como las ZBE (ONU Medio Ambiente, 2019).

3.1.5. *Estrategias de Mitigación*

Definición. Acciones implementadas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes atmosféricos.

El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) resalta que las estrategias efectivas incluyen la implementación de ZBE como parte integral del desarrollo urbano sostenible (IPCC, 2014).

3.1.6. *Transporte Público Eficiente*

Definición. Sistema de transporte colectivo diseñado para ser accesible, seguro y capaz de mover grandes cantidades de personas con menor impacto ambiental.

La Asociación Internacional de Transporte Público (UITP) indica que un transporte público eficiente puede reducir significativamente las emisiones vehiculares al disminuir la dependencia del automóvil privado (Asociación Internacional de Transporte Público, 2016).

3.1.7. *Vehículos Cero Emisiones*

Definición. Automóviles o medios de transporte que no generan emisiones directas durante su operación.

La Agencia Internacional de Energía (IEA) afirma que los vehículos eléctricos son fundamentales para lograr una movilidad más limpia y reducir las emisiones urbanas (Global EV Outlook 2021, 2021).

3.1.8. Normativa Ambiental

Definición. Conjunto de leyes y regulaciones diseñadas para proteger el medio ambiente.

La Comisión Europea establece directrices sobre normativas ambientales que promueven la creación de ZBE como parte integral del control ambiental en áreas urbanas (Comisión Europea, s. f.).

3.1.9. Planificación Urbana Sostenible

Definición. Estrategia que integra consideraciones ambientales en el desarrollo urbano.

El Banco Mundial destaca que una planificación urbana sostenible es crucial para implementar ZBE efectivas y mejorar la calidad del aire en ciudades densamente pobladas, construir ciudades más habitables es crucial para conseguir erradicar la pobreza y lograr prosperidad en un planeta habitable (Grupo Banco Mundial, 2025).

3.1.10. Conciencia Ambiental

Definición. Comprensión y preocupación por los problemas ambientales entre los ciudadanos.

La UNESCO enfatiza la importancia de educar a las comunidades sobre los beneficios ambientales y sociales de iniciativas como las ZBE para fomentar un cambio positivo en el comportamiento ciudadano (UNESCO, 2021).

3.2. Beneficios de las Zonas de Bajas Emisiones

La implementación de zonas de bajas emisiones (ZBE) en el casco central de Cayambe, Ecuador, podría ofrecer una serie de beneficios significativos tanto para la comunidad como para el medio ambiente.

3.2.1. Mejora de la Calidad del Aire

Reducción de Contaminantes. Las ZBE están diseñadas para limitar el ingreso a vehículos altamente contaminantes, lo que resulta en una disminución significativa de las emisiones de gases prejudiciales como el dióxido de nitrógeno (NO₂), monóxido de carbono (CO) y material particulado (PM10 y PM2.5).

Salud Pública. Mejorar la calidad del aire puede llevar a una reducción en enfermedades respiratorias y cardiovasculares, así como a disminuir la incidencia de alergias y otros problemas relacionados con la contaminación del aire.

3.2.2. Fomento del Transporte Sostenible

Fomento del Transporte Público. La creación de ZBE puede estimular el uso del transporte público, ya que los ciudadanos buscarán alternativas al uso del automóvil privado. Esto puede llevar a un aumento en la inversión en infraestructura pública.

Incentivo para Medios Alternativos. Se fomentará el uso de bicicletas y caminar, promoviendo un estilo de vida más saludable y activo entre los habitantes.

3.2.3. Disminución del Tráfico y Congestión

Alivio del Centro Urbano. Al limitar el ingreso a vehículos contaminantes, se puede disminuir la congestión vehicular en el casco comercial de Cayambe. Esto no solo mejora la fluidez del tráfico, sino que también reduce el tiempo que los ciudadanos pasan en sus vehículos.

Mejoras en la Movilidad. Con menos vehículos contaminantes en circulación, se pueden implementar carriles exclusivos para bicicletas o transporte público, mejorando así la movilidad general.

3.2.4. Beneficios Económicos

Incremento del Turismo. Un entorno más limpio y atractivo puede fomentar el turismo local, atrayendo turistas interesados en disfrutar de un ambiente saludable y actividades al aire libre.

Valorización Inmobiliaria. Las áreas con mejor calidad ambiental suelen ver un incremento en los precios inmobiliarios debido a su atractivo. Esto beneficia tanto a propietarios como al gobierno local a través de mayores ingresos fiscales.

3.2.5. Conciencia Ambiental y Educación

Fomento de la Conciencia Ciudadana. La implementación de ZBE puede ser acompañada por campañas educativas que informen a los ciudadanos sobre los beneficios ambientales y sociales, fomentando una cultura más consciente respecto al medio ambiente.

Participación Comunitaria. Involucrar a la comunidad en la planificación e implementación puede fortalecer el sentido de pertenencia y responsabilidad hacia el entorno urbano.

3.2.6. Mitigación del Cambio Climático

Disminución de Emisiones Globales. Al disminuir las emisiones locales, Cayambe contribuye a los esfuerzos globales para mitigar el cambio climático. Cada acción local tiene un impacto positivo en el clima global.

Adaptación Local. Las ZBE pueden ser parte de una estrategia más amplia para hacer frente a los efectos del cambio climático, mejorando la resiliencia urbana frente a fenómenos climáticos extremos.

3.2.7. Estímulo a Innovaciones Tecnológicas

Estímulos para Vehículos Eléctricos Las ZBE pueden promover políticas que incentiven el uso de vehículos eléctricos mediante subsidios o infraestructura adecuada (como estaciones de carga), impulsando así la innovación tecnológica local.

Desarrollo Urbano Sostenible. Fomentar proyectos que integren tecnología limpia y soluciones innovadoras para mejorar la calidad urbana.

3.2.8. Fortalecimiento Institucional

Colaboración Interinstitucional. La implementación efectiva requiere colaboración entre diferentes niveles gubernamentales (local, regional y nacional), así como con organizaciones no gubernamentales y sector privado.

Desarrollo Normativo. Establecer regulaciones claras sobre las ZBE puede fortalecer las capacidades institucionales relacionadas con la gestión ambiental.

3.3. Ejemplos de Implementación en Otras Ciudades Nacionales e Internacionales

Al hablar de implementación de zonas de baja emisión en otras ciudades de Ecuador, no se tiene registros como tal, pero se muestra en las siguientes ciudades actividades que buscan mejorar la calidad de aire.

3.3.1. *Quito*

La capital ecuatoriana ha implementado una ZBE en el centro histórico, donde se restringe el acceso a vehículos contaminantes. Esta medida busca mejorar la calidad del aire y proteger el patrimonio cultural. Además, se han promovido iniciativas para fomentar el uso del transporte público y la movilidad sostenible.

3.3.2. *Guayaquil*

En Guayaquil, se han llevado a cabo proyectos para reducir las emisiones vehiculares mediante la promoción del transporte público eléctrico y la creación de ciclovías. Aunque no se ha establecido formalmente una ZBE, se están implementando políticas que buscan reducir la contaminación del aire.

3.3.3. *Bogotá*

Colombia La ciudad ha implementado varias estrategias para reducir la contaminación del aire, incluyendo el "Día Sin Carro", donde se restringe el uso de vehículos particulares en ciertas fechas. Además, Bogotá está trabajando en la creación de ZBE en áreas críticas para mejorar la calidad del aire.

3.3.4. Santiago

Chile Santiago cuenta con un sistema de gestión de episodios críticos de contaminación que incluye restricciones al tráfico vehicular durante días con alta contaminación. La ciudad también ha propuesto implementar ZBE para limitar el acceso a vehículos más contaminantes en ciertas áreas.

3.3.5. Buenos Aires

Argentina La ciudad ha implementado un programa llamado "Ecobici" que promueve el uso de bicicletas y ha desarrollado zonas peatonales en el centro urbano. Aunque no es una ZBE formal, estas iniciativas contribuyen a reducir las emisiones vehiculares.

3.3.6. Lima

Perú Lima ha estado trabajando en un plan para establecer ZBE en áreas con alta contaminación. Se han realizado estudios sobre la calidad del aire y se están promoviendo alternativas sostenibles como el transporte público eléctrico.

3.3.7. Montevideo

Uruguay Montevideo ha implementado políticas para promover el transporte sostenible y reducir las emisiones vehiculares, aunque no tiene una ZBE formalmente establecida. Se han creado ciclovías y se fomenta el uso de vehículos eléctricos.

Estos ejemplos muestran cómo diferentes ciudades en Ecuador y América Latina están abordando los desafíos relacionados con la calidad del aire y las emisiones vehiculares mediante la implementación de medidas que buscan promover un transporte más limpio y sostenible.

3.4. Marco Normativo y Regulaciones Existentes

El marco normativo de las ZBE en Ecuador está compuesto por una serie de leyes, regulaciones y políticas que buscan abordar la calidad del aire y la reducción de emisiones contaminantes. A continuación, se presentan los principales elementos del marco normativo:

3.4.1. Constitución de la República del Ecuador

La Constitución establece el derecho a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, lo que implica la obligación del Estado de garantizar condiciones para la salud y bienestar de la población.

3.4.2. Ley Orgánica de Prevención y Control Ambiental

Esta ley regula las actividades que pueden afectar el medio ambiente y establece principios para la gestión ambiental, incluyendo la calidad del aire. Promueve la creación de políticas públicas para el control de emisiones contaminantes.

3.4.3. Código Orgánico del Ambiente

Este código incluye disposiciones sobre la gestión ambiental, el manejo de recursos naturales y la protección del medio ambiente. Establece mecanismos para regular las emisiones vehiculares y fomentar el uso de tecnologías limpias.

3.4.4. Plan Nacional para la Gestión de Calidad del Aire

Este plan es una hoja de ruta que establece objetivos y estrategias para mejorar la calidad del aire en el país, incluyendo medidas específicas para implementar ZBE en áreas críticas.

3.4.5. Reglamento a la Ley Orgánica de Transporte Terrestre

Este reglamento incluye disposiciones sobre el control y regulación del transporte terrestre, promoviendo el uso de vehículos menos contaminantes y estableciendo requisitos técnicos para su operación.

3.4.6. Normas Técnicas Ecuatorianas (NTE)

Estas normas establecen límites permisibles para las emisiones vehiculares y especificaciones técnicas para los vehículos en términos de su impacto ambiental.

3.4.7. Políticas Municipales

Muchas ciudades ecuatorianas han adoptado políticas locales que promueven ZBE como parte de sus planes urbanísticos. Estas políticas pueden incluir restricciones al tráfico vehicular, incentivos para el uso del transporte público y programas educativos sobre movilidad sostenible.

3.4.8. Convenios Internacionales

Ecuador es parte de varios acuerdos internacionales relacionados con el cambio climático y la calidad del aire, como el Acuerdo de París, que influyen en las políticas nacionales sobre emisiones y sostenibilidad.

3.4.9. Estrategia Nacional de Movilidad Sostenible

Esta estrategia busca promover un sistema de transporte más eficiente y sostenible, fomentando alternativas al uso del automóvil particular y apoyando iniciativas como las ZBE.

3.4.10. Reglamentos Locales Específicos

Algunas ciudades han desarrollado reglamentos específicos que regulan las ZBE, estableciendo criterios claros sobre qué vehículos pueden circular en estas zonas, así como sanciones por incumplimiento.

Este marco normativo proporciona una base legal sólida para implementar Zonas de Bajas Emisiones en Ecuador, permitiendo a las autoridades locales adoptar medidas efectivas para mejorar la calidad del aire y promover un transporte más sostenible. Si necesitas más información o detalles sobre algún aspecto específico del marco normativo.

CAPITULO IV: OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

Diseñar una Zona de Bajas Emisiones (ZBE) en el casco urbano de Cayambe delimitada entre las calles: Calle Libertad por el norte, calle Terán por el oriente, calle Junín por el sur y calle Ascázubi por el occidente, que contribuya a la mejora de la seguridad vial, la movilidad sostenible y la reducción de emisiones contaminantes, en coherencia con la normativa nacional y las políticas de movilidad urbana sostenible.

4.2. Objetivos Específicos

- Reducir la circulación de vehículos pesados y altamente contaminantes en el casco urbano de Cayambe, con la finalidad de disminuir un 20% la contaminación del aire en el plazo de 12 meses.
- Implementar restricciones progresivas de acceso vehicular a la ZBE, con la finalidad de mejorar la movilidad urbana sostenible.
- Implementar 6.2 Km y rediseñar 2.4 km de ciclovía en calles estratégicas del área de estudio en 24 meses.
- Peatonalizar 9440 m² del área de influencia en un plazo de 24 meses.
- Desarrollar 60 campañas de sensibilización sobre la importancia del uso del transporte público y mejorar la accesibilidad y frecuencia de este en un plazo de 6 meses.
- Ejecutar 12 programas educativos dirigidos a la población sobre la importancia de la sostenibilidad y la reducción de emisiones en un plazo de 24 meses.

- Establecer estaciones de monitoreo de la calidad del aire para evaluar continuamente el impacto de las intervenciones previstas en un plazo de 48 meses.
- Optimizar las condiciones de seguridad vial en el casco urbano mediante la reducción de factores de riesgo asociados al exceso de velocidad, conflictividad vial y saturación vehicular, modernizando el sistema semafórico a sistemas inteligentes con una sala de monitoreo y control, en un periodo de 24 meses.
- Implementar un modelo de gobernanza local y participación ciudadana que asegure la aceptación social y la sostenibilidad técnica de la Zona de Bajas Emisiones.

CAPITULO V: METODOLOGÍA

La Metodología utilizada para el diseño y propuesta de implementación de la Zona de Bajas Emisiones en la ciudad de Cayambe, obedece a una mejora en la movilidad en el área comercial de la ciudad, la disminución de factores o mantenimiento de cero siniestros de tránsito y la necesidad de reducción de emisiones contaminantes; para tal efecto se consideran los siguientes factores:

5.1. Tipo de Estudio

5.1.1. Estudio Multidisciplinario de Tipo Mixto (Cuantitativo + Cualitativo)

La implementación de ZBE, requirió combinar análisis cuantitativos y cualitativos para poder determinar lo siguiente:

Cuantitativos:

Se realizó un análisis de calidad del aire, mediante el seguimiento de la página web AccuWeather, para determinar el estado de la calidad del aire, emisiones contaminantes y movilidad, conforme el numeral 5.6 Evaluación de Calidad de Aire y Emisiones Actuales.

Se realizó mediciones de volúmenes de tráfico mediante aforos vehiculares in situ, en los 4 ingresos a la ZBE, conforme el numeral 5.8 Indicadores de Evaluaciones de la ZBE.

Se realizó encuestas de percepción sobre la implementación de una ZBE para la seguridad vial y sostenibilidad en el casco urbano de Cayambe (Zona comercial) de manera digital, mediante la herramienta Google Forms; la encuesta consta de 19 preguntas, 7 con respuestas de opción múltiple, 6 preguntas con escala de valoración y 9 preguntas cerradas; se distribuyó mediante la aplicación de Whatsapp a la población objetivo durante 7 días, que fueron desde el 18 de

noviembre hasta el 25 de noviembre de 2025, con 419 interacciones, de las cuales 386 fueron validas, con lo que se cumplió el tamaño de la muestra calculada (381). De los resultados se obtuvo información valiosa para determinar indicadores de deseo de viaje, percepción de la población sobre la aceptación o negativa de la implementación de la ZBE, tipo de medio de transporte, percepción de la población sobre la calidad de aire, la percepción sobre seguridad vial, consideraciones de la infraestructura vial y principales problemas de movilidad.

El detalle de preguntas planteadas se muestra en el anexo 1 del presente documento, así mismo, los gráficos tabulados de las respuestas constan en el anexo 2.

Se realizaron las consultas respectivas de datos de siniestros viales y seguridad al ente de control EPMM-C, determinando que, en el periodo de enero a octubre de 2025, no existieron siniestros de tránsito registrados en la zona delimitada.

Cualitativos:

Se realizaron análisis de percepción ciudadana, viabilidad legislativa y social, para lo cual se consideró:

- Entrevistas semiestructuradas a actores clave (comerciantes, propietarios, transportistas).
- Encuesta digital conforme al capítulo VI, para determinar la percepción de residentes y usuarios de la zona.
- Revisión del marco legislativo, planes urbanos y experiencias previas.

5.1.2. Enfoque Evaluativo y de Planificación Urbana

Para el desarrollo del proyecto, se realizó un diagnóstico del área a intervenir, la delimitación de esta, considerando los factores determinados en el numeral 5.5.1, un modelado a través de herramientas web (Google maps), Auto-CAD, análisis de políticas públicas y evaluación

de impacto en el área, según lo contemplado en el numeral 9.2 Evaluación de la Probabilidad e Impacto.

5.2. Diseño Metodológico.

5.2.1. Diseño no Experimental

Al existir políticas y lugares que cuentan con ZBE, se optó por analizar las experiencias ya existentes, incorporando el análisis de las ciudades que cuentan con ZBE exitosas, para lo cual se consideró las siguientes fases:

5.2.1.1. Fases del Diseño

1. Diagnóstico inicial

- Se realizó un conteo vehicular conforme el numeral 5.8.2 Reducción de Congestión Vehicular, para identificar el tráfico vehicular, emisiones contaminantes, calidad del aire y patrones de movilidad.
- Análisis de accesibilidad y actividad económica, conforme el detalle de la Figura XX: Inversión total proyectada.

2. Definición del área y restricciones

- Delimitación geográfica, con un análisis de restricción vehicular de aproximadamente 36172 vehículos por día que circulan por el casco urbano de la ciudad de Cayambe.

3. Plan de implementación

- Se considera la mejora de la señalización, comunicación con la ciudadanía, control de accesos y normativa vigente.

4. Evaluación ex-post

Se realizará mediante comparación de indicadores iniciales y posteriores y análisis de percepción social.

5.3. Determinación de Instrumentos de Obtención de Datos.

Con el fin de mejorar la seguridad vial, y control de accesos a la ZBE, se requiere de los siguientes instrumentos de control:

5.3.1. *Instrumentos tecnológicos*

- Sensores de calidad de aire.
- Cámaras analíticas para reconocimiento de matrículas.
- Dispositivos para control de movilidad (semáforos inteligentes, y centrales de monitoreo).

5.3.2. *Instrumentos sociales*

- Encuestas digitales y presenciales.
- Formularios de percepción del impacto en comercio y residentes.

5.4. Parámetros de delimitación de la ZBE

Para la delimitación de la zona de bajas emisiones en la ciudad de Cayambe se consideraron lo siguientes parámetros:

1. Alta concentración de contaminantes

Se evidenció que la ciudad de Cayambe cuenta con un Índice de Calidad de Aire malo, según el análisis descrito en el numeral 5.6.4 Mediciones de Calidad del Aire en la Ciudad de Cayambe.

2. Alta densidad de tráfico motorizado

El casco central de la ciudad de Cayambe presenta conflictos viales en horas pico, calles congestionadas, cruces críticos, irrespeto a zonas peatonales y ciclovía.

3. Alta densidad poblacional y vulnerabilidad

Áreas con población expuesta, centros educativos.

4. Disponibilidad de alternativas de movilidad sostenible

La ZBE cuenta con transporte público suficiente, buena conectividad peatonal y ciclistica.

5. Viabilidad técnica y económica

La ciudad de Cayambe cuenta con presupuesto para inversión en control de accesos, espacio para señalización.

6. Coherencia con el plan de movilidad sustentable

El Cantón Cayambe cuenta con un Plan de Movilidad Sustentable del 2017, por lo que la integración con planes de movilidad sostenible futuros y planificación de infraestructuras, permiten la viabilidad y materialización del proyecto.

7. Impacto socioeconómico equilibrado

El casco urbano de la ciudad de Cayambe no cuenta con una extensa infraestructura de viviendas, su enfoque está dispuesto como una zona comercial, lo que minimizará efectos negativos en viviendas y logística.

Conforme la tabla 3, se considera viable la implementación de una ZBE en la zona delimitada, por existir bajo impacto residencial.

Tabla 3 Infraestructura privada y pública casco urbano Cayambe

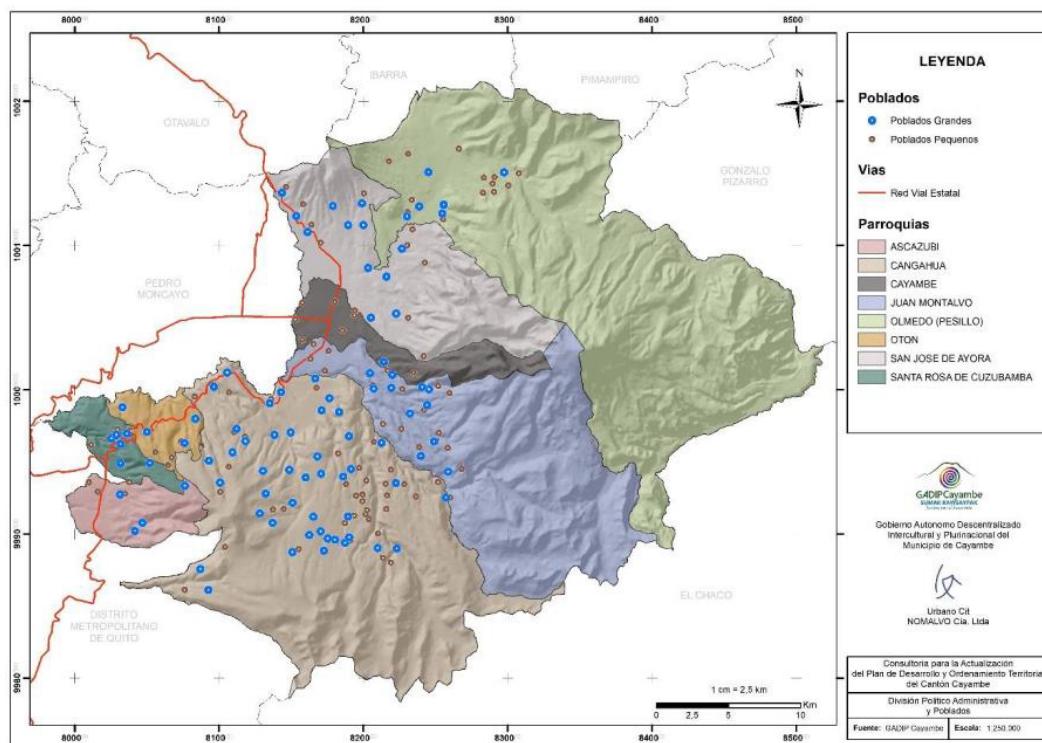
Estacionamientos privados	30 plazas
Estacionamientos públicos	74 plazas
Locales comerciales	117
Residencias con parqueadero	6
Instituciones bancarias	2
Instituciones públicas	3

Fuente: Elaboración propia

5.5. Definición del Área Geográfica

La ciudad de Cayambe, también conocida como San Pedro de Cayambe, es una ciudad ecuatoriana, cabecera del Cantón Cayambe, es el tercer cantón más grande y poblado de la provincia de Pichincha con una población urbana de 44.559 habitantes y cantonal de 105.267 habitantes (INEC, 2025). Está situada al norte de la región andina de Ecuador, en la hoya del río Guayllabamba. Se encuentra en las faldas del volcán Cayambe, y está atravesada por varios ríos, incluyendo el Granobles, el Puluví y el Blanco. Su altitud es de 2830 metros sobre el nivel del mar, y su clima promedio es de 14 °C, un clima andino templado; un dato curioso es que la línea ecuatorial (también conocida como el paralelo 0°) pasa por el sur de Cayambe, es reconocida por su importancia agrícola, su diversidad cultural y su dinamismo comercial. Su casco central concentra gran parte de las actividades económicas, sociales y culturales, atrayendo una alta afluencia de habitantes y visitantes.

Figura 7 División político administrativo y poblados del cantón Cayambe



Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Cayambe 2020 – 2030

5.5.1. Delimitación de la Zona de Bajas Emisiones

La congestión vehicular se centra entre las calles: Libertad por el norte, Terán por el oriente, Junín por el sur y Ascázubi por el occidente, debido a la concentración de actividades económicas que se articulan en esta área de conflicto delimitada en la figura 8.

Figura 8 Área delimitada para la implementación de la ZBE



Fuente: Elaboración propia

5.6. Evaluación de la Calidad del Aire y Emisiones Actuales

La calidad del aire está caracterizada por la condición o pureza del aire que respiramos, determinada por la cantidad de contaminantes presentes, tanto en partículas como en gases. Esta calidad es esencial para la salud pública y el bienestar de la sociedad, ya que la presencia de diversos contaminantes puede representar un riesgo nocivo sobre la salud humana y el medio

ambiente. Además, la calidad del aire refiere al grado de toxinas y polución atmosférica en una zona determinada.

5.6.1. Factores que Influyen en la Calidad del Aire

Muchos factores influyen en la calidad del aire, actividades industriales, generación de energía eléctrica, emisiones vehiculares y prácticamente todos los ligados al consumo de combustibles fósiles, las diminutas partículas en suspensión (PM2.5 y PM10), el humo generado con incendios de desechos o los ligados a incendios forestales repercuten en tipo de aire que circula en el ambiente.

Se debe analizar además que, la contaminación no es momentánea, sino que la misma permanece en la atmósfera por un periodo de hasta 10 años, lo que profundiza además el sobrecalentamiento global, por lo que es imprescindible contar con soluciones enfocadas a largo plazo, esto comprende un compromiso social y una apuesta a la movilidad sostenible aprovechando los beneficios de las tecnologías limpias para poder reducir individualmente la huella de carbono; la preservación de los espacios verdes resultarán de gran utilidad para minimizar o revertir los efectos de la contaminación del aire.

5.6.2. Medición y Estándares

A la hora de medir la calidad del aire en una zona específica, se evalúa las partículas totales en suspensión, por lo general se miden partículas de dióxido de nitrógeno (NO₂), ozono (O₃), monóxido de azufre (SO) y de dióxido de carbono (CO₂); al momento de realizar el cálculo del Índice de Calidad del Aire (ICA), se informará el grado de contaminación o de pureza que

presenta el aire en la zona de medición, el análisis de los datos de la medición se presentan en una escala que inicia desde cero hasta quinientos, un resultado superior a cien se interpreta como escasamente saludable, mientras que el aire más seguro entra en la categoría de 50 o menos.

Actualmente, no existen una categorización de los instrumentos y equipamientos adecuados para la recopilación de información, por lo que es necesario que a nivel internacional se establezcan políticas respecto a instrumentos de medición del ICA, así como es recomendable que se incrementen la cantidad de estaciones de monitoreo logrando de esta manera una mejor analítica respecto de la realidad de la calidad del aire a nivel global.

5.6.3. *Repercusión de la Calidad del Aire en el Medio Ambiente y en la Población*

Los proyectos dirigidos a lograr la máxima calidad del aire son de gran importancia y debería ser un tema primordial para el estado ecuatoriano, porque de ello dependen en gran parte el estado de salud de los miembros de una comunidad, la preservación de flora y fauna y la realidad económica de un país, debido a que resultará en un problema de salud pública el incremento de patologías de salud respiratoria ligadas a la contaminación del aire, incrementándose la posibilidad de sufrir infecciones respiratorias, crisis de asma, alergias, etc. y hasta algunos tipos de cáncer asociados a la exposición prolongada a una mala o baja calidad del aire; esta problemática, además, afecta a la productividad laboral ocasionando también pérdidas económicas.

5.6.4. *Mediciones de Calidad del Aire en la Ciudad de Cayambe*

Actualmente el Índice de Calidad del Aire en la ciudad de Cayambe se encuentra establecido conforme el siguiente detalle:

Figura 9 *Mediciones de Calidad del Aire en la ciudad de Cayambe*

CONTAMINANTES	NO2	PM 2,5	PM10	O3
HORARIOS				
12am -06am	38.92421346	46.18462764	26.289327	9.3516129
06am - 12pm	50.43851055	47.30581442	27.539427	9.5827957
12pm - 06pm	50.42803664	50.73193947	28.529032	9.4096376
06pm - 12am	36.75599363	46.29872561	26.317762	8.9610115

Fuente: Elaboración propia.

5.6.5. *Identificación de Medios de Transporte Alternativos*

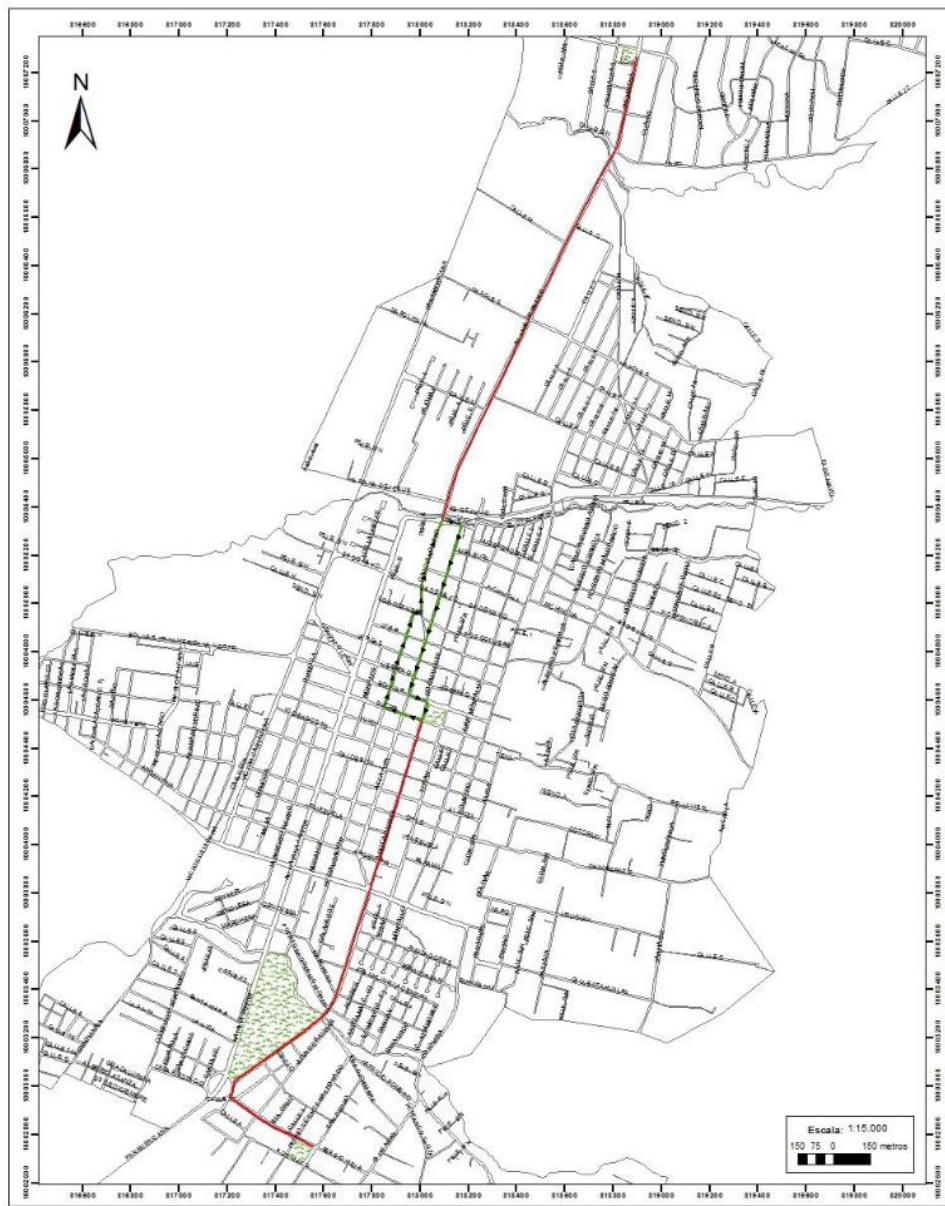
El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático -IPCC nos recuerda que debemos reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) al menos en un 40 % para el año 2030 si queremos limitar el aumento de la temperatura global a 1,5 °C: del análisis realizado por el IPCC se establece que el sector del transporte es la principal fuente de emisiones de GEI en América Latina y el Caribe (ALC); representa casi el 39 % de las emisiones totales. Al tratarse de una región donde el 80 % de los habitantes vive en ciudades, este sector también constituye una fuente de contaminación y ocasiona problemas de salud (IPCC, 2025).

Parte de la iniciativa de la implementación de una Zona de bajas Emisiones en la ciudad de Cayambe es incentivar el uso de transportes alternativos al uso del vehículo particular privado por

lo que se ha identificado al transporte público como principal aliado en la reducción de fuentes vehiculares contaminantes, además que será el único medio de transporte a combustión autorizado para circular habitualmente dentro de la ZBE, logrando de esta manera la reducción de tiempos de traslado y congestión vehicular.

Para cumplir con este propósito es imprescindible contar con una ciclo-infraestructura acorde a las normativas vigentes, por lo que se considera establecer una reingeniería en la ruta existente, además de implementar nuevos trazados que satisfagan las necesidades ciudadanas, considerando las siguientes mejoras:

Figura 10 Trazado Actual de la Ciclo ruta



Fuente: Plan de Movilidad Sustentable del Cantón Cayambe. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Canton Cayambe 2020-2030, 2020)

5.6.5.1. Propuesta de Trazado de la Ciclo-infraestructura

Implementar 6.2 Km y rediseñar 2.4 km de ciclovía en calles estratégicas del área de estudio en 24 meses, como se muestra en la figura 11.

Figura 11 Propuesta de Trazado de la Ciclo-infraestructura



Fuente: Elaboración propia.

Nomenclatura:

1. Lila: Área de análisis
2. Verde: ciclo-infraestructura propuesta
3. Amarillo: Ciclo-infraestructura actual

Al ser la ciudad de Cayambe una ciudad relativamente pequeña, se ha identificado a la bicicleta eléctrica como un medio de micro movilidad para trayectos cortos, siendo un medio eficiente y sostenible con cero niveles de emisiones contaminantes, ideal para trayectos urbanos de corta distancia y permisibles en la ZBE delimitada en el presente documento, actualmente se las identifica como bicicletas e-bikes resaltando que es la combinación del ejercicio físico con asistencia eléctrica. El scooter emerge también como una solución similar a la de la bicicleta eléctrica y que ha tenido gran acogida en la sociedad, sin embargo, se debe considerar y clasificar la diferenciación del scooter para no vincularlos a motos eléctricas, siendo esto último un tipo de vehículo no normado por las autoridades nacionales de control.

5.7. Desarrollo de una Estrategia de Comunicación y Participación Ciudadana

Para el éxito de la implementación de la Zona de bajas Emisiones en la ciudad de Cayambe es necesaria la participación ciudadana en todas las etapas de la implementación, considerando que la efectividad de estas zonas depende no solo de la infraestructura y de las regulaciones establecidas al respecto, sino también del apoyo y la colaboración activa de la ciudadanía. Este apartado se enfoca en las estrategias y acciones necesarias para asegurar una participación ciudadana efectiva, garantizando la inclusión de estos en el diseño e implementación de la ZBE.

La participación ciudadana efectiva para la implementación de la ZBE debe ser integral, buscando involucrar a la comunidad mediante diversos mecanismos y canales, este enfoque abarca:

- Identificar a todos los grupos de interés relevantes, tales como residentes, comerciantes, asociaciones ciudadanas, entidades gubernamentales y grupos vulnerables; esta identificación nos permitirá ayudar a adecuar los métodos de comunicación y participación según las necesidades de cada grupo.
- Utilizar tanto los canales digitales como presenciales nos permitirá abarcar la mayor cantidad de participantes, por lo que se emplearán medios de difusión en plataformas web, redes sociales, correos electrónicos, webinars, y talleres, así como eventos informativos y consultas públicas en los barrios involucrados.

5.7.1. Planificación de Actividades de Participación

Las actividades de participación ciudadana son clave para lograr una aceptación del proyecto de implementación de la ZBE por lo que se deben considerar los siguientes parámetros:

- Talleres Participativos: por cualquier medio que se los difunda, estos talleres favorecen el diálogo directo con la comunidad; esto con el objetivo de adaptar la ZBE a las necesidades de la comunidad.
- Encuestas y Entrevistas: las mismas tienen el objeto de proporcionar datos valiosos sobre la percepción comunitaria al proyecto, preocupaciones y sobre todo conocer qué expectativas tienen sobre la ZBE.
- Foros y reuniones con partes interesadas: Parte de las estrategias fundamentales es

identificar a las partes interesadas, y trabajar de manera cercana sobre sus necesidades, permitiéndonos tener una mejor aceptación de la ZBE adaptada eficientemente a sus requerimientos.

5.7.2. Cronograma de Acciones

Todo el proceso de comunicación y participación ciudadana debe ser minuciosamente detallado y programado, esto permitirá garantizar la aceptación al proyecto de implementación de la ZBE, para tal efecto se considerará:

- Fases de Participación: Se iniciará con un plan de sensibilización sobre la problemática que genera la contaminación ambiental y acústica en el centro de la ciudad de Cayambe, continuando con un diseño participativo de la ZBE en la cual se acogerán ideas sobre paradas de autobuses, estacionamientos de bicis, delimitación de calles y parterres, y finalmente siendo parte de la comitiva y directorio de aprobación de la ordenanza de la implementación de la ZBE, cada fase necesita metas definidas, acciones cruciales y plazos establecidos.
- Hitos clave y eventos: La aceptación ciudadana tiene por objeto la inclusión de la misma en todas las etapas de socialización, difusión, aprobación e implementación de la ZBE, por lo que resulta primordial efectuar eventos memorables para la ciudadanía, tales como la presentación de la propuesta, el lanzamiento del proyecto y la inauguración de la obra, manteniendo de esta manera el interés en el proyecto.

5.8. Indicadores de Evaluación Zonas de Bajas Emisiones

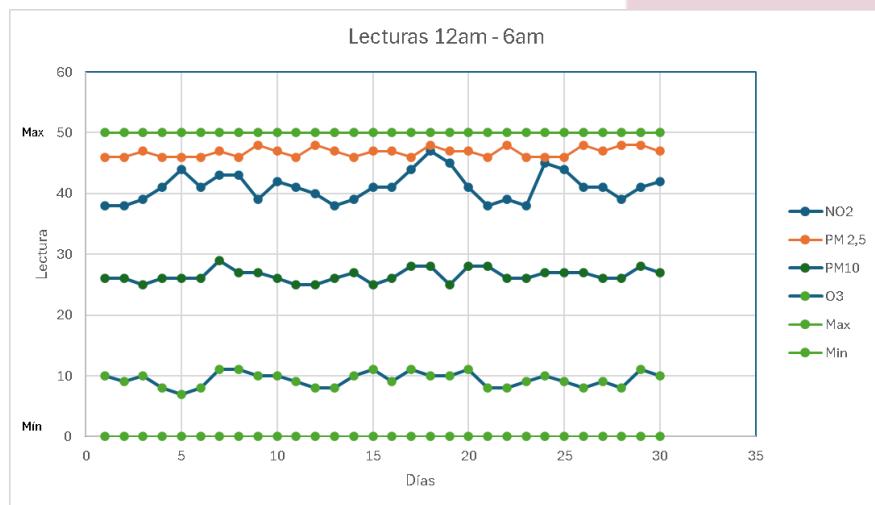
Para determinar el impacto real de la implementación de la Zona de Bajas Emisiones (ZBE) en la ciudad de Cayambe, es necesario considerar la reducción de emisiones contaminantes, congestión vehicular; además se considerará la aceptación ciudadana como un indicador del éxito del proyecto. Para tal efecto se consideran los siguientes parámetros:

5.8.1. Reducción de Emisiones Contaminantes

Se miden en la disminución de materiales contaminante NO₂, PM 2.5, PM10 y O₃ dentro de la zona de bajas emisiones, por lo que se considerarán las siguientes cifras, evaluadas a través del Índice de Calidad del Aire en el periodo de septiembre a noviembre de 2025.

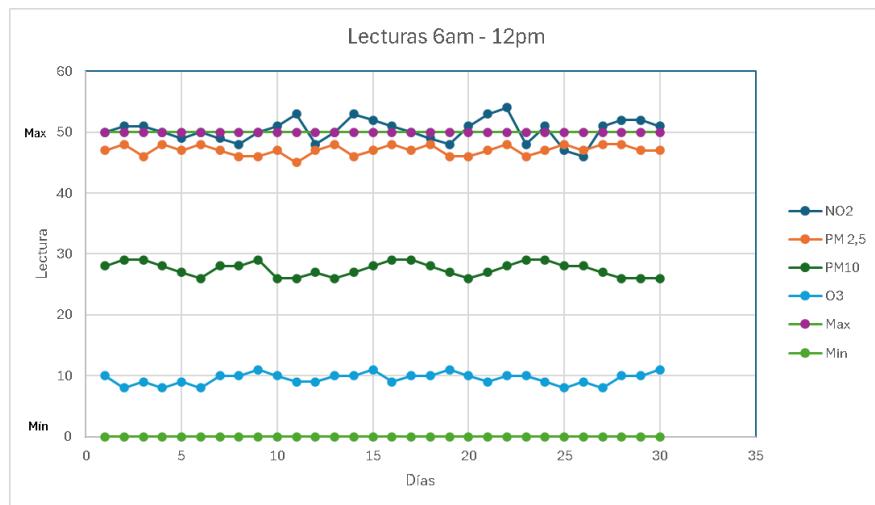
Septiembre 2025

Figura 12 Medición del Índice de Calidad del Aire septiembre 12am-6am



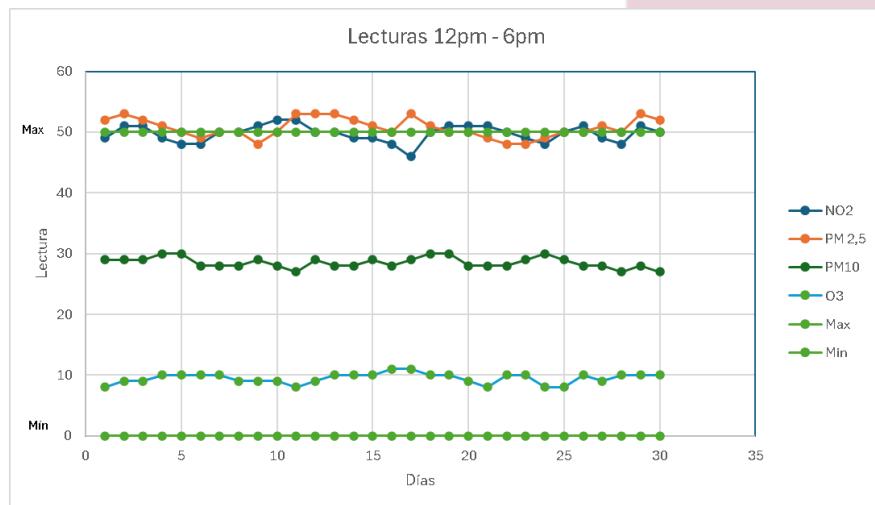
Fuente: Elaboración Propia, datos obtenidos de <https://www.accuweather.com/>

Figura 13 Medición del Índice de Calidad del Aire septiembre 6am-12pm



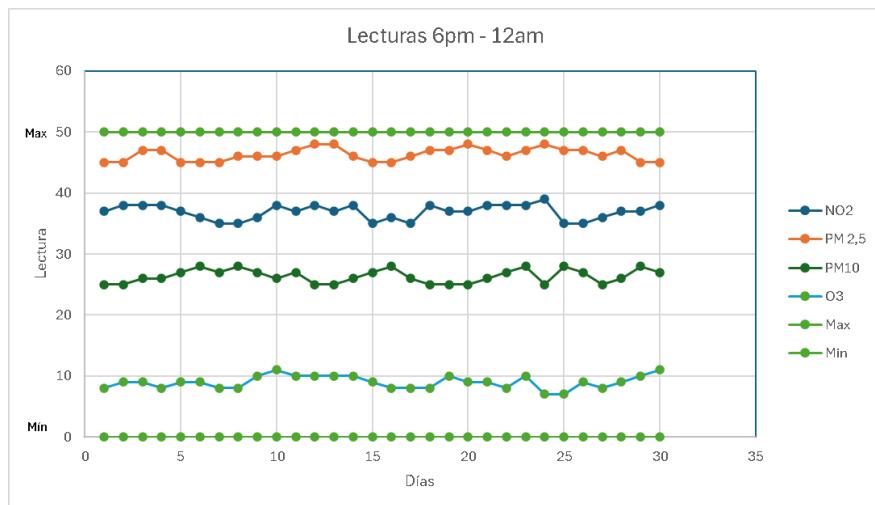
Fuente: Elaboración Propia, datos obtenidos de <https://www.accuweather.com/>

Figura 14 Medición del Índice de Calidad del Aire septiembre 12pm-6pm



Fuente: Elaboración Propia, datos obtenidos de <https://www.accuweather.com/>

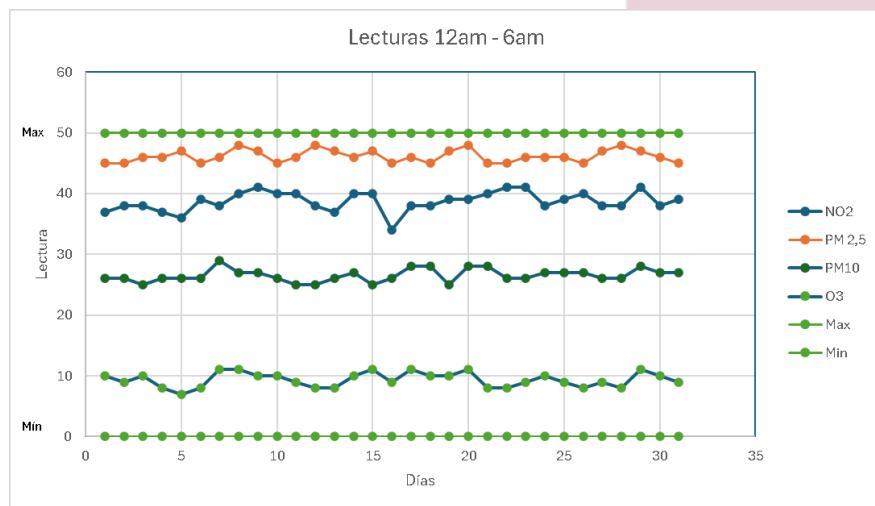
Figura 15 Medición del Índice de Calidad del Aire septiembre 6pm-12am



Fuente: Elaboración Propia, datos obtenidos de <https://www.accuweather.com/>

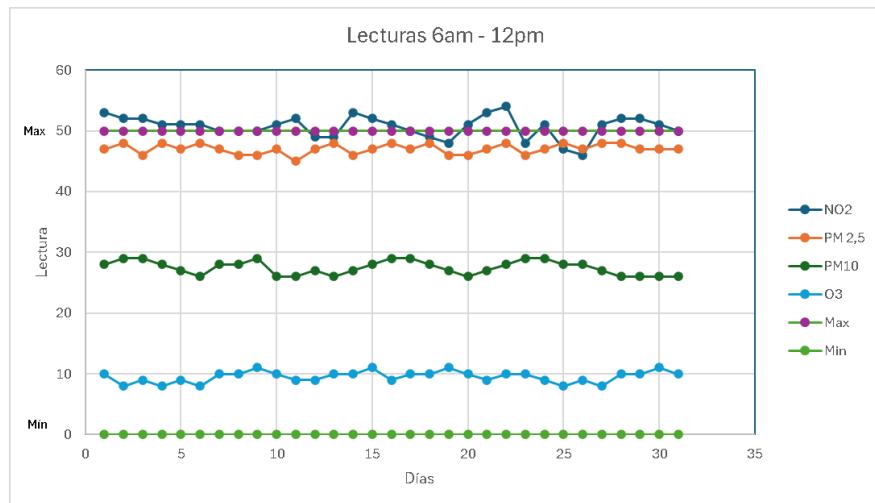
Octubre 2025

Figura 16 Medición del Índice de Calidad del Aire octubre 12am-6am



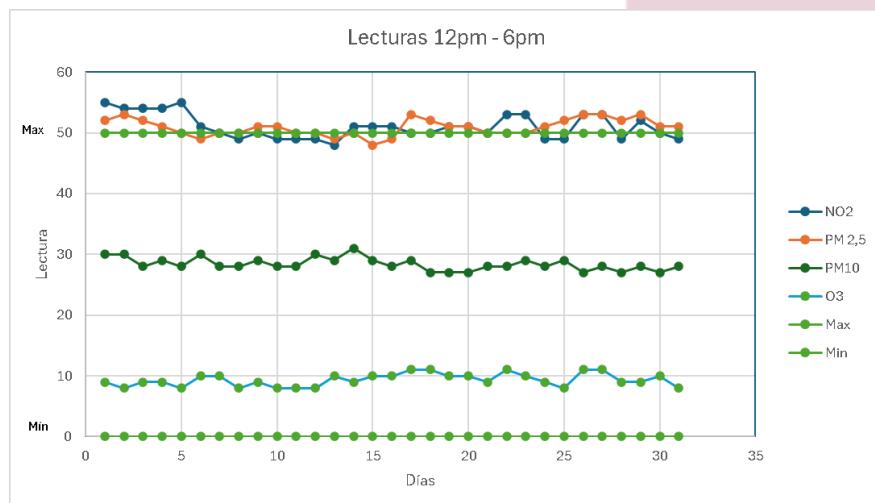
Fuente: Elaboración Propia, datos obtenidos de <https://www.accuweather.com/>

Figura 17 Medición del Índice de Calidad del Aire octubre 6am-12pm



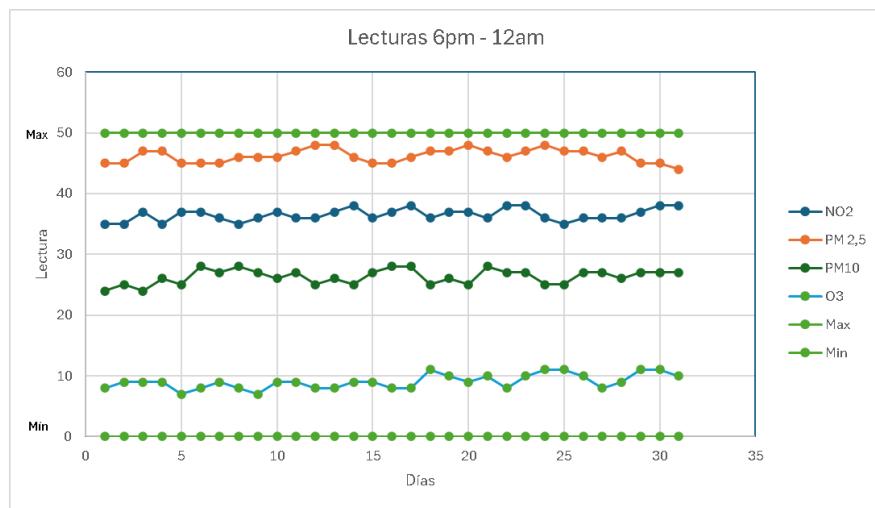
Fuente: Elaboración Propia, datos obtenidos de <https://www.accuweather.com/>

Figura 18 Medición del Índice de Calidad del Aire octubre 12pm-6am



Fuente: Elaboración Propia, datos obtenidos de <https://www.accuweather.com/>

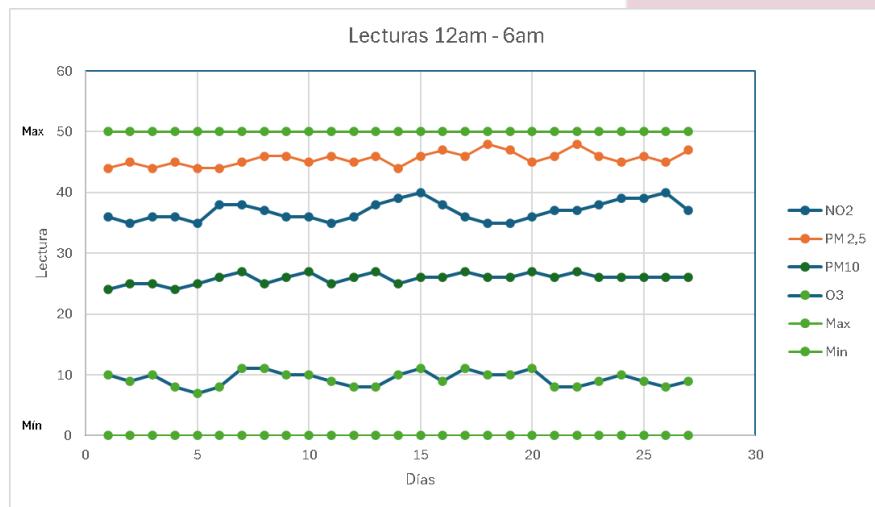
Figura 19 Medición del Índice de Calidad del Aire octubre 6pm-12am



Fuente: Elaboración Propia, datos obtenidos de <https://www.accuweather.com/>

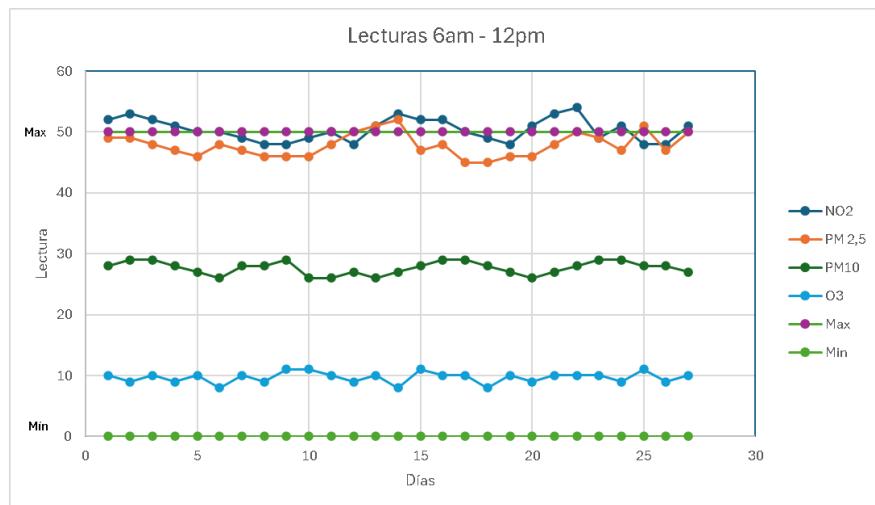
Noviembre 2025

Figura 20 Medición del Índice de Calidad del Aire noviembre 12am-6am



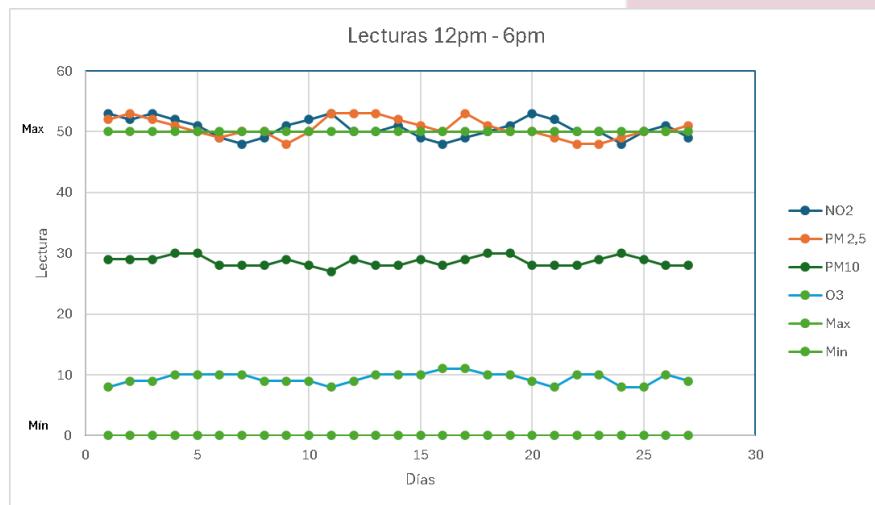
Fuente: Elaboración Propia, datos obtenidos de <https://www.accuweather.com/>

Figura 21 Medición del Índice de Calidad del Aire noviembre 6am-12pm



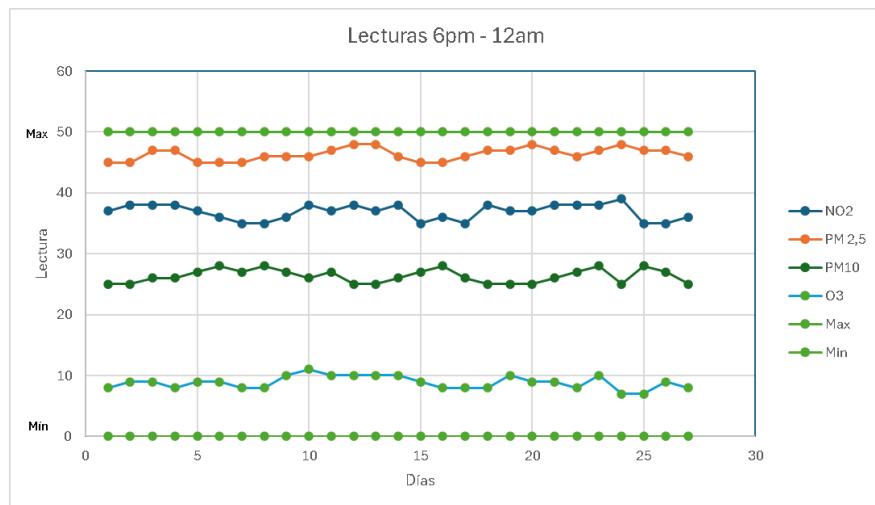
Fuente: Elaboración Propia, datos obtenidos de <https://www.accuweather.com/>

Figura 22 Medición del Índice de Calidad del Aire noviembre 12pm-6pm



Fuente: Elaboración Propia, datos obtenidos de <https://www.accuweather.com/>

Figura 23 Medición del Índice de Calidad del Aire noviembre 6pm-12am



Fuente: Elaboración Propia, datos obtenidos de <https://www.accuweather.com/>

La escala de medición de calidad del aire se clasifica de la siguiente manera (ACCUWEATHER, 2025):

Figura 24 Escala del Índice de Calidad del Aire

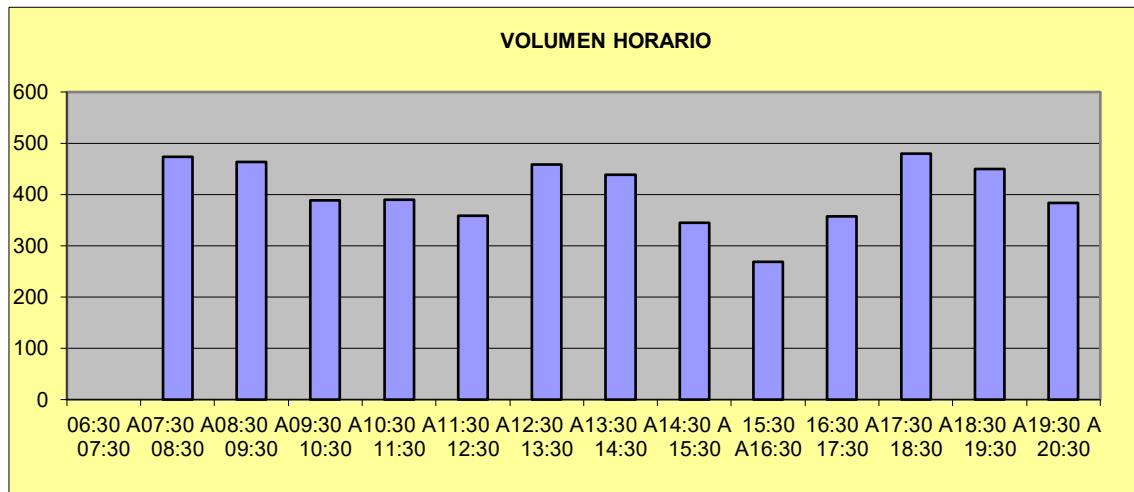
CALIDAD DEL AIRE	RANGO	CONSIDERACIÓN
Excelente	0-19	La calidad del aire es idónea para la mayoría de las personas; puede disfrutar de sus actividades al aire libre con normalidad.
Buena	20-49	La calidad del aire es generalmente aceptable para la mayoría de las personas. Sin embargo, los grupos sensibles pueden experimentar síntomas de menores a moderados por la exposición a largo plazo.
Mala	50-99	El aire ha alcanzado un nivel alto de contaminación y es poco saludable para los grupos sensibles. Reduzca el tiempo que pasa fuera si siente síntomas como dificultad para respirar o irritación de la garganta.
Poco saludable	100-149	Los grupos sensibles pueden sentir inmediatamente los efectos sobre la salud. Las personas sanas pueden experimentar dificultad para respirar e irritación de la garganta tras una exposición prolongada. Límite sus actividades al aire libre.
Muy poco saludable	150-249	Los grupos sensibles sentirán inmediatamente los efectos sobre la salud y deben evitar las actividades al aire libre. Es probable que las personas sanas experimenten dificultad para respirar e irritación de la garganta; no salga y reprograme las actividades al aire libre.
Peligrosa	250+	Cualquier exposición al aire, aunque sea por unos pocos minutos, puede provocar graves efectos en la salud de todas personas. Evite las actividades al aire libre.

Fuente: Elaboración Propia, información obtenida de <https://www.accuweather.com/>

5.8.2. Reducción de Congestión Vehicular

Actualmente la afluencia vehicular en la zona establecida en el presente proyecto, considerando la hora de mayor afluencia vehicular, se encuentra detallada en la siguiente figura:

Figura 25 Volumen vehicular en Zona de Bajas Emisiones



Fuente: Elaboración Propia

El volumen horario de máxima demanda (VHMD), se idéntica en las horas pico consideradas de 7:30 am a 8:30 am, de 12:30 pm a 1:30 pm y de 5:30 pm a 6:30 pm.

La carga vehicular que circula actualmente por la Zona de Bajas Emisiones delimitada en el presente proyecto es de 36172 vehículos día.

5.8.3. Población y Muestra

La población objeto de estudio está constituida por los habitantes del cantón Cayambe, según el dato proporcionado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos, la población total (N) es de 44 559 habitantes. El estudio se focaliza en esta población con miras a evaluar la viabilidad e impacto de la implementación de una zona de bajas emisiones.

5.8.3.1. Cálculo del Tamaño de la Muestra.

Para determinar el tamaño de la muestra se utiliza la fórmula para poblaciones finitas, considerando un muestreo probabilístico. Se adoptan parámetros estándar en investigaciones sociales:

- Nivel de confianza: 95% → $Z = 1,96$
- Margen de error: 5% → $e = 0,05$
- Proporción esperada: $p = 0,5$
- Población total: $N = 44\,559$

1. Tamaño preliminar para población infinita:

$$n_0 = (Z^2 * p(1-p)) / e^2$$

$$n_0 = 384,16$$

2. Corrección por población finita:

$$n = (N * n_0) / (N + n_0 - 1)$$

$$n \approx 381,03$$

Para una población de 44 559 habitantes, con 95% de confianza y 5% de error, la muestra mínima es de 381 personas.

5.8.4. Aceptación ciudadana

Con la finalidad de medir la aceptación ciudadana se establecieron formatos de encuestas, los mismos que consideran una evaluación inicial de la necesidad ciudadana en lo que respecta a la aceptación o no de mejoras de movilidad y reducción de emisiones contaminantes en la zona financiera de la ciudad de Cayambe, encuestas que se repetirán periódicamente con el objeto de

medir la aceptación ciudadana, y de ser el caso considerar los correctivos necesarios para el éxito de la implementación de la Zona de Bajas Emisiones; detallando las siguientes preguntas:

1. ¿Con qué frecuencia circula/usa la zona comercial de Cayambe?
2. ¿Cuál es su principal propósito cuando circula por la zona comercial de Cayambe?
3. ¿Con qué medio de transporte se desplaza con mayor frecuencia en el casco urbano?
4. ¿cómo calificaría la calidad del aire en el casco urbano de Cayambe?
5. ¿cómo percibe la seguridad vial en el casco urbano?
6. ¿Ha sufrido o conoce algún siniestro (accidente) en el casco urbano en los últimos 2 años?
7. ¿Considera que las infraestructuras actuales (aceras, señalización, iluminación, ciclovías) son suficientes y seguras?
8. ¿Cuáles cree que son los principales problemas de movilidad en la zona comercial de Cayambe?

CAPÍTULO VI. ANÁLISIS DE STAKEHOLDERS

El término “Stakeholders” que traducido al español significa “Partes Interesadas”, es una estrategia de Responsabilidad Social Empresarial (RSE) que debe ser concordante con la estrategia del negocio y sea medible y sistemática (Andrea Paola Acuña, 2012). En este sentido consideramos que, todo proyecto que pretenda ser sostenible debe realizar una clasificación y análisis exhaustivo de los diferentes tipos de actores que van a intervenir durante las diferentes etapas de ejecución del proyecto, tanto públicos, privados, comunitarios y técnicos.

6.1. Identificación de Grupos de Interés

Como ya mencionamos, la identificación de los grupos de interés es uno de los pilares fundamentales de cualquier intervención urbana que pretenda ser sostenible, legítima y eficaz, como es el caso de la Zona de Bajas Emisiones que se propone implementar en el casco urbano de Cayambe, para lograrlo, se va a realizar una clasificación que contempla actores públicos privados, comunitarios y técnicos, distinguiendo entre quienes tienen poder de decisión, quienes son afectados directamente y quienes pueden influir en la aceptación social del proyecto.

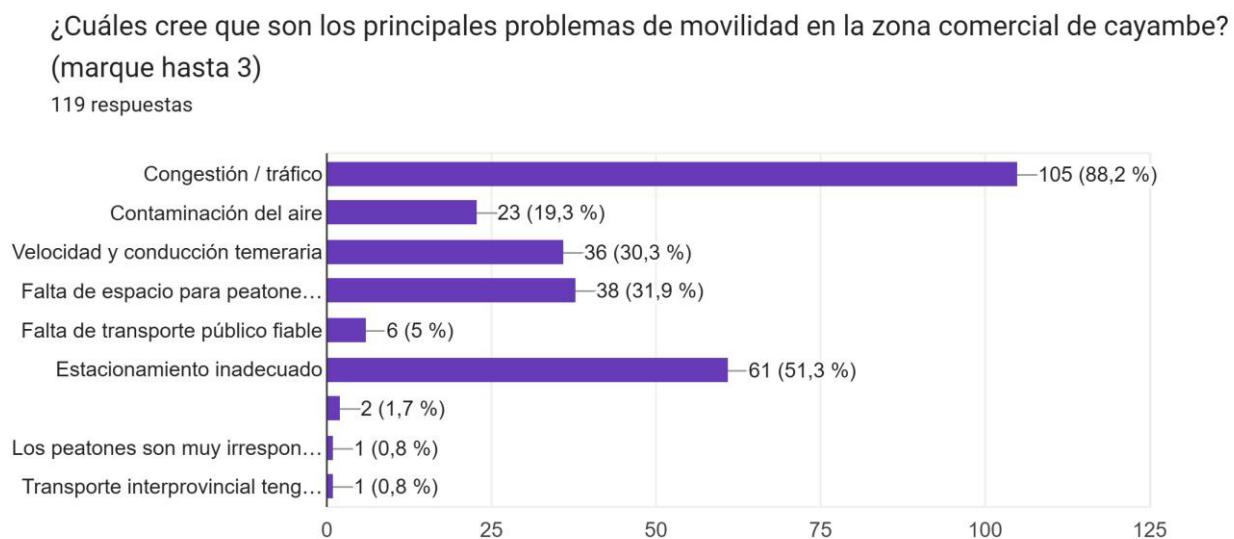
6.1.1. *Actores Institucionales y Normativos:*

- GAD Municipal de Cayambe. - Conformado por la Alcaldía y el Concejo Municipal, quienes son los responsables de la planificación urbana, ordenanzas municipales y ejecución de políticas locales, son actores clave para la aprobación y financiamiento de la implementación de la ZBE.
- El Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), tiene un rol técnico y

normativo respecto a calidad del aire y normativa ambiental, nos aportará criterios de evaluación de impactos y monitoreo sobre este importante tema.

- Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP) y Agencia Nacional de Tránsito (ANT), estas entidades son los encargados de diseñar planes y programas en materia de movilidad y de seguridad vial, son actores relevantes en normativas complementarias como son la imposición de límites de velocidad, señalización, homologación, etc.
- Las Fuerzas de control como Policía Nacional y Agentes Civiles de Tránsito, son actores clave que nos ayudan a la fiscalización y cumplimiento de la normativa en campo, su accionar es crítico para la fase de aplicación y para garantizar seguridad vial.

Figura 26 Principales problemas de movilidad percibidos por la sociedad



Fuente: Elaboración Propia

De la encuesta realizada a actores clave, obtenemos que, un 88,2% del total de encuestados, coinciden que el principal problema de movilidad que se aprecia en la zona comercial de Cayambe es la congestión/tráfico, seguido de un 51,3% que indica que no existen zonas de estacionamiento adecuado. Se mencionan otros indicadores, como la falta de espacio para peatones, con un 31,9%, la velocidad y conducción temeraria con un 30,3% y la contaminación ambiental, con un 19,3%.

6.1.2. Actores Operativos y de Movilidad

- Operadores de transporte público, comercial y por cuenta propia, son grupos con alta

exposición ante limitaciones de acceso y cambios tarifarios, se consideran en la adaptación y coordinación, son fundamentales para ofrecer alternativas de movilidad; además, su opinión influye en la viabilidad económica del tránsito alternativo.

- Empresas de transporte de carga y logística, que van a verse afectadas por restricciones de acceso y horarios, los mismos requieren medidas de transición y soluciones de última milla para disminuir los efectos de implementación.

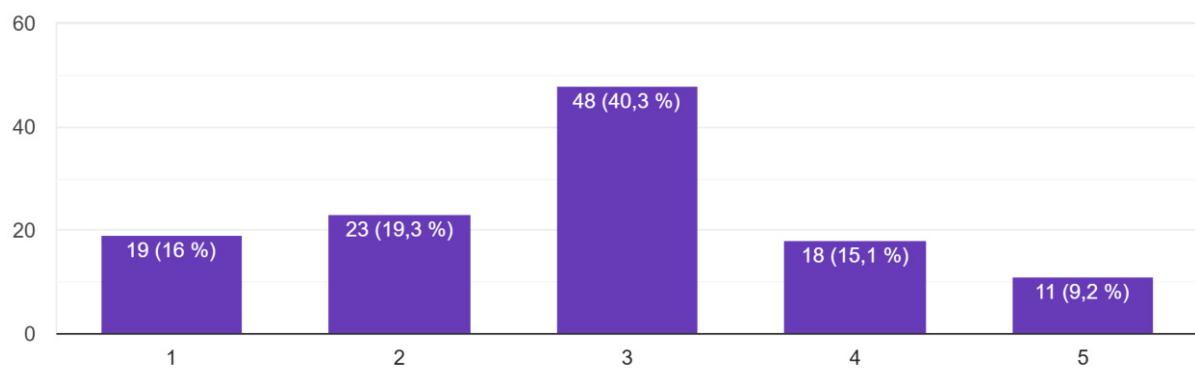
6.1.3. Comunidad y Usuarios

- Residentes de la zona, se incluye pobladores empadronados y propietarios. Su percepción sobre la calidad del aire y la seguridad es decisiva para la legitimidad del proyecto.

Figura 27 Percepción de los residentes de la zona sobre la calidad de aire en el casco urbano de Cayambe.

En una escala del 1 al 5, ¿cómo calificaría la calidad del aire en el casco urbano de Cayambe? (1 = Muy buena, 5 = Muy mala)

119 respuestas



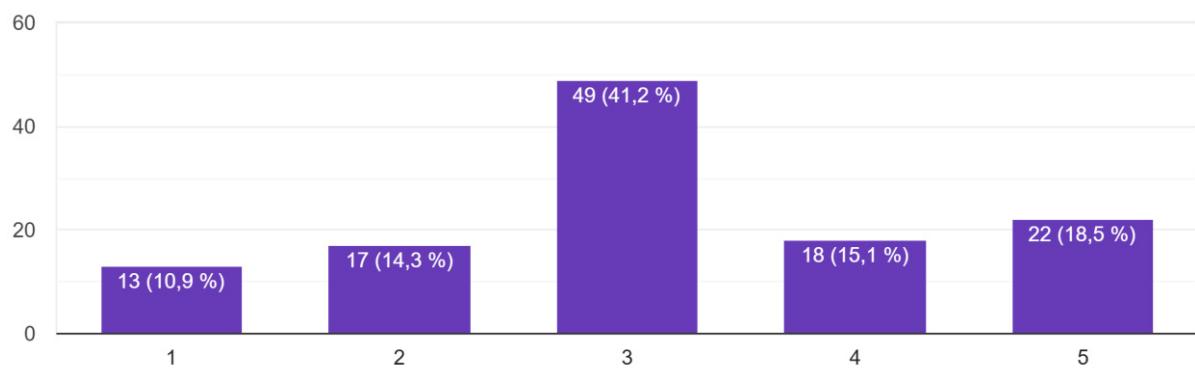
Fuente: Elaboración propia

De la encuesta realizada a actores clave, obtenemos que un 40,3% de los encuestados considera que la calidad de aire en el casco urbano de Cayambe se encuentra en un término medio entre “muy buena” y “muy mala”, sin embargo, existen indicadores que representan criterios divididos sobre esta apreciación, ya que un 16% considera que la calidad de aire es muy buena, otro 19,3% cree que la calidad de aire se encuentra en un rango bueno. Por otra parte, un 15,1% tiene la percepción de que la calidad de aire es mala y un 9,2% cree que la calidad de aire es muy mala.

Figura 28 Percepción de los residentes de la zona sobre seguridad vial en el casco urbano de Cayambe.

En una escala del 1 al 5, ¿cómo percibe la seguridad vial en el casco urbano? (1 = Muy segura, 5 = Muy insegura)

119 respuestas



Fuente: Elaboración propia

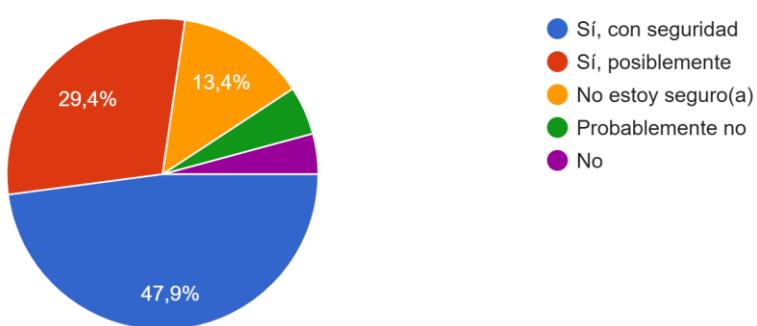
De los resultados obtenidos, se observa que, en su mayoría con un 41,2% de los encuestados, tiene la percepción de que la seguridad vial se encuentra en el punto medio del rango “muy segura” y “muy insegura”, sin embargo, existen indicadores divididos sobre la apreciación de la seguridad vial, ya que con un 10,9% los encuestados perciben que es muy segura, un 14,3% percibe que la seguridad vial es buena; pero así también, un 15,1% considera que la seguridad vial es mala y un 18,5% de los encuestados considera que la seguridad vial es muy mala.

- Comerciantes y gremios del centro histórico ya que su actividad depende del acceso y del flujo de clientes; estos generalmente son actores con elevada capacidad de influencia política a nivel municipal.
- Peatones, ciclistas y usuarios vulnerables, personas mayores o con movilidad reducida, que son los beneficiarios directos de la mejora en seguridad vial; su protección es central en los objetivos del proyecto.
- Estudiantes y centros educativos se ven afectados por rutas de transporte escolar y seguridad peatonal; podrán ser aliados en campañas educativas.

Figura 29 Percepción de la muestra poblacional sobre cambiar los hábitos de movilidad en el casco urbano de Cayambe.

¿Estaría dispuesto(a) a cambiar su forma habitual de moverse (p. ej. usar transporte público, bicicleta o caminar) si la ZBE ofreciera alternativas seguras y eficaces?

119 respuestas



Fuente: Elaboración propia

De los resultados de la encuesta, se observa que un 47,9% cambiaría sus hábitos de movilidad si la ZBE ofreciera medios de movilidad segura y eficiente, seguidos de un 29,4% que indica que “si, posiblemente” haría cambios en su manera de movilizarse. Un 13,4% indica que “no está seguro (a)”, consideramos que debido a la falta de información sobre la ZBE.

6.1.4. Actores Técnicos

- Universidades y centros de investigación, son fuentes de evaluación independiente, monitoreo y propuestas técnicas, por ejemplo, en modelación de emisiones o análisis de siniestralidad.
- Organizaciones de la sociedad civil como ONG ambientales, asociaciones de peatones o

ciclistas, que pueden actuar como vigías, facilitadores de participación o impulsores de buenas prácticas.

- Proveedores tecnológicos que aporten sistemas de monitoreo, cámaras con software de reconocimiento automático de placas o matrículas (ANPR), software de gestión y modelado de tráfico, son los responsables de la implementación técnica y mantenimiento de los sistemas de control de la ZBE.

6.1.5. Actores Financieros y de Apoyo

- Entidades financieras y donantes como bancos a través de programas de desarrollo, cooperación internacional, son potenciales fuentes de cofinanciamiento para infraestructura y programas de transición.
- Seguros y cámaras de comercio que estén interesados en la reducción del riesgo, la seguridad de mercancías y continuidad del comercio.

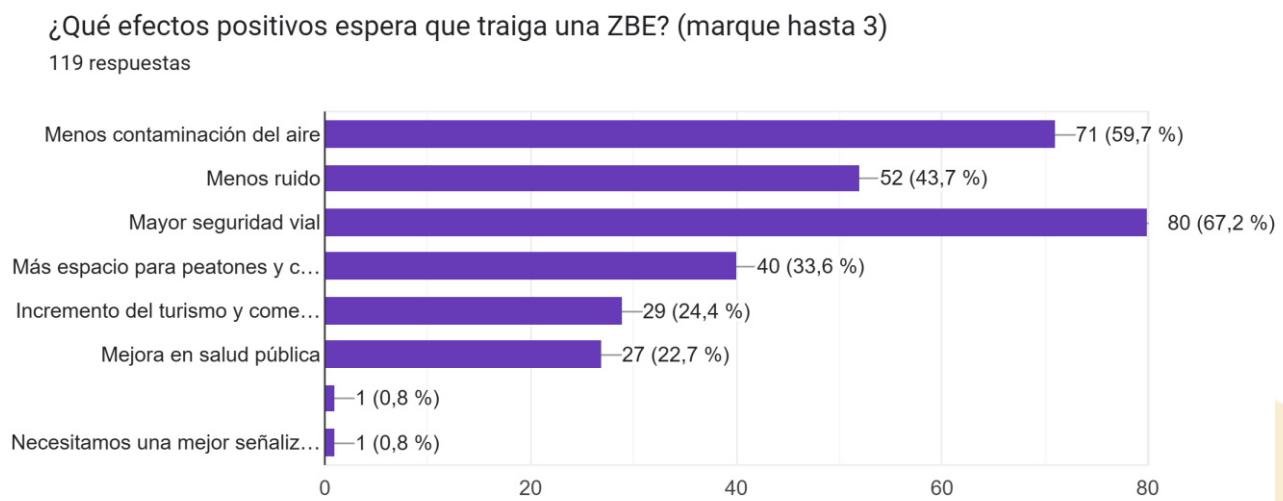
La selección que se realizó se apoya en metodologías reconocidas de identificación de stakeholders (Cornelius Mellino Sarungu, 2024), que recomiendan mapear actores por su capacidad de influencia, legitimidad y urgencia para priorizar la intervención (Mitchell, 2025). En la práctica, estos marcos facilitan decidir a quién incluir en mesas de trabajo, quién debe ser informado regularmente y quién puede bloquear o acelerar la ejecución (World Bank, 2021)

6.2. Evaluación del Impacto en la Comunidad

Analizar el impacto en la comunidad implica valorar efectos esperados, tanto positivos, así como negativos, sobre dimensiones sociales, económicas, ambientales y de seguridad vial, es por

ello que se desarrolla un análisis por ejes, con énfasis en la implementación de una ZBE en Cayambe.

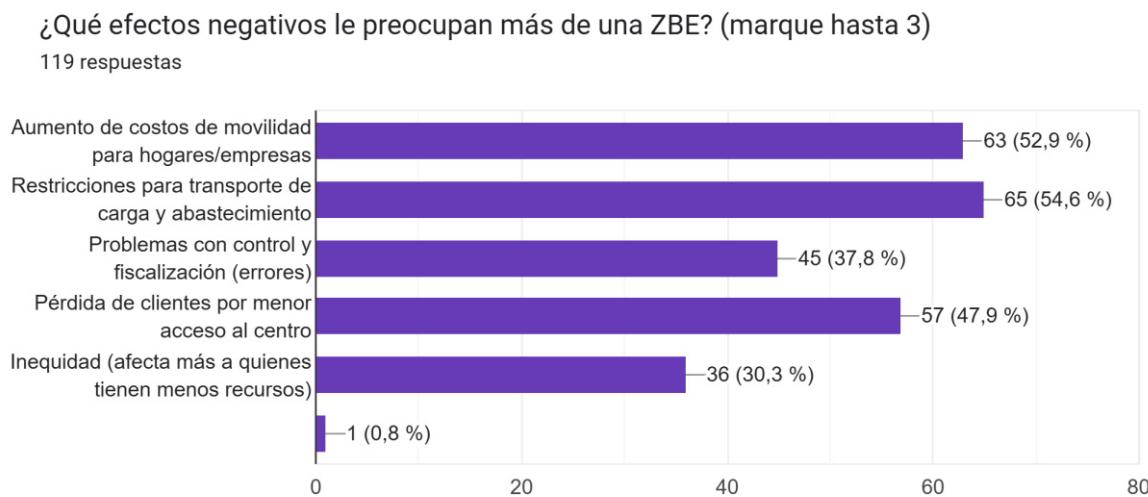
Figura 30 *Efectos favorables esperados de la implementación de la ZBE.*



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la encuesta arrojan que un 67,2% de encuestados consideran que al implementar una ZBE incrementará la seguridad vial, un 59,7% cree que disminuirá la contaminación ambiental, otro 43,7% considera que se disminuirá la contaminación por ruido excesivo; otros indicadores como “más espacio para peatones y ciclistas” tiene un 33,6% de percepción, el “incremento de turismo y comercio” tiene un 24,4%; en general la percepción de la ZBE en la población de muestra es positiva.

Figura 31 Efectos desfavorables esperados de la implementación de la ZBE.



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la encuesta arrojan que un 52,9% consideran que al implementar una ZBE incrementará los costos de movilidad para los hogares y empresa, creyendo que se encarecerán los productos, un 54,6% cree que existirán restricciones para transporte de carga y abastecimiento, afectando el flujo de productos en mercados y distribuidores, otro 37,8% considera que existirán errores en el control de la ZBE; otros indicadores como “pérdida de clientes por menor acceso al centro” tiene un 47,9% de percepción, la “inequidad (afecta más a quienes tienen menos recursos)” tiene un 30,3%; estos resultados consideramos, se atan directamente a la desinformación de la ZBE ya que se trata de la primera que se propone implementar en el país.

6.2.1. Impacto Ambiental y en Salud Pública

La restricción de circulación de vehículos altamente contaminantes en áreas céntricas habitualmente reduce la concentración de contaminantes como NO₂, PM_{2.5}, lo que se traduce en beneficios en salud respiratoria y cardiovascular de los pobladores, estudios recientes sobre efectos de low-emission zones (LEZ/ZBE) muestran reducciones medibles de emisiones locales y mejoras en indicadores de calidad del aire en el corto y mediano plazo, aunque el efecto exacto depende del tamaño, la rigurosidad de la restricción y de las medidas complementarias (Ceccato et al., 2024; GPSC, 2017). En Cayambe, la disminución de contaminantes contribuiría directamente al bienestar de grupos sensibles como lo son niños, ancianos y reduciría la carga sanitaria.

6.2.2. Impacto en Movilidad y Accesibilidad

Una ZBE bien diseñada puede incentivar el uso del transporte público, la movilidad activa y la redistribución modal, es decir, más peatones y ciclistas. Sin embargo, transiciones mal manejadas generan desplazamientos de tráfico a vías perimetrales o efectos de "desplazamiento" (traffic displacement) que requieren medidas complementarias como las llamadas park & ride, buses alimentadores. La disponibilidad de alternativas fiables como incrementar las frecuencias de buses, mejorar la seguridad peatonal, son variables críticas que condicionan la aceptación ciudadana (European Commission, 2022), la ampliación y mejora del servicio público deberá preceder o acompañar la aplicación de restricciones, para evitar perjudicar la movilidad cotidiana.

6.2.3. Impacto Económico Local

Los comerciantes del centro suelen temer pérdidas por reducción del acceso vehicular; la evidencia internacional indica que estos impactos pueden mitigarse mediante comunicación, periodos de transición y medidas de apoyo como por ejemplo las zonas de carga/descarga, flexibilidades horarias, incentivos fiscales. En Bilbao y otras ciudades europeas, la planificación incluyó oficinas de información, periodos de aviso y excepciones reguladas para minimizar efectos adversos en el comercio (ZBE Bilbao, 2024). Para Cayambe, es imprescindible estimar la dependencia del comercio en clientes motorizados y diseñar medidas de compensación temporal que faciliten el tránsito a nuevos patrones de consumo.

6.2.4. Impacto en Seguridad Vial

La reducción del tránsito motorizado y la priorización del peatón suelen disminuir la exposición y la severidad de los accidentes en áreas peatonales; además, intervenciones complementarias como calmado de tráfico, mejoras de intersecciones y señalización contribuyen a la meta de reducción de siniestros (ISO 39001; WHO road safety frameworks). Para la ZBE de Cayambe, la meta de "KSI = 0" (cero muertes y lesiones graves) implica no sólo limitar acceso de vehículos contaminantes, sino reconfigurar el espacio público para reducir conflictos entre vehículo y peatones/ciclistas y modificar comportamientos de velocidad y cortesía vial

6.2.5. Impacto Social y Equidad

Las ZBE pueden generar tensiones sociales si las restricciones afectan desproporcionadamente a grupos de menores ingresos, por ejemplo, conductores con vehículos

antiguos. Para evitar inequidades, se deben diseñar medidas de apoyo como la implementación de subsidios dirigidos, facilidades para la renovación de flota, excepciones temporales para residentes de bajos ingresos, siguiendo principios de justicia distributiva y enfoque pro-pobre en políticas de movilidad (CEPAL, 2021). Asimismo, la accesibilidad universal como rampas, pasos peatonales adecuados, etc., debe ser prioritaria para no excluir a personas con movilidad reducida.

6.2.6. Riesgos Percibidos y Confianza

La percepción ciudadana sobre la justicia y eficacia de la ZBE es determinante, la experiencia de ciudades europeas muestra que campañas de información transparentes, datos abiertos sobre calidad del aire y periodos de prueba aumentan la aceptación (GPSC, 2017; Bilbao ZBE). En Cayambe, la construcción de confianza debe ser central, divulgación de objetivos claros, plazos y mecanismos de queja o apelación.

6.3. Estrategias de Involucramiento y Participación

Una ZBE exitosa requiere más que regulación técnica; requiere participación y corresponsabilidad, a continuación, se describen estrategias concretas, escalonadas y adaptadas a la realidad local de Cayambe, basadas en guías internacionales para el compromiso comunitario y en experiencias de implementación de ZBE.

6.3.1. Principios Rectores del Proceso Participativo

- Transparencia y accesibilidad de la información, publicar datos, cronogramas y criterios de acceso con lenguaje claro. Los ciudadanos deben conocer "qué", "por qué", "cómo" y "cuándo". (World Bank, 2021).

- Inclusión y equidad, es asegurar que voces de residentes de bajos ingresos, comerciantes, personas con movilidad reducida y transportistas informales estén representadas.
- Iteración y aprendizaje, se debe usar métodos de piloto y fases (PDCA) que permitan ajustar medidas con base en evidencia. (ISO 39001 sugiere ciclos de mejora continua en gestión de seguridad vial).

6.3.2. Herramientas y Métodos de Participación

- Mesas de diálogo sectoriales plurales por tema, a través de convocatorias periódicas con representantes del GAD, comerciantes, operadores de transporte, ONG y comunidades. Estas mesas permiten negociar compensaciones, horarios de carga/descarga y medidas de transición. World Bank guidance recomienda estructuras de gobernanza multiactor.
- Audiencias públicas y consultas ciudadanas con formatos presenciales y virtuales; encuestas domiciliarias y paneles de muestra para captar percepciones y prioridades. Herramientas digitales tales como formularios, dashboards, etc, facilitan la retroalimentación constante.
- Laboratorios ciudadanos y pilotos de diseño, el instalar intervenciones temporales por ejemplo, peatonalización parcial por fines de semana, ciclovía temporal, para evaluar efectos reales antes de invertir en obra permanente. Estas pruebas tangibilizan beneficios y reducen incertidumbres, estas prácticas son recomendaciones realizadas en base a experiencias europeas de ZBE.

- Campañas educativas y de comportamiento vial, materiales para escuelas, radio local, puntos informativos en mercados y centros comerciales; formación específica para conductores profesionales, estas campañas deben incluir datos de salud y seguridad, no solo argumentos ambientales. (GPSC & WHO recommendations).

6.3.3. Mecanismos de Apoyo y Compensación

- Regímenes de excepción temporal para residentes de bajos ingresos, vehículos indispensables para actividades económicas o servicios esenciales, estas excepciones deben ser temporales, transparentes y condicionadas a planes de renovación.
- Incentivos para renovación de flota, como programas de canje de vehículos viejos por subvenciones para vehículos menos contaminantes, accesibles mediante criterios socioeconómicos, estas medidas alinean objetivos ambientales con equidad social (evidence from LEZ policy packages).

6.3.4. Gobernanza Participativa y Monitoreo

- Comité ZBE multisectorial, instancia permanente con representación municipal, MAATE, transportistas, comerciantes, academia y sociedad civil. Este comité define métricas, revisa datos y propone ajustes operativos (PDCA).
- Plataforma de datos abiertos, publicar indicadores de calidad del aire, cumplimiento de accesos y evolución del siniestro vial, la disponibilidad de datos refuerza la rendición de cuentas y facilita investigación independiente (cepa/ISO guidelines).

6.3.5. Comunicación Estratégica

- Fase previa de diagnóstico y sensibilización, difusión de problemas locales como la calidad del aire, seguridad vial, con lenguaje cercano; presentación de alternativas y beneficios claros.
- Fase de implementación, comunicación diaria sobre horarios, mapas de acceso, puntos de información y contacto para dudas, utilizar canales múltiples mediante la utilización de redes sociales, radio local, panfletos y atención en puntos estratégicos. Bilbao y otras ciudades abrieron oficinas de atención y líneas telefónicas durante la puesta en marcha; esta práctica reduce fricción y malentendidos.
- Fase de consolidación, reportes periódicos sobre impactos, emisiones, siniestros, movilidad y ajuste de medidas con la comunidad.

CAPITULO VII. SOLUCIONES PROPUESTAS

Para abordar estos problemas complejos se pueden implementar varias estrategias:

7.1. Restricción Vehicular

La iniciativa sugiere restringir la entrada en la Zona de Bajas Emisiones para aquellos vehículos que ocasionan un mayor impacto ambiental por su edad. En el caso de los coches, se contempla impedir la entrada de vehículos registrados antes del año 2000, mientras que para las motocicletas se aplicará la limitación a aquellas producidas antes del 2010, esta medida tiene como objetivo promover la modernización gradual de la flota vehicular y disminuir de manera notable las emisiones de contaminantes, como las partículas finas y los óxidos de nitrógeno. La supervisión de estas limitaciones se llevará a cabo a través de sistemas electrónicos, además de un registro gestionado por la Empresa Pública Municipal de Movilidad del Cantón Cayambe para manejar excepciones justificadas.

Se limitará la llegada de vehículos diésel que utilicen tecnologías obsoletas, o que no se alinean con normativas ambientales actuales. Este enfoque tiene como objetivo guiar las elecciones de movilidad hacia otras opciones que contaminen menos, promoviendo al mismo tiempo la incorporación de innovaciones tecnológicas en la flota vehicular local.

7.2. Horarios de Acceso a la Zona de Bajas Emisiones

En el área de trabajo las restricciones horarias funcionarán desde las 6:00 H hasta las 20:00 H. En este intervalo se implementará limitación para los vehículos que contaminen en gran medida, lo que ayudará a reducir el número de automóviles en momentos de alta congestión y movimiento

urbano. Este horario se alinea con actividades comerciales, administrativas y educativas en el centro de Cayambe, asegurando un efecto significativo en la seguridad vial y la disminución de emisiones contaminantes producida por la flota vehicular.

Para evitar interferir con las actividades económicas fundamentales, como el suministro a tiendas y servicios, se implementará horarios de accesos variables. Estos períodos estarán disponibles desde las 5:00 H hasta las 7:00 h, y a las 20:00 H hasta las 22:00 H, con la finalidad de facilitar la entrega regulada de vehículos de suministros en estos intervalos, se requiere que los vehículos cumplan con requisitos mínimos de emisiones, fomentando el uso de tecnologías más limpias para labores de carga y descarga.

Por otra parte, los habitantes del área definida podrán ingresar con sus autos a través de un sistema de registro previo y gestionado por EPMM-C. Este sistema facilitará la identificación de los vehículos que cuenten con autorización, regulará y establecerán normas para prevenir el uso excesivo de coches particulares en el área. La finalidad es de asegurar la movilidad de los residentes y adjudicar los beneficios ecológicos de esta iniciativa. Los vehículos de emergencia, incluyendo ambulancias, camiones de bomberos y patrullas, tendrán acceso ilimitado y continua a la Zona de Bajas Emisiones sin estar sujeto a restricciones de horarios ni de tipo de vehículo. Esta determinación se basa en la necesidad de proteger a la ciudadanía y asegurar una respuesta adecuada en casos de emergencia, garantizando así la operatividad de servicios. Los automóviles utilizados para carga y descarga podrán acceder a la Zona de Bajas Emisiones a través de permisos específicos y el cumplimiento de ciertos estándares ecológicos básicos. Su acceso estará restringido a los

horarios determinados para abastecimiento y se promoverá el uso de vehículos menos contaminantes para mitigar el impacto ambiental de estas actividades diarias en el entorno urbano.

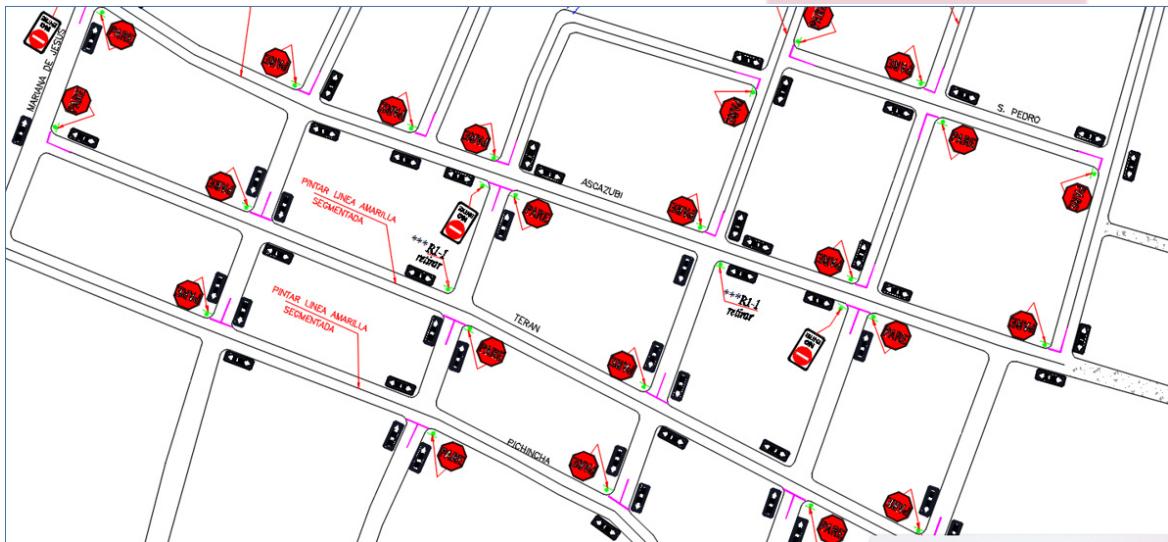
7.3. Optimización Geométrica y Modernización de la Señalización vial

Como alternativa para mejorar el tráfico en la zona de estudio, se propone un plan integral que incluye ajustes geométricos claves, actualización de la señalización y la implementación de tecnologías inteligentes para la administración del tráfico. Esta iniciativa permitirá reducir de manera efectiva a los puntos críticos detectados en el análisis de aquellos donde surgen problemas operativos debido a giros insuficientes, direcciones innecesarias y señalización en mal estado o de difícil visibilidad. La meta es reforzar la coherencia del sistema vial y permitir desplazamientos más fluidos, seguros y organizados para todos los usuarios. En este contexto, ampliación de espacio en esquinas y tramos angostos, sobre todo en las áreas como Azcásubi, Terán, Pichincha, Libertad y las entradas al mercado, sería clave para mejorar la maniobrabilidad, disminuir maniobras peligrosas y optimizar la eficiencia de vehículos de emergencia, transporte público y unidades de suministro local.

Actualizar la señalización horizontal y vertical para cumplir con normativas actuales de seguridad vial, la modernización de líneas de amarillas segmentadas, pasos peatonales, marcas de prohibición de estacionamiento y sentidos de tráfico permitirá a los conductores recibir información clara y oportuna, aumentando su capacidad de anticipación y reducción de áreas de conflicto. A esto se añade la necesidad de reemplazar señales verticales en mal estado y mejorar su ubicación para asegurar una visibilidad constante. Finalmente, se recomienda la incorporación de

tecnologías inteligentes como cámaras para la lectura automática de matrículas, sensores de tráfico y sensores con priorización dinámica que fortalecerán el monitoreo del flujo vehicular en tiempo real y facilitarán decisiones de operación. Esta integración tecnológica hará posible manejar eficientemente la operación de la Zona de Bajas Emisiones, evaluar la efectividad de medidas implementadas y responder rápidamente a los cambios en la demanda. En conjunto, esta propuesta de mejora busca establecer un sistema de movilidad más eficiente, segura y sostenible para Cayambe, mejorando la infraestructura vial y proporcionando herramientas modernas para su gestión continua.

Figura 32 Actualización de Señalética Vial



Fuente: Elaboración propia

7.4. Ciclo infraestructura y Promoción del Uso Ecológico

El plan incluye la construcción de una red de Ciclovías que une el corazón de Cayambe con vías importantes como la Avenida Natalia Jarrín y Teran, instituciones educativas como la Universidad Politécnica Salesiana y otras áreas claves. Estas ciclovías deben proporcionar un entorno seguro, separado del tráfico vehicular y creado para bicicleta, como una alternativa de transporte ecológico.

Para mejorar la movilidad activa, se sugiere la implementación de un sistema de bicicletas públicas o puntos de renta comunitario situados en lugares estratégicos como la plaza Central, el terminal de Buses y el mercado municipal. Este sistema facilitará a los usuarios locales del acceso a bicicletas y alentará su uso para trayectos en la zona urbana. Se habilitarán aparcamientos seguros para bicicletas en localizaciones de importantes, con buena iluminación y en la medida de lo posible, con sistemas de vigilancia. La existencia de tales instalaciones asegura la comodidad para los ciclistas, y apoyara el desarrollo de la movilidad en la bicicleta dentro del cantón.

7.5. Regulación Estricta Sobre Emisiones

Implementar políticas más estrictas sobre emisiones vehiculares e industriales podría ayudar a reducir significativamente los niveles contaminantes. Esto incluye inspecciones regulares para garantizar que todos los vehículos cumplan con estándares ambientales adecuados.

7.6. Medidas Complementarias

Se llevará a cabo la instalación de un sistema de cámaras para el reconocimiento de matrículas de las entradas principales de la Zona de Bajas Emisiones. Esta tecnología facilitará el

monitoreo en el tiempo real de los accesos, la identificación de infracciones, la gestión de permisos y la elaboración de estadísticas completas sobre los patrones de movilidad. Es fundamental que el sistema conecte con la base de datos municipales y el control de tráfico ya existentes.

La puesta en marcha de la Zona de Bajas Emisiones deberá estar acompañada de un programa constante de comunicación y sensibilización enfocada a los residentes, comerciantes y usuarios del transporte público. Estas iniciativas aclaran el funcionamiento de las ZBE, así como sus ventajas ambientales y sociales además de los requerimientos para cumplir con la normativa. Mediante talleres y educativos de actividades comunitarias se pretende fortalecer la población y facilitar una transición organizada hacia formas de movilidad más sostenibles.

7.7. Evaluadores de Impacto

La implementación de la ZBE requiere de un sistema de evaluación que permita medir sus efectos reales sobre la movilidad, la seguridad vial, la calidad ambiental y la percepción ciudadana, en coherencia con los objetivos general y específicos, la reducción del tráfico pesado, mejora de la calidad del aire, fortalecimiento de la movilidad activa y ordenamiento del tránsito, se propone una serie de indicadores de seguimiento, alineados con prácticas internacionales y adaptados al contexto de Cayambe.

Estos indicadores no solo permitirán valorar el desempeño inicial de la ZBE, sino que servirán como herramienta para toma de decisiones futuras y ajustes progresivos.

Aunque en esta etapa no se cuenta con mediciones post-implementación, se establecen valores de referencia proyectados, elaborados a partir de criterios técnicos, comparación con ZBE implementadas en ciudades de tamaño similar y los problemas diagnosticados en Cayambe.

Indicadores de movilidad y tráfico:

- Indicador 1.- Variación porcentual de circulación diaria de vehículos.

Línea base estimada: 36.172 vehículos diarios en el casco urbano (dato obtenido del diagnóstico del proyecto).

Meta proyectada:

- Reducción general del 25–35% del tráfico motorizado en el primer año.
- Reducción del 60–90% del tráfico pesado dentro del perímetro ZBE.
- Indicador 2.- Velocidad media en horas pico en vías como Azcásubi, Terán, Junín y Libertad.

Línea base: 9–12 km/h.

Meta proyectada:

- Incremento del 20–30 %, alcanzando 12–16 km/h.
- Indicador 3.- Variación de partículas en suspensión.

Línea base estimada: De acuerdo con mediciones referenciales en ciudades andinas de similar tamaño:

- $PM2.5 \approx 22\text{--}28 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- $PM10 \approx 45\text{--}60 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Meta proyectada:

- Reducción del 15 % en PM2.5
- Reducción del 20 % en PM10
- Indicador 4.- Toneladas de CO₂ emitidas por el parque móvil en el área ZBE.

Línea base: 8.900 toneladas/mes (estimación del flujo vehicular y factores de emisión estándar).

Meta proyectada:

- Reducción del 20–25 % durante el primer año de operación.
- Indicador 5.- Número de accidentes por año dentro del área de intervención.

Línea base: 0 siniestros anuales (promedio estimado por datos municipales referenciales).

Meta proyectada:

- Mantener la línea base de siniestros.
- Indicador 6.- Número de ciclistas que circulan diariamente por las calles habilitadas.

Línea base: Uso limitado (<3 % de los viajes).

Meta proyectada:

- Incremento al 10 % del reparto modal en 2 años.
- Indicador 7.- Conteo de peatones en puntos estratégicos del centro.

Línea base: Por determinar mediante conteos previos a la implementación.

Meta proyectada:

- Aumento del 20–30 % del flujo peatonal en el primer año.
- Indicador 8.- Porcentaje de aceptación de la medida.

Línea base: De acuerdo a los datos de la encuesta, el nivel de aceptación a la medida es de 34.5%.

Meta proyectada:

- Al menos 60–70 % de aceptación después del primer año.
- Indicador 9.- Variación de ventas o flujo de clientes.

Línea base: Datos proporcionados por asociaciones comerciales.

Meta proyectada:

- Mantener o aumentar las ventas en un 5–10 %, asociado a calles más seguras y amigables.

CAPITULO VIII. PLAN DE IMPLEMENTACIÓN

8.1. Cronograma de Actividades (60 Meses)

El plan se divide en cuatro fases principales, totalizando 60 meses hasta la plena implementación y evaluación inicial.

Tabla 4 Fases cronograma de actividades

Fase	Duración Estimada	Actividades Clave	Entregables
Fase 1: Planificación y Marco Regulatorio	15 meses	1. Estudios de calidad del aire y tráfico (línea base). 2. Definición final del perímetro, horarios y tipos de vehículos restringidos. 3. Borrador y aprobación de la ordenanza municipal. 4. Obtención de recursos financieros. 5. Contratación del equipo central.	Ordenanza Aprobada, Estudio de Línea Base, Presupuesto Ejecutable.
Fase 2: Adquisición Tecnológica e Infraestructura	15 meses	1. Adquisición e instalación de cámaras de Reconocimiento Automático de Matrículas (ANPR). 2. Instalación de la red de sensores de calidad del aire y ruido. 3. Desarrollo e implementación del software de gestión de multas y permisos. 4. Diseño e instalación de señalética informativa y de acceso.	Sistema ANPR Instalado (en pruebas), Software Operativo, Señalética Física Instalada.
Fase 3: Campaña de Socialización y Pruebas (Período de Gracia)	15 meses	1. Campaña de comunicación masiva y talleres de concientización. 2. Período de pruebas del sistema (emisión de alertas, no multas). 3. Apertura del portal web para consulta de restricciones y gestión de permisos. 4. Ajuste y calibración final de los equipos.	Notificaciones de multas, Alta Concientización Pública, Portales institucionales.

Fase 4: Operación Plena y Fiscalización	15 meses (Inicio)	1. Inicio de la fiscalización y aplicación de sanciones. 2. Monitoreo continuo de KPIs (Tráfico, Calidad del aire, Cumplimiento). 3. Evaluación de impacto de la operación plena. 4. Planificación de posibles ajustes o expansiones de la ZBE.	Inicio de la Recaudación de Multas, Informe de Impacto Inicial, Plan de Ajustes.
---	-------------------	---	--

Fuente: Elaboración propia

8.2. Recursos Necesarios

8.2.1. Recursos Humanos

Se requiere un equipo multidisciplinario para la planificación, ejecución y operación.

Tabla 5 Recurso humano

Rol	Cantidad	Responsabilidades Clave
Jefe de Proyecto/Coordinador ZBE	1	Supervisión general, interlocución con la Alcaldía, gestión de presupuesto.
Técnico en Movilidad y Tráfico	1	Diseño de la señalética, ajuste de límites, análisis de datos de tráfico.
Especialista en Sistemas y TICs	1	Mantenimiento del sistema ANPR, gestión de la base de datos de matrículas, soporte de software.
Asesor Legal	1	Manejo de recursos, redacción de la ordenanza, procesos de sanción.
Fiscalizadores	4	Supervisión presencial, apoyo a las cámaras, gestión de accesos especiales.
Especialista en Comunicación y RRPP	1	Diseño y ejecución de la campaña de socialización y concientización.

Fuente: Elaboración propia

8.2.2. Recursos Financieros

El presupuesto debe cubrir la inversión inicial (CAPEX) y los costos operativos anuales (OPEX).

Tabla 6 Valores referenciales proyectados CAPEX y OPEX

Concepto	Tipo de Costo	Estimación del Costo (Referencial)
Adquisición e instalación de cámaras ANPR (6-8 puntos)	CAPEX	USD \$80,000 - \$120,000
Desarrollo/Adquisición de Software de Gestión y Base de Datos	CAPEX	USD \$30,000 - \$50,000
Sensores de Calidad del Aire (Mantenimiento Anual)	CAPEX/OPEX	USD \$15,000 - \$25,000 (Inicial)
Señalética y Obra Civil (Postes, Pintura)	CAPEX	USD \$25,000 - \$50,000
Personal (Sueldos y Beneficios, Anual)	OPEX	USD \$80,000 - \$120,000
Campaña de Comunicación y Publicidad	OPEX	USD \$10,000 - \$20,000
Total Estimado Anual (OPEX + Amortización)	TOTAL	USD \$240,000 - \$385,000 (Primer Año)

Fuente: Elaboración propia

Nota: La financiación inicial puede provenir de fondos municipales, préstamos de bancos de desarrollo (ej. BID, CAF) o cooperación internacional para proyectos ambientales.

8.2.3. Recursos Técnicos

1. **Cámaras ANPR:** Conectadas a una red de fibra óptica o 4G/5G con alta disponibilidad.
2. **Servidor Central:** Para almacenar y procesar grandes volúmenes de datos de matrículas.
3. **Sensores Ambientales:** Medición de PM2.5, NOX, y ruido en puntos estratégicos para validar el impacto.
4. **Sistema de Ticketing (Software):** Integración con la base de datos de matrículas y el sistema de cobro de multas de EPMM-C.

8.3. Estrategias de Monitoreo y Evaluación

El éxito de la ZBE se medirá a través de indicadores clave de desempeño (KPIs) y una evaluación periódica.

8.3.1. *Estrategias de Monitoreo (Continuo y en Tiempo Real)*

Tabla 7 *Estrategias de Monitoreo*

Indicador (KPI)	Frecuencia de Medición	Fuente de Datos	Meta (Ejemplo)
Calidad del Aire (PM2.5 y NOX)	Continuo (Sensores)	Red de Sensores Ambientales	Reducción de concentración del 15% anual en la ZBE.
Tasa de Cumplimiento	Diario	Sistema ANPR y Multas	Mantener tasa de vehículos no permitidos bajo 5% del total de vehículos detectados.
Flujo Vehicular	Continuo	Cámaras ANPR (Conteo)	Reducción del tráfico de paso en la ZBE en un 10% en horas pico.
Percepción Ciudadana	Semestral	Encuestas de Satisfacción/Reclamos	Nivel de aceptación del 70% o más. Reducción de reclamos anuales.
Recaudación de Multas	Mensual	Sistema de Tesorería Municipal	Cubrir al menos el 50% de los costos operativos de la ZBE.

Fuente: Elaboración propia

8.3.2. *Estrategias de Evaluación (Periódica)*

Evaluación de Impacto (Anual): Comparar los datos de calidad del aire y tráfico post- implementación (Fase 4) con la línea base (Fase 1). Determinar si se cumplieron los objetivos ambientales.

Auditoría del Sistema (Semestral): Revisión técnica del funcionamiento de las cámaras ANPR y el software para asegurar la precisión en la identificación y la legalidad de los procesos de sanción.

Revisión Regulatoria (Cada 2 años): Analizar si es necesario ajustar los límites de la ZBE, los horarios, o las restricciones vehiculares (por ejemplo, reducir el límite de antigüedad permitido) para seguir avanzando en la mejora de la calidad del aire.

Informe Público: Presentación de resultados anuales a la ciudadanía y al Concejo Municipal, garantizando la transparencia del proyecto.

8.4. Estrategias Operacionales Adicionales

8.4.1. Comunicación y Concientización

- **Segmentación:** Dirigir mensajes específicos a residentes, comerciantes, transportistas públicos y transportistas de carga.
- **Material Informativo:** Crear un mapa interactivo en línea que muestre claramente el perímetro, los horarios y los vehículos afectados.
- **Incentivos:** Promover activamente el uso de transporte público, la bicicleta y los vehículos eléctricos a través de subsidios o infraestructura.

8.4.2. Aplicación y Sanciones

- **Proceso Claro:** El proceso de notificación de multas debe ser automático, transparente y con un mecanismo de apelación sencillo.
- **Diferenciación:** Establecer sanciones progresivas: advertencias durante el período de gracia, multas reducidas por pronto pago, y multas mayores por reincidencia.



- **Excepciones:** Definir claramente los permisos especiales para vehículos de emergencia, servicios esenciales, vehículos de residentes dentro de la ZBE y vehículos históricos.

CAPÍTULO IX. ANÁLISIS DE RIESGOS

9.1. Identificación de Riesgos

La identificación de riesgos constituye una de las etapas más críticas dentro de la gestión integral de proyectos, debido a que permite conocer con anticipación aquellos factores que pueden afectar el cumplimiento de los objetivos planificados. Sabiendo que el riesgo es un evento o condición incierta que, si ocurre, tiene un efecto positivo o negativo sobre uno o más objetivos del proyecto, como el alcance, el cronograma, el costo o la calidad (PMI, 2021). En el caso del estudio. La Zona de Bajas Emisiones de Cayambe implica una intervención urbana compleja que combina factores tecnológicos, sociales, económicos, ambientales y normativos, por lo que el análisis de riesgo debe ser integral y sistemático.

9.1.1. Enfoque Metodológico para la Identificación

9.1.1.1. Revisión Documental.

Se analizan fuentes normativas, planes de movilidad y sostenibilidad urbana, estudios técnicos previos y experiencias internacionales de implementación de zonas de bajas emisiones. Este análisis permite reconocer los riesgos comunes que enfrentan las ciudades al implementar cambios en la movilidad urbana sostenible.

9.1.1.2. Análisis Participativo.

Se realizan consultas con representantes del Gobierno Autónomo Descentralizado de Cayambe, la Agencia Nacional de Tránsito, el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, Asamblea Cantonal de Participación Ciudadana y Control Social y líderes comunitarios, con el fin de identificar riesgos percibidos desde las diferentes perspectivas. Este enfoque participativo se

sigue con las recomendaciones del Banco Interamericano de Desarrollo, que enfatiza la importancia de involucrar a los actores clave en las fases tempranas del análisis de riesgos para fortalecer la gobernanza y la aceptación ciudadana. (BID, 2021)

9.1.1.3. Clasificación y Jerarquización

Los riesgos se agrupan por categorías y se establece una primera jerarquía de acuerdo con su frecuencia histórica y la vulnerabilidad observada en proyectos similares.

9.1.2. Contexto Local de los Riesgos

En el contexto urbano y socioeconómico de Cayambe, presenta características que influyen directamente en el perfil de riesgos del proyecto.

9.1.2.1. Infraestructura Vial Limitada y Heterogénea.

Calles estrechas, señalización deficiente y coexistencia entre vehículos particulares, transporte público, bicicletas y peatones. Este entorno aumenta la probabilidad de fallas en la implementación inicial y de conflictos en la redistribución del espacio vial.

9.1.2.2. Crecimiento Desmedido del Parque Automotor.

El parque automotor con el que cuenta Cayambe es aproximadamente de 20.000, de los cuales hasta mayo de 2025 únicamente han aprobado la RTV 7.970 vehículos, lo que representa el 39.85% de la totalidad, constituyendo un riesgo tanto para el cumplimiento de los estándares de emisiones propuestos como para la movilidad vehicular eficiente. (MTOP, 2022).

De acuerdo con la información recabada de la Empresa Pública Municipal de Movilidad del Cantón Cayambe – EPMM-C se obtuvo los datos correspondientes a la Revisión Técnica Vehicular comprendido en el periodo de enero a mayo de 2025.

Tabla 8 Vehículos Aprobados RTV En Función a los Años de Fabricación

AÑO DE FABRICACIÓN	VEHÍCULOS APROBADOS
2000 en adelante	7.511
1990 a 1999	361
Menores a 1989	98
TOTAL:	7.970

Fuente: EPMM-C

9.1.2.3. Sensibilidad Social Ante Medidas Restrictivas

Las restricciones vehiculares pueden percibirse como una afectación directa a la economía familiar o a la libertad de movilidad, lo cual podría generar resistencias si no se acompaña de sensibilización. (CEPAL, 2021)

Dentro del área de estudio se ha identificado la existencia de parqueaderos públicos y privados con una capacidad de 104 plazas, un total de 118 locales comerciales, 2 instituciones bancarias y 6 parqueaderos de residencias.

9.1.2.4. Dependencia Institucional Múltiple.

El proyecto requiere de la coordinación de varios organismos. Una débil articulación entre ellos puede causar duplicidad de esfuerzos o retrasos administrativos.

9.1.2.5. Factores Geográficos y Climáticos

El clima templado y la altura de Cayambe favorecen la movilidad activa, pero la presencia de lluvias y pendientes moderadas pueden influir en la operación de los medios de transporte

sostenible. Estos factores permiten contextualizar los riesgos específicos que podrían presentarse durante la planificación, ejecución y operación de la ZBE.

9.1.3. Categoría de Riesgos Identificados

El proceso de análisis permite identificar un conjunto de riesgos distribuidos en categorías principales.

9.1.3.1. Riesgos Técnicos Operativos.

Se relacionan con la planificación, ejecución e instalación de la infraestructura y la tecnología necesaria para controlar el acceso vehicular y medir la calidad de aire. Los posibles riesgos presentes pueden ser fallas en los sensores de monitoreo de emisiones o en el sistema de cámaras de control. Esto se puede dar por escasa capacitación técnica, mantenimiento inadecuado o fallas de conectividad. Las consecuencias presentes, puede ser pérdida de datos, imposibilidad de fiscalizar o retrasos en la puesta en marcha de la ZBE.

Los proyectos de Movilidad Urbana Sostenible requieren soporte tecnológico continuo y una infraestructura adaptable a las condiciones locales, lo cual demanda planificación técnica sólida. (Delgado, 2020)

9.1.3.2. Riesgos Financieros.

Corresponde a la disponibilidad de recursos económicos para cubrir los costos de infraestructura, equipamiento, campañas y personal técnico. Los posibles riesgos es el retraso o insuficiencia de fondos públicos y privados. Se debe a la dependencia del presupuesto municipal y la falta de fuentes externas. Esto puede influir en la paralización parcial del proyecto o el incumplimiento de los cronogramas. Según el Banco Mundial, la sostenibilidad financiera es uno

de los principales determinantes del éxito en proyectos urbanos, especialmente en ciudades intermedias con presupuestos limitados. (Mundial, 2022)

9.1.3.3. Riesgos Sociales.

Involucran la aceptación y cooperación de la población. Los posibles riesgos presentes son la resistencia ciudadana ante las restricciones vehiculares o al cobro de tarifas por acceso. Esto puede causar falta de información clara sobre los beneficios y objetivos, consecuente existirá descontento, manifestaciones o incumplimiento de la norma. Según la Organización Mundial de la Salud indica que los proyectos de movilidad sostenible deben de acompañarse de educación ambiental y participación comunitaria para ser exitosos a largo plazo. (OMS, 2023)

9.1.3.4. Riesgos Ambientales.

Aunque la ZBE busca reducir la contaminación, su implementación puede generar temporalmente impactos ambientales negativos. Los riesgos presentes pueden ser el incremento de contaminación en zonas periféricas por desvío del tráfico debido a una mala planificación de rutas alternas. Lo que puede generar transferencia de contaminación y ruido a barrios residenciales. Estudios europeos sobre zonas de bajas emisiones muestran que los beneficios ambientales pueden tardar entre 12 y 24 meses en consolidarse tras su implementación. (Commission, 2022)

A la presente fecha se evidencia una mala calidad del aire conforme lo recabado en la página web AccuWeather.

Figura 33 Calidad del Aire en Cayambe



Nota. Adaptado de AccuWeather (<https://www.accuweather.com/es/ec/cayambe/129807/air-quality-index/129807>).

9.1.3.5. Riesgos Institucionales.

Surgen de la falta de coordinación entre las entidades ejecutoras de la ausencia de liderazgo técnico claro. El posible riesgo es la superposición de competencias entre gobiernos autónomos descentralizados y las agencias nacionales. Causando ambigüedad normativa o conflictos de autoridad, lo que generaría atrasos administrativos, decisiones contradictorias o pérdida de confianza pública. El Ministerio de Transporte y Obras Públicas advierte que la gobernanza interinstitucional es el factor más crítico para el éxito de las políticas de movilidad sostenible en Ecuador. (MTOP, 2022)

9.1.3.6. Riesgos Legales y Normativos.

Se relacionan con la falta de respaldo jurídico que garantice la aplicación efectiva de las restricciones. El posible riesgo es la inexistencia en la aprobación de una ordenanza municipal que regule la Zona de Bajas Emisiones. Existiendo una ausencia de Marco legal o resistencia política, lo que imposibilita el aplicar sanciones o ejecutar controles. La Ley Orgánica de Transporte terrestre, Tránsito y Seguridad Vial establece competencias municipales para normar la movilidad, pero requiere ordenanzas complementarias para su ejecución efectiva.

9.1.3.7. Interacción entre Riesgos.

Los riesgos identificados no operan de manera aislada, sino que mantienen relaciones de causa efecto, por ello el modelo de gestión de riesgos adoptados en este proyecto considera una visión sistemática donde la mitigación de un riesgo puede reducir la probabilidad de otros asociados. Este enfoque es coherente con el modelo de resiliencia urbana promovido por la CEPAL que plantea la gestión de riesgos como un proceso continuo de adaptación, aprendizaje y mejora. (CEPAL, 2021)

9.1.4. Riesgo de Seguridad Vial en el Proyecto

A pesar de que la delimitada ZBE históricamente no presenta siniestros de tránsito registrados en las entidades de control, previo a la implementación sugerida se consideran los siguientes riesgos:

9.1.4.1. Aumento Temporal de Siniestros en las Vías.

Cuando se implementa una Zona de Bajas Emisiones de restricción vehicular, se redirige el flujo de tráfico hacia vías perimetrales o de servicio, lo que puede crear nuevos puntos de

conflicto, mayores volúmenes, velocidades inapropiadas, cruces peatonales mal protegidos. Esto representa un riesgo concreto de incremento de accidentes de tránsito.

Los estudios indican que la velocidad contribuye aproximadamente el 30% de los accidentes fatales en zonas urbanas. Además, en 1% de aumento de velocidad media conduce aproximadamente a un 2% de aumento en frecuencia de choques con lesiones, 3% con lesiones graves y 4% con choques fatales. (OECD, 2022)

En el contexto de Cayambe, este riesgo implica que, al desviar parte del tráfico del centro hacia rutas secundarias, sin una planificación adecuada de señalización, diseño vial y control de velocidad, podría aumentar la probabilidad de siniestros graves. Debe considerarse la presencia de peatones, ciclistas y transporte público que comparten estas rutas.

9.1.4.2. Interacción con Usuarios Vulnerables.

Las zonas de bajas emisiones suelen incentivar modos de transporte más sostenibles, lo que es positivo. Pero también exige infraestructura segura para esos usuarios, de lo contrario los mismos sufran más accidentes o lesiones. Las muertes en el tráfico vial son la principal causa de defunción para jóvenes de 5 a 29 años. Más del 50% de estas muertes ocurren a peatones, ciclistas y motociclistas. (WRI, 2023)

Para la zona de Cayambe, esto significa que cuando se restringe el acceso al centro y se promueva la movilidad activa sin la mejora simultánea de infraestructura, por ejemplo, Cruces seguros, carriles bici protegidos, aceras en buen estado se corre el riesgo de generar más vulnerabilidad para estos usuarios.

9.1.4.3.Diseño Vial, Velocidad y Señalización Inadecuados.

Un factor crítico en el diseño del entorno vial: Intersecciones confusas, señalización deficiente, velocidades no controladas y falta de calmado de tráfico. En las ciudades, la literatura advierte que los entornos urbanos deben limitar la velocidad cuando conviven vehículos y peatones, por ejemplo, la guía internacional de transporte. Señala que el riesgo de que un peatón muera en al ser atropellado es casi 5 veces más alto a 50 km/h que a 30 km/h. (OECD, 2022)

Si se implementan desvíos o cambios en los flujos sin reducción adecuada de velocidad, existen riesgos de siniestros graves en zonas residenciales o escolares.

Si la señalización para rutas alternas, zonas peatonales o carriles bici no se renueva, puede generar confusiones de accidentes.

La transición entre zona restringida y zona abierta puede generar puntos de conflicto, conductores que aceleran al salir de la zona, peatones que esperan atravesar en rutas de menor prioridad.

9.1.4.4.Período de Adaptación y Curva de Aprendizaje.

Al instaurar una Zona de Bajas Emisiones suele haber un periodo de adaptación en el que los usuarios no tienen plena familiaridad con los nuevos patrones de circulación, restricciones vehiculares, rutas alternativas y señalización. Esto eleva temporalmente el riesgo de errores de conducta.

En Cayambe es recomendable prever campañas de información, señalización temporal mejorada, supervisión especial en los primeros meses de operación con el fin de mitigar este riesgo de transición.

9.1.4.5. Mantenimiento y Control Institucional.

Otro riesgo subyacente es que, tras la implementación, la señalización, la demarcación vial, los dispositivos de control de velocidad o los carriles de exclusivos no sean mantenidos correctamente. Esto reduce la eficiencia del diseño y puede aumentar los siniestros. El diseño solo es efectivo si se hace mantenimiento e inspección de forma continua. Los sistemas de movilidad seguros requieren infraestructura diseñada y mantenida e inspeccionada. (WRI, 2023)

El proyecto prevé un plan de mantenimiento de demarcaciones, revisión de Iluminarias, reemplazo de señalización deteriorada y presupuesto para ello.

9.2. Evaluación de la Probabilidad e Impacto

9.2.1. Matriz de Riesgos

Una matriz de riesgos es una herramienta gráfica que permite analizar y clasificar los riesgos detectados en un proyecto, uniendo dos aspectos fundamentales: la posibilidad de que un riesgo se presente y el efecto que tendrá si sucede. Su objetivo principal es hacer más fácil la clasificación de los riesgos al presentarlos en una tabla se puede identificar rápidamente cuáles necesitan atención urgente y cuáles pueden ser monitoreados sin acción inmediata. (Academy, 2023)

En el marco de un proyecto destinado a establecer una Zona de Bajas Emisiones, la matriz de riesgos de ayuda a prever situaciones concretas, de este modo, se pueden elaborar estrategias de apropiadas para disminuir o gestionar esos riesgos antes de que impacten en los objetivos del proyecto. Asimismo, al revisar la matriz, con frecuencia se garantiza que el equipo mantenga la confianza en el proceso y estén preparados para afrontar situaciones de imprevistas.

Para el proyecto se ha categorizado 3 tipos de riesgos de acorde a los rangos numéricos establecidos en la Tabla 9.

Tabla 9 *Tipos de riesgos acorde a los rangos numéricos*

Medida	Rango
Bajo	0 - 1.2
Medio	1.3 - 2.4
Alto	2.5 - 5

Fuente: Elaboración Propia

9.2.1.1.Riesgos Técnicos Operativos.

Los riesgos relacionados con la operación técnica son aquellos que emergen de errores o carencias en los sistemas, procesos, herramientas o métodos aplicados durante la realización de un proyecto. Su rol en la administración de riesgos es reconocer eventuales fallos que pueden influir en la continuidad o calidad de las actividades.

En el contexto del desarrollo de una Zona de Bajas Emisiones en la ciudad de Cayambe se han tomado en cuenta los siguientes riesgos: Fallas en la tecnología, Obsolescencia en la tecnología, Riesgo de seguridad cibernética y La integración de sistemas. Al realizar un promedio entre los riesgos se obtuvo un valor de 1.23, sin embargo, las fallas tecnológicas es un punto que se debe tratar dentro del proyecto.

9.2.1.1.1. Fallas en la Tecnología.

Tabla 10 Matriz de riesgos Fallas en la tecnología

Matriz de Riegos						
	Porcentaje					
Frecuente	100%	1	2	3	4	5
	90%	0.9	1.8	2.7	3.6	4.5
Probable	80%	0.8	1.6	2.4	3.2	4
	70%	0.7	1.4	2.1	2.8	3.5
Ocasional	60%	0.6	1.2	1.8	2.4	3
	50%	0.5	1	1.5	2	2.5
Possible	40%	0.4	0.8	1.2	1.6	2
	30%	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5
Improbable	20%	0.2	0.4	0.6	0.8	1
	10%	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
		1	2	3	4	5
		Insignificante	Menor	Moderado	Mayor	Catastrófico

Fuente: Elaboración propia.

Los problemas tecnológicos representan uno de los mayores peligros operativos en el desarrollo de una Zona de Bajas Emisiones. Puede surgir debido a imperfecciones en los dispositivos de monitoreo, cortes en las redes de comunicación, fallas en el suministro de eléctricos o equivocaciones en las plataformas de administración de datos. Estas complicaciones pueden afectar la exactitud en los registros de la de emisiones, la supervisión de tráfico o la comunicación de datos en tiempo real.

En la Tabla 10, se ha puntuado este riesgo con un valor de 3.5, siendo una categorizado como Riesgo Alto, al cual se lo debe manejar con óptimos protocolos para disminuir el impacto en la ZBE.

9.2.1.1.2. Obsolescencia en la Tecnología.

Tabla 11 Matriz de riesgos Obsolescencia en la tecnología.

Matriz de Riesgos						
	Porcentaje					
Frecuente	100%	1	2	3	4	5
	90%	0.9	1.8	2.7	3.6	4.5
Probable	80%	0.8	1.6	2.4	3.2	4
	70%	0.7	1.4	2.1	2.8	3.5
Ocasional	60%	0.6	1.2	1.8	2.4	3
	50%	0.5	1	1.5	2	2.5
Possible	40%	0.4	0.8	1.2	1.6	2
	30%	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5
Improbable	20%	0.2	0.4	0.6	0.8	1
	10%	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
		1	2	3	4	5
		Insignificante	Menor	Moderado	Mayor	Catastrófico

Fuente: Elaboración propia.

La obsolescencia tecnológica se refiere a la disminución de relevancia o eficiencia de los dispositivos, programas o sistemas utilizados en el proyecto, resultado de la veloz evolución en la tecnología o de modificaciones en los requisitos normativos.

Si bien es cierto, obtuvo una valoración de 1 en la matriz de riesgos ubicado en la Tabla 11, en el ámbito de la Zona de Bajas Emisiones, este tipo de amenazas puede provocar falta de compatibilidad con nuevas plataformas de supervisión o elevar los gastos de actualización.

9.2.1.1.3. Riesgos de Seguridad Cibernética.

Tabla 12 Matriz de riesgos de Seguridad Cibernética.

		Matriz de Riegos					
	Porcentaje						
Frecuente	100%	1	2	3	4	5	
	90%	0.9	1.8	2.7	3.6	4.5	
Probable	80%	0.8	1.6	2.4	3.2	4	
	70%	0.7	1.4	2.1	2.8	3.5	
Ocasional	60%	0.6	1.2	1.8	2.4	3	
	50%	0.5	1	1.5	2	2.5	
Posible	40%	0.4	0.8	1.2	1.6	2	
	30%	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	
Improbable	20%	0.2	0.4	0.6	0.8	1	
	10%	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	
		1	2	3	4	5	
		Insignificante	Menor	Moderado	Mayor	Catastrófico	

Fuente: elaboración propia.

Los peligros asociados con la seguridad en ciberespacio están vinculados a la posibilidad de ciberataques, accesos de ilícitos, sustracción de datos o alteración de información que puedan perjudicar la integridad del sistema de la ZBE. Como la administración de emisiones y el control del tráfico dependen de sistemas digitales conectados, cualquier brecha podría poner en riesgo la seguridad de los datos ambientales y operativos. Sin embargo, obtuvo una puntuación de 0.3 en la Tabla 12, siendo un riego Bajo.

9.2.1.1.4. Integración de Sistemas.

Tabla 13 Matriz de riesgos interacción de Sistemas.

		Matriz de Riesgos					
	Porcentaje						
Frecuente	100%	1	2	3	4	5	
	90%	0.9	1.8	2.7	3.6	4.5	
Probable	80%	0.8	1.6	2.4	3.2	4	
	70%	0.7	1.4	2.1	2.8	3.5	
Ocasional	60%	0.6	1.2	1.8	2.4	3	
	50%	0.5	1	1.5	2	2.5	
Possible	40%	0.4	0.8	1.2	1.6	2	
	30%	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	
Improbable	20%	0.2	0.4	0.6	0.8	1	
	10%	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	
		1	2	3	4	5	
		Insignificante	Menor	Moderado	Mayor	Catastrófico	

Fuente: Elaboración Propia

La integración de sistemas requiere que distintos elementos tecnológicos, como cámaras, plataformas de análisis de redes de datos y sensores se conecten para funcionar juntos. Este procedimiento puede crear peligro relacionados con la incompatibilidad de software, fallos en comunicación entre dispositivos o errores de la sincronización de datos. En el proyecto de la Zona de Bajas Emisiones, estos problemas tienen el potencial de impactar negativamente en el monitoreo y la toma de decisiones. Sin embargo, se clasificó dentro de Riesgos bajos con un valor de 0.1 ubicado en la Tabla 13.

9.2.1.2. Riesgos Financieros.

Los riesgos financieros son una de las mayores amenazas para la sostenibilidad y la correcta implementación del proyecto de creación de la Zona de Bajas Emisiones, debido a que su

desarrollo depende en gran parte de cómo se gestionan los recursos económicos asignados y su disponibilidad y estabilidad.

En el marco del desarrollo del proyecto de Zona de Bajas Emisiones se toma en cuenta: financiamiento institucional, Inestabilidad económica, Cumplimiento de asignación de presupuestos. Haciendo un promedio entre estos 3 riesgos, se obtuvo un valor de 3.07

9.2.1.2.1. Financiamiento Institucional.

Tabla 14 Matriz de riesgos Financiamiento Institucional.

Matriz de Riesgos						
	Porcentaje	1	2	3	4	5
Frecuente	100%	1	2	3	4	5
	90%	0.9	1.8	2.7	3.6	4.5
Probable	80%	0.8	1.6	2.4	3.2	4
	70%	0.7	1.4	2.1	2.8	3.5
Ocasional	60%	0.6	1.2	1.8	2.4	3
	50%	0.5	1	1.5	2	2.5
Posible	40%	0.4	0.8	1.2	1.6	2
	30%	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5
Improbable	20%	0.2	0.4	0.6	0.8	1
	10%	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
		1	2	3	4	5
		Insignificante	Menor	Moderado	Mayor	Catastrófico

Fuente: Elaboración propia

El financiamiento institucional supone un riesgo perjudicial para la implementación de la zona de bajas emisiones, porque el cumplimiento a tiempo por parte de entidades públicas y privada con los compromisos financieros acordados es fundamental para la vitalidad del proyecto.

Para la creación de la ZBE en Cayambe, como muestra en la Tabla 14, obtuvo una puntuación de 3.2, ubicado en la categoría de Riesgo Alto.

9.2.1.2.2. Inestabilidad Económica.

Tabla 15 Matriz de riesgos Inestabilidad Económica.

Matriz de Riesgos							
	Porcentaje						
Frecuente	100%	1	2	3	4	5	
	90%	0.9	1.8	2.7	3.6	4.5	
Probable	80%	0.8	1.6	2.4	3.2	4	
	70%	0.7	1.4	2.1	2.8	3.5	
Ocasional	60%	0.6	1.2	1.8	2.4	3	
	50%	0.5	1	1.5	2	2.5	
Posible	40%	0.4	0.8	1.2	1.6	2	
	30%	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	
Improbable	20%	0.2	0.4	0.6	0.8	1	
	10%	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	
		1	2	3	4	5	
		Insignificante	Menor	Moderado	Mayor	Catastrófico	

Fuente: Elaboración propia.

El riesgo de la inestabilidad económica puede tener un impacto importante en la realización y sostenibilidad del proyecto. La devaluación del dinero, la inflación, el incremento en los precios en los materiales o la disminución de fondos públicos son factores que pueden modificar las previsiones financieras definidas anteriormente.

En el contexto del proyecto, obtuvo una puntuación de 3.6, siendo uno de los riesgos primordiales a tomar en consideración al realizar la Zona de Bajas emisiones.

9.2.1.2.3. Cumplimiento de Asignación Presupuestaria.

Tabla 16 Matriz de riesgos Cumplimiento de Asignación Presupuestaria.

		Matriz de Riesgos					
	Porcentaje						
Frecuente	100%	1	2	3	4	5	
	90%	0.9	1.8	2.7	3.6	4.5	
Probable	80%	0.8	1.6	2.4	3.2	4	
	70%	0.7	1.4	2.1	2.8	3.5	
Ocasional	60%	0.6	1.2	1.8	2.4	3	
	50%	0.5	1	1.5	2	2.5	
Possible	40%	0.4	0.8	1.2	1.6	2	
	30%	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	
Improbable	20%	0.2	0.4	0.6	0.8	1	
	10%	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	
		1	2	3	4	5	
		Insignificante	Menor	Moderado	Mayor	Catastrófico	

Fuente: Elaboración propia.

La realización de la asignación presupuestaria representa un peligro financiero crucial para el éxito del proyecto de la Zona de Bajas Emisiones. Este riesgo está vinculado a la posibilidad de que haya demoras en la autorización o asignación de los recursos financieros otorgados por las entidades a cargo, al igual que con el desvío de fondos hacia otras prioridades u objetivos.

Se considera como Riesgo Medio, obteniendo 2.4 Puntos en la Matriz de Riesgos de la Tabla 16.

9.2.1.3. Riesgos Sociales.

Los peligros sociales vinculados a la aplicación de la Zona de Bajas Emisiones tienen que ver con las potenciales de efectos en la Comunidad y en el comportamiento social del área afectada.

Se tomaron en consideración los puntos: Resistencia de la Comunidad, Impacto de cohesión social, Alteración de estilos de vida, Vulneración de derechos. Con un promedio de Valor de riesgo de 2.53, considerado como Riesgo Alto.

9.2.1.3.1. Resistencia de la Comunidad.

Tabla 17 Matriz de riesgos Resistencia de la Comunidad.

Matriz de Riegos						
	Porcentaje					
Frecuente	100%	1	2	3	4	5
	90%	0.9	1.8	2.7	3.6	4.5
Probable	80%	0.8	1.6	2.4	3.2	4
	70%	0.7	1.4	2.1	2.8	3.5
Ocasional	60%	0.6	1.2	1.8	2.4	3
	50%	0.5	1	1.5	2	2.5
Possible	40%	0.4	0.8	1.2	1.6	2
	30%	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5
Improbable	20%	0.2	0.4	0.6	0.8	1
	10%	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
		1	2	3	4	5
		Insignificante	Menor	Moderado	Mayor	Catastrófico

Fuente: Elaboración propia.

La resistencia de la comunidad representa un riesgo social significativo, dado que la aprobación por parte de los ciudadanos es un elemento crucial para el triunfo de la Zona de Bajas Emisiones. La oposición puede aparecer debido a la falta de conocimientos del proyecto, la desconfianza y a las autoridades, o por tener una visión desfavorable respecto a las restricciones vehiculares y sus posibles repercusiones económicas.

Este es un riesgo Alto, descrito en la Tabla 17, debido a que obtuvo una puntuación de 2.7, siendo un punto para tomar muy en cuenta al momento de implementar la ZBE.

9.2.1.3.2. Impacto de Cohesión Social.

Tabla 18 Matriz de riesgos Impacto de cohesión Social

		Matriz de Riesgos				
	Porcentaje	1	2	3	4	5
Frecuente	100%	1	2	3	4	5
	90%	0.9	1.8	2.7	3.6	4.5
Probable	80%	0.8	1.6	2.4	3.2	4
	70%	0.7	1.4	2.1	2.8	3.5
Ocasional	60%	0.6	1.2	1.8	2.4	3
	50%	0.5	1	1.5	2	2.5
Possible	40%	0.4	0.8	1.2	1.6	2
	30%	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5
Improbable	20%	0.2	0.4	0.6	0.8	1
	10%	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
		1	2	3	4	5
		Insignificante	Menor	Moderado	Mayor	Catastrófico

Fuente: Elaboración propia

El efecto sobre la cohesión social hace alusión a las divisiones o tensiones que pueden surgir en la Comunidad a consecuencia de la ejecución de la ZBE. Es posible que las medidas

limitantes impacten de manera desproporcionada a varios grupos socioeconómicos, en particular aquellos cuyos medios de vida dependen del transporte privado o de operaciones comerciales dentro del área regulada.

Para el proyecto constituye un Riesgo Alto, con un valor determinando de 2.1 con referencia a la Matriz de Riesgos en la Tabla 18.

9.2.1.3.3. Alteración de Estilos de Vida.

Tabla 19 Matriz de riesgos Alteración de Estilos de Vida.

Matriz de Riesgos							
	Porcentaje						
Frecuente	100%	1	2	3	4	5	
	90%	0.9	1.8	2.7	3.6	4.5	
Probable	80%	0.8	1.6	2.4	3.2	4	
	70%	0.7	1.4	2.1	2.8	3.5	
Ocasional	60%	0.6	1.2	1.8	2.4	3	
	50%	0.5	1	1.5	2	2.5	
Possible	40%	0.4	0.8	1.2	1.6	2	
	30%	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	
Improbable	20%	0.2	0.4	0.6	0.8	1	
	10%	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	
		1	2	3	4	5	
		Insignificante	Menor	Moderado	Mayor	Catastrófico	

Fuente: Elaboración propia.

Modificar los estilos de vida constituye un peligro asociado a las transformaciones de la movilidad y en las rutinas diarias de la población. La implementación de la ZBE puede cambiar el modo en que los individuos se transportan, trabajan o llevan a cabo tareas comerciales, lo que

puede resultar en una sensación de incomodidad o disminución de autonomía. Ingresa dentro de un Riesgo Alto con una ponderación de 3.2 en la Tabla 19.

9.2.1.3.4. Vulneración de Derechos.

Tabla 20 Matriz de riesgos Vulneración de Derechos.

Matriz de Riegos							
	Porcentaje						
Frecuente	100%	1	2	3	4	5	
	90%	0.9	1.8	2.7	3.6	4.5	
Probable	80%	0.8	1.6	2.4	3.2	4	
	70%	0.7	1.4	2.1	2.8	3.5	
Ocasional	60%	0.6	1.2	1.8	2.4	3	
	50%	0.5	1	1.5	2	2.5	
Possible	40%	0.4	0.8	1.2	1.6	2	
	30%	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	
Improbable	20%	0.2	0.4	0.6	0.8	1	
	10%	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	
		1	2	3	4	5	
		Insignificante	Menor	Moderado	Mayor	Catastrófico	

Fuente: Elaboración propia.

Si las acciones puestas en marcha para disminuir las emisiones de obstaculizan el acceso justo a la movilidad, a la ocupación o a los servicios fundamentales, la violación de derechos se convierte en un peligro significativo. Sin embargo, en la realidad del proyecto se lo considera como riesgo Medio dentro de los valores establecidos en la Tabla 20.

9.2.1.4. Riesgos Ambientales.

Los peligros ambientales relacionados con la puesta en marcha del proyecto están ligados a los posibles efectos adversos, ya sean temporales o no anticipados, que puedan ocurrir durante las etapas de ejecución, operación y mantenimiento del proyecto.

Para este apartado se tomaron los siguientes enunciados: Incremento temporal de contaminación en zonas periféricas, Contaminación durante la fase de implementación, Inadecuado manejo de residuos tecnológicos. Con un valor de 1.57, se lo considera como un riesgo bajo. Sin embargo, la contaminación durante las fases de implementación tiene un valor de 3.2.

9.2.1.4.1. *Incremento Temporal de Contaminación en Zonas Periféricas.*

Tabla 21 Matriz de riesgos Incremento temporal de Contaminación en Zonas Periféricas

Matriz de Riesgos						
	Porcentaje					
Frecuente	100%	1	2	3	4	5
	90%	0.9	1.8	2.7	3.6	4.5
Probable	80%	0.8	1.6	2.4	3.2	4
	70%	0.7	1.4	2.1	2.8	3.5
Ocasional	60%	0.6	1.2	1.8	2.4	3
	50%	0.5	1	1.5	2	2.5
Possible	40%	0.4	0.8	1.2	1.6	2
	30%	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5
Improbable	20%	0.2	0.4	0.6	0.8	1
	10%	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
		1	2	3	4	5
		Insignificante	Menor	Moderado	Mayor	Catastrófico

Fuente: Elaboración propia.

El aumento temporal de la contaminación en áreas periféricas es un peligro para el medio ambiente, que está relacionado con el movimiento del tráfico hacia otras zonas no reguladas. La puesta en marcha de una Zona de Bajas Emisiones al principio puede causar un efecto de desplazamiento de emisiones. En el que los vehículos limitados en el centro urbano se acumulan en las fronteras de externas. Si bien contempla un riesgo, en la realidad de la ZBE obtuvo una ponderación de 0.9, considerándolo poco perjudicial.

9.2.1.4.2. Contaminación Durante las Fases de Implementación.

Tabla 22 Matriz de riesgos Contaminación durante las fases de implementación

Matriz de Riesgos						
	Porcentaje	1	2	3	4	5
Frecuente	100%	1	2	3	4	5
	90%	0.9	1.8	2.7	3.6	4.5
Probable	80%	0.8	1.6	2.4	3.2	4
	70%	0.7	1.4	2.1	2.8	3.5
Ocasional	60%	0.6	1.2	1.8	2.4	3
	50%	0.5	1	1.5	2	2.5
Possible	40%	0.4	0.8	1.2	1.6	2
	30%	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5
Improbable	20%	0.2	0.4	0.6	0.8	1
	10%	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
		1	2	3	4	5
		Insignificante	Menor	Moderado	Mayor	Catastrófico

Fuente: Elaboración propia.

La contaminación en los períodos de implementación está vinculada con los efectos medioambientales que resultan de las labores y acciones constructivas requeridas para la Zona de

Bajas Emisiones. Es un riesgo presente que puede afectar el desarrollo correcto, con una valoración de 3.2 siendo un Riesgo Alto.

9.2.1.4.3. Inadecuado Manejo de Residuos Tecnológicos.

Tabla 23 Matriz de riesgos Inadecuado manejo de residuos tecnológicos

Matriz de Riegos						
	Porcentaje					
Frecuente	100%	1	2	3	4	5
	90%	0.9	1.8	2.7	3.6	4.5
Probable	80%	0.8	1.6	2.4	3.2	4
	70%	0.7	1.4	2.1	2.8	3.5
Ocasional	60%	0.6	1.2	1.8	2.4	3
	50%	0.5	1	1.5	2	2.5
Possible	40%	0.4	0.8	1.2	1.6	2
	30%	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5
Improbable	20%	0.2	0.4	0.6	0.8	1
	10%	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
		1	2	3	4	5
		Insignificante	Menor	Moderado	Mayor	Catastrófico

Fuente: Elaboración propia.

Un riesgo ambiental significativo se origina del mal manejo de los residuos tecnológicos. En particular, por la utilización de dispositivos electrónicos como cámaras, sensores y sistemas de control que producen desechos al término de su vida. Este riesgo esta ponderado con una valoración de 0.6, siendo Riego Bajo en el desarrollo de la ZBE.

9.2.1.5. Riesgos Institucionales.

Los riesgos institucionales son elementos cruciales que tienen la capacidad de impactar la gobernanza, la coordinación entre instituciones y la continuidad administrativa del proyecto de establecimiento de una Zona de Bajas Emisiones.

En este apartado se tomó en cuenta: cambios en la política institucional. Burocracia interna. Compromiso político, dando un valor de riesgo de 2.7, considerado como riesgo alto.

9.2.1.5.1. Cambios en la Política Institucional.

Tabla 24 Matriz de riesgos Cambios en la política institucional

Matriz de Riegos							
	Porcentaje	1	2	3	4	5	
Frecuente	100%	1	2	3	4	5	
	90%	0.9	1.8	2.7	3.6	4.5	
Probable	80%	0.8	1.6	2.4	3.2	4	
	70%	0.7	1.4	2.1	2.8	3.5	
Ocasional	60%	0.6	1.2	1.8	2.4	3	
	50%	0.5	1	1.5	2	2.5	
Possible	40%	0.4	0.8	1.2	1.6	2	
	30%	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	
Improbable	20%	0.2	0.4	0.6	0.8	1	
	10%	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	
		1	2	3	4	5	
		Insignificante	Menor	Moderado	Mayor	Catastrófico	

Fuente: Elaboración propia.

Las alteraciones de la política institucional constituyen un peligro que tiene el potencial de impactar de manera directa la estabilidad y continuidad del proyecto de las zonas de bajas emisiones. El ajuste de prioridades administrativas, la rehabilitación interna o alteración en la

perspectiva estratégica de las autoridades pueden resultar en una disminución del respaldo técnico o financiero al proyecto.

9.2.1.5.2. Burocracia Interna.

Tabla 25 Matriz de riesgos Burocracia Interna.

Matriz de Riesgos						
	Porcentaje	1	2	3	4	5
Frecuente	100%	1	2	3	4	5
	90%	0.9	1.8	2.7	3.6	4.5
Probable	80%	0.8	1.6	2.4	3.2	4
	70%	0.7	1.4	2.1	2.8	3.5
Ocasional	60%	0.6	1.2	1.8	2.4	3
	50%	0.5	1	1.5	2	2.5
Possible	40%	0.4	0.8	1.2	1.6	2
	30%	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5
Improbable	20%	0.2	0.4	0.6	0.8	1
	10%	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
		1	2	3	4	5
		Insignificante	Menor	Moderado	Mayor	Catastrófico

Fuente: Elaboración propia.

La burocracia interna tiene el potencial de demora de manera importante la ejecución de las acciones que se prevén en el proyecto, particularmente en lo que respecta a la autorización de presupuestos, permisos o procedimientos de contratación.

9.2.1.5.3. Compromiso Político.

Tabla 26 Matriz de riesgos Compromiso Político.

Matriz de Riesgos							
	Porcentaje						
Frecuente	100%	1	2	3	4	5	
	90%	0.9	1.8	2.7	3.6	4.5	
Probable	80%	0.8	1.6	2.4	3.2	4	
	70%	0.7	1.4	2.1	2.8	3.5	
Ocasional	60%	0.6	1.2	1.8	2.4	3	
	50%	0.5	1	1.5	2	2.5	
Posible	40%	0.4	0.8	1.2	1.6	2	
	30%	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	
Improbable	20%	0.2	0.4	0.6	0.8	1	
	10%	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	
		1	2	3	4	5	
		Insignificante	Menor	Moderado	Mayor	Catastrófico	

Fuente: Elaboración propia.

Para asegurar que el proyecto sea sostenible es fundamental el compromiso político. La falta de respaldo por parte de las autoridades, ya sean locales o nacionales, pueden resultar en escasez de recursos, desinterés institucional o falta de liderazgo al momento de tomar decisiones.

9.2.1.6. Riesgos Legales y Normativos.

Los riesgos normativos y legales son un elemento esencial en la gestión integral del proyecto de establecimiento de zonas de bajas emisiones, porque su cumplimiento está Normado a un marco legal complejo que incluye regulaciones.

Se tomó en cuenta: Cumplimiento de la normativa, Incumplimiento de contratos. Dando un Valor promedio de 2.85, considerado Riesgo Medio.

9.2.1.6.1. Cumplimiento de la Normativa.

Tabla 27 Matriz de riesgos Cumplimiento de la Normativa.

Matriz de Riesgos							
	Porcentaje						
Frecuente	100%	1	2	3	4	5	
	90%	0.9	1.8	2.7	3.6	4.5	
Probable	80%	0.8	1.6	2.4	3.2	4	
	70%	0.7	1.4	2.1	2.8	3.5	
Ocasional	60%	0.6	1.2	1.8	2.4	3	
	50%	0.5	1	1.5	2	2.5	
Possible	40%	0.4	0.8	1.2	1.6	2	
	30%	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	
Improbable	20%	0.2	0.4	0.6	0.8	1	
	10%	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	
		1	2	3	4	5	
		Insignificante	Menor	Moderado	Mayor	Catastrófico	

Fuente: Elaboración propia.

Decir normativo, la aplicación adecuada de las leyes y normativas vinculadas con el manejo del medio ambiente, la supervisión de los vehículos y la planificación de las ciudades es parte del cumplimiento de la normativa.

9.2.1.6.2. Incumplimiento de Contratos.

Tabla 28 Matriz de riesgos Incumplimiento de Contratos.

Matriz de Riesgos							
	Porcentaje						
Frecuente	100%	1	2	3	4	5	
	90%	0.9	1.8	2.7	3.6	4.5	
Probable	80%	0.8	1.6	2.4	3.2	4	
	70%	0.7	1.4	2.1	2.8	3.5	
Ocasional	60%	0.6	1.2	1.8	2.4	3	
	50%	0.5	1	1.5	2	2.5	
Possible	40%	0.4	0.8	1.2	1.6	2	
	30%	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	
Improbable	20%	0.2	0.4	0.6	0.8	1	
	10%	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	
		1	2	3	4	5	
		Insignificante	Menor	Moderado	Mayor	Catastrófico	

Fuente: Elaboración propia.

El incumplimiento de contratos alude a la ausencia de cumplimiento de las obligaciones impuestas por los proveedores, contratistas o instituciones colaboradoras.

9.2.1.7. Aumento Temporal de Siniestros en las Vías.

Tabla 29 Matriz de riesgos Aumento Temporal de Siniestros en las Vías.

		Matriz de Riegos					
	Porcentaje						
Frecuente	100%	1	2	3	4	5	
	90%	0.9	1.8	2.7	3.6	4.5	
Probable	80%	0.8	1.6	2.4	3.2	4	
	70%	0.7	1.4	2.1	2.8	3.5	
Ocasional	60%	0.6	1.2	1.8	2.4	3	
	50%	0.5	1	1.5	2	2.5	
Possible	40%	0.4	0.8	1.2	1.6	2	
	30%	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	
Improbable	20%	0.2	0.4	0.6	0.8	1	
	10%	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	
		1	2	3	4	5	
		Insignificante	Menor	Moderado	Mayor	Catastrófico	

Fuente: Elaboración Propia.

Durante las etapas iniciales de la implementación de la Zona de Bajas Emisiones del incremento temporal de accidentes en las vías representan un riesgo potencial.

9.2.1.8. Interacción con Usuarios Vulnerables.

Tabla 30 Matriz de riesgos interacción con usuarios Vulnerables

		Matriz de Riesgos					
	Porcentaje						
Frecuente	100%	1	2	3	4	5	
	90%	0.9	1.8	2.7	3.6	4.5	
Probable	80%	0.8	1.6	2.4	3.2	4	
	70%	0.7	1.4	2.1	2.8	3.5	
Ocasional	60%	0.6	1.2	1.8	2.4	3	
	50%	0.5	1	1.5	2	2.5	
Possible	40%	0.4	0.8	1.2	1.6	2	
	30%	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	
Improbable	20%	0.2	0.4	0.6	0.8	1	
	10%	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	
		1	2	3	4	5	
		Insignificante	Menor	Moderado	Mayor	Catastrófico	

Fuente: Elaboración propia.

Dentro de la ZBE, el contacto con individuos en situación de vulnerabilidad como ciclistas, personas con movilidad limitada, peatones o usuarios del transporte público suponen un riesgo significativo.

9.2.1.9. Diseño Vial, Velocidad y Señalización Inadecuada

Tabla 31 Matriz de riesgos Diseño vial, velocidad y señalización inadecuada

Matriz de Riesgos						
	Porcentaje					
Frecuente	100%	1	2	3	4	5
	90%	0.9	1.8	2.7	3.6	4.5
Probable	80%	0.8	1.6	2.4	3.2	4
	70%	0.7	1.4	2.1	2.8	3.5
Ocasional	60%	0.6	1.2	1.8	2.4	3
	50%	0.5	1	1.5	2	2.5
Possible	40%	0.4	0.8	1.2	1.6	2
	30%	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5
Improbable	20%	0.2	0.4	0.6	0.8	1
	10%	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
		1	2	3	4	5
		Insignificante	Menor	Moderado	Mayor	Catastrófico

Fuente: Elaboración propia.

Para la seguridad en la ZBE, el son elementos decisivos del diseño de las vías, la velocidad y la señalización. El riesgo de siniestros puede incrementarse debido a un diseño deficiente de las vías, la escasez de señalización clara o los excesos de velocidad.

9.2.1.10. Periodo de Adaptación a Cambios.

Tabla 32 Matriz de riesgos Periodo de adaptación a cambios.

Matriz de Riesgos							
	Porcentaje						
Frecuente	100%	1	2	3	4	5	
	90%	0.9	1.8	2.7	3.6	4.5	
Probable	80%	0.8	1.6	2.4	3.2	4	
	70%	0.7	1.4	2.1	2.8	3.5	
Ocasional	60%	0.6	1.2	1.8	2.4	3	
	50%	0.5	1	1.5	2	2.5	
Possible	40%	0.4	0.8	1.2	1.6	2	
	30%	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	
Improbable	20%	0.2	0.4	0.6	0.8	1	
	10%	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	
		1	2	3	4	5	
		Insignificante	Menor	Moderado	Mayor	Catastrófico	

Fuente: Elaboración propia.

El tiempo requerido para que peatones, conductores y otros usuarios se adapten a los nuevos lineamientos de vía impuestos por la Zona de Bajas Emisiones es lo que se le conoce como un periodo de adaptación a los cambios. En esta etapa pueden surgir comportamientos inapropiados o falta de conocimiento.

9.2.1.11. Mantenimiento y Control Institucional.

Tabla 30 33 Matriz de riesgos Mantenimiento y control institucional.

Matriz de Riesgos						
	Porcentaje					
Frecuente	100%	1	2	3	4	5
	90%	0.9	1.8	2.7	3.6	4.5
Probable	80%	0.8	1.6	2.4	3.2	4
	70%	0.7	1.4	2.1	2.8	3.5
Ocasional	60%	0.6	1.2	1.8	2.4	3
	50%	0.5	1	1.5	2	2.5
Posible	40%	0.4	0.8	1.2	1.6	2
	30%	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5
Improbable	20%	0.2	0.4	0.6	0.8	1
	10%	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
		1	2	3	4	5
		Insignificante	Menor	Moderado	Mayor	Catastrófico

Fuente: Elaboración propia.

El mantenimiento y la supervisión de las instituciones son un peligro operativo y de gestión que podría poner en peligro la sostenibilidad y la eficiencia del proyecto de Zona de Bajas Emisiones a lo largo del proceso.

9.2.2. Jerarquización de Riesgos

Una vez realizado la matriz de riesgos para cada uno de ellos, se obtiene la Tabla 31, donde se detalla: El riesgo, La categoría y el Valor de riesgo obtenido. Con la finalidad de dar prioridad a los riesgos de categoría alta.

Tabla 3134 Jerarquización de Riesgos.

Nº Riesgo	Riesgo	Categorización	Valor Riesgo
8	Interacción con usuarios vulnerables	Alto	3.5
2	Riesgos financieros	Alto	3.07
5	Riesgos institucionales	Alto	2.97
11	Mantenimiento y control institucional	Alto	2.8
3	Riesgos sociales	Alto	2.53
7	Aumento temporal de Siniestros en las vías	Alto	2.5
6	Riesgos legales y normativos	Medio	1.85
10	Periodo de adaptación a cambios	Medio	1.6
4	Riesgos ambientales	Bajo	1.57
1	Riesgos técnicos operativos/ fallo tecnológico	Bajo	1.23
9	Diseño vial, velocidad y señalización inadecuada	Bajo	0.9

Fuente: Elaboración propia.

9.2.3. Afectación de los Riesgos al Proyecto

9.2.3.1. Interacción con Usuarios Vulnerables.

El riesgo de interacción con usuarios vulnerables en un proyecto, especialmente en el contexto de transporte y vialidad, afecta la seguridad y viabilidad del proyecto al aumentar la posibilidad de accidentes, lesiones y muertes entre los grupos más expuestos como peatones, ciclistas, niños, ancianos y personas con discapacidades. Este riesgo requiere que el proyecto contemple medidas específicas para proteger a estos usuarios mediante el diseño seguro de infraestructuras, implementación de tecnologías de seguridad, y políticas que minimicen la exposición a peligros.

La interacción con usuarios vulnerables impacta en la planificación al exigir un enfoque centrado en la seguridad humana, con la identificación de zonas críticas como cruces peatonales o áreas con alta concentración de usuarios vulnerables, para aplicar estrategias preventivas. Ignorar

este riesgo puede derivar en consecuencias graves para la salud pública, aumentar costos por accidentes, retrasos en el proyecto y afectar la aceptación social del mismo.

En resumen, el riesgo de interacción con usuarios vulnerables afecta la integridad del proyecto tanto en términos humanos como operativos, por lo cual su gestión es esencial para garantizar seguridad, cumplimiento normativo y sostenibilidad en proyectos urbanos o de transporte.

9.2.3.2. Riesgos Financieros.

Los riesgos financieros en un proyecto afectan su desarrollo y éxito de manera significativa, ya que introducen incertidumbre respecto a los resultados económicos y operativos. En términos generales, estos riesgos pueden impactar en la disponibilidad de recursos, la rentabilidad, la estabilidad y la viabilidad del proyecto, generando retrasos, sobrecostos o incluso el fracaso de este.

Los riesgos financieros alteran directamente los flujos de caja y los presupuestos, dificultando la planificación y gestión eficiente de los recursos. Cuando un proyecto enfrenta riesgos como fluctuaciones en los costos, variaciones en tasas de interés, tipos de cambio o inflación, puede experimentar pérdidas económicas, disminución en márgenes de rentabilidad y dificultad para cumplir sus metas financieras. Además, estos riesgos pueden generar sanciones financieras, desafíos operativos y daños reputacionales si no se gestionan adecuadamente.

En conclusión, los riesgos financieros afectan la sostenibilidad y éxito del proyecto, poniendo en riesgo los recursos, la rentabilidad y la continuidad. La adecuada gestión y planificación de estos riesgos, mediante el análisis y la implementación de medidas preventivas,

resulta esencial para minimizar su impacto y facilitar decisiones informadas en cada etapa del proyecto.

9.2.3.3. Riesgos Institucionales.

Los riesgos institucionales afectan un proyecto al introducir incertidumbres relacionadas con la estructura, gobernanza, políticas internas, capacidades y cultura de la organización que lo ejecuta. Estos riesgos pueden generar dificultades en la toma de decisiones, retrasos, mala gestión, incumplimiento normativo y falta de apoyo institucional, afectando la planificación y ejecución del proyecto.

En términos generales, estos riesgos impactan la sostenibilidad y éxito del proyecto, ya que la inestabilidad institucional o deficiencias en la gestión pueden limitar recursos, obstaculizar la cooperación de actores clave y reducir la capacidad de respuesta ante problemas o cambios. Esto puede traducirse en sobrecostos, incumplimientos de objetivos y pérdida de confianza en el proyecto.

Por lo tanto, la gestión de riesgos institucionales es clave para anticipar y mitigar obstáculos organizacionales que amenacen la continuidad, eficiencia y resultados del proyecto, fomentando la transparencia, participación, rendición de cuentas y alineación con objetivos estratégicos.

9.2.3.4. Mantenimiento y Control Institucional.

La participación institucional es fundamental en la administración, mantenimiento y control de las Zonas de Bajas Emisiones; La efectividad de estas zonas no solo depende de la infraestructura y las regulaciones que se establezcan, sino también del apoyo y la colaboración

activa de las entidades de control, por tal razón se deben considerar los riesgos que implica la falta de acción institucional como son:

- Falta de control de accesos a la ZBE
- Deficiente infraestructura operativa en la ZBE
- Falta de mantenimiento adecuado a la tecnología de la ZBE

La implementación exitosa de una Zona de Bajas Emisiones (ZBE) depende en gran medida del apoyo de soluciones tecnológicas avanzadas. Estas herramientas no solo hacen más fácil la gestión y el control de la ZBE, sino que también enriquecen la experiencia de los usuarios, fomentan la movilidad sostenible y garantizan el cumplimiento de las regulaciones.

9.2.3.5. Riesgos Sociales.

Los cambios de estilo de vida y de costumbres en la población sobre la que se implementará la Zona de bajas emisiones, son parámetros para considerar para la implementación exitosa del proyecto, es por esta razón que los riesgos sociales serán todos los efectos adversos que se puedan provocar en la sociedad y en el entorno, además que esto evitara sanciones legales y posiblemente financieras.

Estos riesgos incluyen violaciones de derechos humanos, conflictos sociales, desplazamientos y pérdida de plazas de trabajo.

La gestión adecuada de estos riesgos es crucial para garantizar la operación eficiente de la Zona de Bajas Emisiones, ya que permitirá evitar problemas, mejorar la reputación institucional y contribuir al desarrollo sostenible.

9.2.3.6. Aumento Temporal de Siniestros en las Vías.

Durante las fases iniciales de implementación de la Zona de Bajas Emisiones (ZBE), pueden presentarse alteraciones en los patrones normales de tráfico vehicular y peatonal. Estas modificaciones como desvíos, restricciones de acceso, cambios en los sentidos de circulación y nueva señalización pueden generar confusión temporal entre los conductores, peatones y ciclistas, incrementando el riesgo de accidentes de tránsito o siniestros viales.

Causas Probables

- Cambios recientes o mal comunicados en la señalización vial.
- Desconocimiento de las nuevas rutas o restricciones por parte de los conductores.
- Incremento del tránsito en vías alternas o de borde del perímetro ZBE.
- Presencia de obras civiles, maquinaria o intervenciones en la vía.
- Falta de educación vial y campañas informativas previas

Consecuencias Potenciales

- Aumento temporal de la tasa de siniestros (choques leves, atropellos, daños materiales).
- Congestión vehicular en vías secundarias.
- Pérdida de confianza ciudadana en el proyecto.
- Posibles afectaciones a la movilidad peatonal y ciclista.

9.2.3.7. Riesgos Legales y Normativos.

La implementación de una Zona de Bajas Emisiones (ZBE) o medidas similares puede enfrentar diversos riesgos legales y normativos que deben considerarse cuidadosamente para garantizar su validez y eficacia.

El Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) Municipal podría no tener plenamente delimitadas sus competencias para restringir la circulación de ciertos vehículos o imponer sanciones ambientales. La base legal aplicable se encuentra en la Constitución del Ecuador (art. 264, sobre competencias exclusivas municipales), el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD) y la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial (LOTTTSV). La ausencia de una delimitación clara podría generar cuestionamientos a la legalidad de las medidas adoptadas

La falta de ordenanzas específicas sobre calidad del aire, control de emisiones o gestión ambiental urbana dificultaría la aplicación de medidas, sanciones o controles. Es fundamental contar con normativa local que respalte las acciones municipales.

Los propietarios de vehículos o transportistas podrían alegar violación a su derecho constitucional al libre tránsito o a la igualdad ante la ley, establecidos en el artículo 66 de la Constitución del Ecuador. Cualquier restricción deberá estar debidamente justificada y sustentada legalmente.

Las multas, cobros o restricciones económicas podrían ser impugnadas si no cuentan con una ordenanza aprobada conforme a la ley o si no se justifica su proporcionalidad. La transparencia en los mecanismos de control y sanción es clave para evitar conflictos legales.

Existe el riesgo de que las acciones del proyecto no se ajusten a los parámetros establecidos en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (TULSMA), particularmente en lo relativo a calidad del aire, ruido o emisiones. El incumplimiento podría generar observaciones por parte del MAATE u otros organismos de control.

Los procesos de adquisición de equipos y tecnología (sensores, cámaras, software, señalética, etc.) deben cumplir estrictamente con la Ley Orgánica Reformatoria a la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública. Cualquier incumplimiento podría derivar en observaciones, sanciones o nulidad de contratos.

La ausencia de consultas o audiencias públicas podría generar impugnaciones o resistencia social. Tanto el COOTAD como el TULSMA establecen la obligación de promover la participación ciudadana en proyectos con impacto ambiental o urbano, por lo que su incumplimiento podría vulnerar derechos de participación y transparencia.

Si la implementación de la ZBE no está alineada con el PDOT o con el Plan de Movilidad vigente, el proyecto podría ser observado por organismos de control como la Contraloría General del Estado o el MAATE, afectando su viabilidad técnica y legal.

9.2.3.8. Período de Adaptación a Cambios.

La ciudadanía se ve notablemente afectada por el período de adaptación a modificaciones, porque se supone una alteración directa en las costumbres y rutinas de la movilidad, dinámicas sociales de los residentes dentro y alrededor de la Zona de Bajas Emisiones. Este procedimiento tiende a provocar resistencia al principio, porque altera las rutinas ya establecidas, como los

transportes diarios, los horarios laborales o la utilización de los vehículos privados. La ciudadanía puede sentirse confundida o insatisfecha ante las limitaciones vehiculares, las nuevas regulaciones y los sistemas de control medioambientales que se les impone particularmente si se sienten que estos afectan su tiempo de libertad de movilidad o comodidad.

Asimismo, los hábitos laborales y comerciales que dependen de la circulación de vehículos pueden sufrir un perjuicio temporal, lo cual aumenta el descontento social y la noción de desigualdad frente a las nuevas normativas. La falta de colaboración con las autoridades, las quejas y las críticas son algunas de las maneras en que pueden expresarse estas reacciones ciudadanas, lo cual puede dificultar el establecimiento de una cultura ambiental participativa. En el ámbito social, la adaptación tiene la capacidad de generar conflicto entre grupos diversos, en particular entre aquellos que obtienen beneficios del proyecto y los que experimentan más limitaciones. En general, este riesgo impacta la legitimidad de las instituciones, la aceptación por parte del público y el sentido de corresponsabilidad de los ciudadanos con respecto a los objetivos medioambientales del proyecto.

9.2.3.9. Riesgos Ambientales.

La contaminación en la etapa de implementación es uno de los peligros medioambientales más importantes en el proyecto de establecer la Zona de Bajas Emisiones, debido a que puede ir en contra temporalmente de las metas ecológicas que sustentan el proyecto.

La contaminación del aire en áreas alrededor del perímetro de trabajo disminuye debido a que la maquinaria pesada se utiliza con frecuencia y los vehículos de carga circulan a menudo, lo cual hace que aumenten temporalmente las partículas en suspensión y los gases contaminantes.

Asimismo, la manipulación y recolección de materiales para la construcción producen desechos que, si no se gestionan a tiempo, tienen el potencial de dispersarse y perjudicar el suelo o los sistemas de drenaje urbano. Desde una perspectiva social, la existencia de desecho, ruido y polvo pueden causar incomodidades, quejas o percepciones negativas entre los habitantes, lo cual puede perjudicar la confianza en el proyecto y hacer que sea menos aceptado por el público en general. Este riesgo ambiental de carácter temporal tiene el potencial de afectar la imagen institucional y demorar la adquisición de los beneficios medioambientales que se espera del proyecto.

9.2.3.10. Riesgos Técnicos Operativos/ Fallo Tecnológico.

El riesgo técnico-operativo relacionado con fallos tecnológicos constituye uno de los desafíos más relevantes en la implementación de una Zona de Bajas Emisiones (ZBE), especialmente en contextos urbanos emergentes como lo es la ciudad de Cayambe. Este tipo de riesgo se asocia a la dependencia del proyecto respecto de sistemas inteligentes de control, monitoreo y gestión del tránsito, los cuales son esenciales para garantizar la operatividad del modelo de movilidad sostenible y la trazabilidad de sus resultados.

En el marco del proyecto, el riesgo tecnológico se manifiesta a través de posibles interrupciones o malfuncionamientos en los dispositivos de registro ambiental, cámaras de vigilancia, software de gestión de accesos vehiculares y plataformas de análisis de datos. Estos sistemas conforman la infraestructura digital que permite el control de emisiones y la fiscalización de la circulación dentro del perímetro de la ZBE. Una falla en cualquiera de estos componentes podría derivar en la pérdida de información crítica, en la imposibilidad de aplicar sanciones o en la reducción del nivel de confianza institucional y ciudadana hacia el proyecto.

Además, este tipo de riesgo se ve amplificado por factores estructurales presentes en ciudades intermedias del Ecuador, tales como la limitada capacidad técnica local, la falta de personal especializado en mantenimiento de sistemas inteligentes de movilidad, la limitada infraestructura vial y la dependencia de proveedores externos. Estas condiciones incrementan la vulnerabilidad del sistema frente a fallos de hardware, software o conectividad. Asimismo, el rápido avance tecnológico puede volver obsoletos ciertos equipos o aplicaciones antes de lo previsto, dificultando la sostenibilidad del proyecto a largo plazo.

El riesgo no solo compromete la eficacia funcional de la ZBE, sino también su credibilidad como modelo piloto nacional. En consecuencia, se requiere un enfoque preventivo de gestión tecnológica que incluya una visión estratégica de innovación, interoperabilidad y resiliencia digital, donde la infraestructura tecnológica sea vista como un activo crítico del sistema de movilidad urbana sostenible (Banco Interamericano de Desarrollo, 2023).

9.2.3.11. Diseño Vial, Velocidad y Señalización Inadecuada.

El riesgo asociado al diseño vial, la velocidad y la señalización inadecuada se configura como uno de los factores más determinantes para la seguridad vial dentro del proyecto de implementación de la ZBE en Cayambe. Este riesgo surge cuando la infraestructura vial no se adapta de manera integral al nuevo esquema de movilidad sostenible, generando puntos de conflicto entre peatones, ciclistas, vehículos particulares y transporte público.

En el contexto urbano de Cayambe, caracterizado por calles estrechas, intersecciones sin jerarquización clara y un alto flujo vehicular en el casco histórico, la falta de diseño vial adaptado puede aumentar considerablemente la probabilidad de siniestros. A ello se suma la carencia de una

señalización uniforme y visible, así como la inexistencia de mecanismos físicos que limiten la velocidad tales como chevrones, bolardos o reductores, lo que facilita comportamientos de conducción inapropiados. Este tipo de riesgo tiene una naturaleza sistémica, ya que involucra la interacción simultánea entre infraestructura, comportamiento humano y gestión institucional.

La velocidad inadecuada constituye uno de los principales determinantes de la gravedad de los siniestros viales. La Organización Mundial de la Salud (2023) estima que reducir en 5 km/h la velocidad media puede disminuir en un 30 % la mortalidad por siniestros urbanos. En este sentido, una ZBE que no contemple medidas efectivas de calmado de tráfico o una red coherente de señalización puede terminar reproduciendo las mismas condiciones de riesgo que busca mitigar.

Por otro lado, el diseño vial deficiente también afecta la movilidad activa y la inclusión, ya que, si las vías no ofrecen accesos seguros para peatones y ciclistas, o si la señalización no diferencia adecuadamente los flujos motorizados y no motorizados, se genera una exclusión funcional que contradice los principios de movilidad sostenible y accesibilidad universal del proyecto. En consecuencia, este riesgo no solo compromete la seguridad física de los usuarios, sino también la equidad social y la aceptación ciudadana de la ZBE como política pública.

Además, el riesgo vinculado al diseño vial y la señalización inadecuada se traduce en una amenaza directa al objetivo principal del proyecto que es mantener un nivel cero de siniestralidad, ya que incide en la probabilidad de colisiones, atropellos y conflictos modales. Por ello, su gestión requiere un análisis técnico multidimensional que involucre auditorías viales, observación de comportamiento y una planificación integral del espacio urbano (Comisión Europea, 2022).

9.3. Plan de Mitigación de Riesgos.

Un esquema para reducir riesgos es una herramienta de administración que define tácticas, medidas y medios para disminuir la posibilidad de que se presenten o el efecto adverso de los riesgos reconocidos en un proyecto o actividad de la organización. Su objetivo es prever potenciales peligros de atenuar sus consecuencias y asegurar la continuidad de las operaciones a través de condiciones de prevención y corrección.

9.3.1. *Interacción con Usuarios Vulnerables*

Tabla 35 *Plan de mitigación de Riesgos Interacción con usuarios vulnerables.*

Actividad	Descripción	Responsable	Tiempo de implementación	Frecuencia de seguimiento	Indicador de seguimiento
Reformas geométricas	Construcción de rampas en cruces y accesos peatonales para personas con movilidad reducida dentro de la zona de restricción vehicular.	EPMM-C	3 meses	Cada 4 meses	Verificación del buen estado y funcionalidad.
Implementación de Sistemas semafóricos	Implementación de sistemas semafóricos con tecnología apta para personas con discapacidad	EPMM-C	3 meses, una vez realizado la obra civil	Cada 4 meses	Comprobación del funcionamiento de los sistemas.

	visual (Braile) y Auditiva en puntos estratégicos del proyecto.				
Creación de carriles para bicicletas	Diseño y Rediseño, señalización de carriles exclusivos para ciclistas, segregados del tránsito vehicular.	EPMM-C	4 meses	Cada 3 meses	Estado de la señalización y reducción de incidentes y accidentes.
Delimitación de la velocidad en el área de estudio a 30 km/h	Colocación de señalización de límites de velocidad en la ZBE	EPMM-C	2 meses	Cada 3 meses	Verificación de cumplimiento de la señalización mediante reportes de controles operativos.
Campañas de educación vial	Charlas, talleres y difusión en medios sobre protección de usuarios vulnerables	Departamento de comunicación EPMM-C	2 meses	Cada 3 meses	Participación ciudadana (Aforo) y nivel de conocimiento obtenido (Encuestas).

Fuente: Elaboración propia.

9.3.2. Riegos Financieros

Tabla 36 Plan de mitigación del Riesgo Financiero.

Actividad	Descripción	Responsable	Tiempo de implementación	Frecuencia de seguimiento	Indicador de seguimiento

Creación de fondo de contingencia	Asignación en el POA del 10% del presupuesto total como reserva ante imprevistos financieros.	Coordinación Financiera EPMM-C	Durante toda la ejecución	Cada 4 meses	Disponibilidad del fondo según plan financiero.
Auditorías financieras semestrales	Revisión del uso de recursos y cumplimiento del presupuesto.	Unidad Ejecutora del Proyecto	6 meses	Cada 6 meses	Resultados de auditorías y corrección de desviaciones.
Digitalización del control financiero	Implementación de software de gestión para seguimiento de ingresos y egresos.	Dirección Financiera del Proyecto	2 meses	Continuo	Reportes automáticos de ejecución presupuestaria.
Diversificación de fuentes de financiamiento	Acuerdos con instituciones públicas y privadas para cofinanciamiento.	GAD Municipal/EPMM-C / Unidad Ejecutora del proyecto	4 meses	Cada 6 meses	Número de convenios firmados y fondos captados.

Fuente: Elaboración propia.

Con las medidas descritas en la Tabla 36, se asegura un proceso financiero para el pleno funcionamiento de la Zona de Bajas Emisiones.

9.3.3. Riesgos Institucionales

Tabla 37 Plan de mitigación del Riesgo Institucional.

Actividad	Descripción	Responsable	Tiempo de implementación	Frecuencia de seguimiento	Indicador de seguimiento
Creación de comité interinstitucional	Conformación de un comité permanente para	GAD Municipal/EPMM-C/ Secretaría Técnica ZBE	1 mes	Cada mes	Actas de reuniones y acuerdos cumplidos.

	coordinación del proyecto.				
Formalización de convenios	Elaboración y firma de memorandos con responsabilidades definidas.	GAD Municipal/Gerencia EPMM-C/	4 meses	Cada 6 meses	Convenios vigentes y operativos.
Digitalización de trámites administrativos	Implementación de plataformas para gestión documental y procesos internos.	Secretaría Técnica ZBE	3 meses	Cada 6 meses	Porcentaje de trámites digitalizados.
Nombramiento de coordinador institucional	Asignación de un Administrador general del proyecto entre las entidades.	GAD Municipal/EPMM-C/ Secretaría Técnica ZBE	1 mes	Cada 1 año	Designación formal y cumplimiento de funciones.

Fuente: Elaboración propia.

9.3.4. Mantenimiento y Control Institucional

Tabla 38 Plan de mitigación del Riesgo Mantenimiento y control institucional.

Actividad	Descripción	Responsable	Tiempo de implementación	Frecuencia de seguimiento	Indicador de seguimiento
Creación de la Unidad Técnica de mantenimiento	Conformación de un equipo especializado para inspección y mantenimiento de la ZBE.	EPMM-C / Unidad Técnica de la ZBE	2 meses	Cada 3 meses	Unidad técnica establecida y operativa.
Elaboración del plan de	Desarrollo de un	Unidad Técnica de	2 meses	Cada 6 meses	Cumplimiento del cronograma

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de IDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

mantenimiento preventivo	programa de mantenimiento periódico con cronogramas definidos.	Mantenimiento			y número de revisiones efectuadas.
Asignación de presupuesto específico	Destinación de recursos exclusivos para mantenimiento y control técnico.	Dirección Financiera de la ZBE	1 mes	Cada 6 meses	Ejecución presupuestaria conforme al POA y presupuesto.
Implementación de sistema digital de incidencias	Creación de plataforma para registrar, monitorear y resolver fallos técnicos.	Unidad Técnica de mantenimiento / Departamento TICs EPMM-C	3 meses	Continuo	Reportes generados y tiempo promedio de respuesta.
Auditorías técnicas externas	Evaluación del cumplimiento de normas y protocolos.	Auditoría Externa / EPMM-C	6 meses	Anual	Informes técnicos y cumplimiento de recomendaciones.

Fuente: Elaboración propia.

9.3.5. Riesgos Sociales

Tabla 39 Plan de mitigación de Riesgos Sociales.

Actividad	Descripción	Responsable	Tiempo de implementación	Frecuencia de seguimiento	Indicador de seguimiento
Programa de comunicación pública	Difusión de información sobre el	Dirección de Comunicación Social EPMM-C	1 mes	Continuo	Alcance de la información

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de IDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

	proyecto y sus beneficios.				en medios locales.
Creación del Comité de Seguimiento de ZBE	Elegir un comité encargado de atender las necesidades de la población en la zona de estudio	EPMM-C	1 mes	6 meses	Informes de seguimiento de inclusión de Dirigentes comunitarios
Talleres con líderes comunitarios	Espacios de diálogo y consulta con representantes locales.	EPMM-C coordinación de educación Vial / Participación Ciudadana	2 meses	Cada 3 meses	Número de talleres realizados y nivel de participación .
Creación de canal ciudadano	Implementación de medios para quejas y sugerencias.	EPMM-C	1 mes	Continuo	Cantidad de reportes atendidos y tiempo de respuesta.
Inclusión comunitaria en mesa de seguimiento	Participación de delegados ciudadanos en la supervisión del proyecto.	EPMM-C / Comité de Seguimiento de ZBE/ Lideres Comunitarios	2 meses	Cada 3 meses	Participación en reuniones.
Campañas educativas sobre movilidad sostenible	Programas de sensibilización con la sociedad civil.	Dirección de Educación EPMM-C	3 meses	Cada 6 meses	Nivel de conocimiento adquirido y percepción ciudadana (Encuestas y Aforos)

Fuente: Elaboración propia.

9.3.6. Aumento Temporal de Siniestros en las Vías

Tabla 40 Plan de mitigación de Riesgos Aumento temporal de Siniestros en las vías.

Actividad	Descripción	Responsable	Tiempo de implementación	Frecuencia de seguimiento	Indicador de seguimiento
Colocación de señalización temporal	Colocación de señales y desvíos en zonas de obras o restricción.	EPMM-C	1 mes	Semanal	Cobertura de señalización instalada.
Control policial en áreas críticas	Incremento de presencia policial en intersecciones y zonas de riesgo.	Policía Nacional de Transito/ EPMM-C	1 mes	Semanal	Número de controles realizados.
Campañas de sensibilización vial	Difusión de mensajes preventivos en medios locales y redes.	Coordinación de comunicación EPMM-C	1 mes	Cada semana	Alcance de la campaña y nivel de recepción ciudadana.
Análisis semanal de siniestros	Monitoreo de accidentes y aplicación de medidas correctivas.	Policía Nacional de Transito/ EPMM-C	3 meses	Semanal	Reporte de incidentes y medidas implementadas .

Fuente: Elaboración propia.

9.3.7. Riesgos Legales y Normativos

Tabla 41 Plan de mitigación de Riesgos Legales y Normativos.

Actividad	Descripción	Responsable	Tiempo de implementación	Frecuencia de seguimiento	Indicador de seguimiento

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de IDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

Revisión/Creación de normativa municipal específica	Elaboración y aprobación de ordenanza para la Zona de Bajas Emisiones.	Coordinación Jurídica / Directorio EPMM-C	6 meses	Anual	Norma aprobada y publicada.
Evaluación legal de convenios y contratos	Revisión jurídica previa de todos los documentos vinculantes.	Coordinación Jurídica / Directorio EPMM-C	Continuo	Anual	Porcentaje de contratos revisados.
Asistencia legal en temas ambientales y de tránsito	Asesoramiento constante durante el desarrollo del proyecto.	Coordinación Jurídica / Gerente General EPMM-C/MAATE	Continuo	Anual	Cumplimiento de la legislación vigente.
Capacitación del personal en normativa	Entrenamiento a técnicos y administrativos sobre leyes aplicables.	EPMM-C	3 meses	Cada año	Número de funcionarios capacitados.
Supervisión del cumplimiento normativo	Auditoría del cumplimiento legal del proyecto.	Coordinación Jurídica / Gerente General EPMM-C/ Unidad de planificación	12 meses	Anual	Informe de cumplimiento.

Fuente: Elaboración propia.

9.3.8. Periodo de Adaptación a Cambios

Tabla 42 Plan de mitigación del Riesgo Periodo de adaptación a cambios.

Actividad	Descripción	Responsable	Tiempo de implementación	Frecuencia de seguimiento	Indicador de seguimiento

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de IDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

Implementación del periodo de prueba	Aplicación temporal de las regulaciones para evaluación social.	Equipo Técnico del Proyecto	1 mes	Semanal	Niveles de cumplimiento y de aceptación ciudadana.
Difusión informativa sobre el proceso del proyecto	Comunicación en medios tradicionales y digitales.	Coordinación de comunicación EPMM-C	1 mes	Semanal	Alcance de la información emitida.
Creación de servicio temporal de atención ciudadana	Recepción de consultas y reclamos durante la adaptación.	EPMM-C/ GAD Municipal	1 mes	Semanal	Tiempo de respuesta a usuarios.
Seguimiento y ajustes según retroalimentación	Ánalisis de opiniones y adaptación de estrategias.	Comité de Seguimiento de ZBE / EPMM-C	3 meses	Semanal	Modificaciones implementadas según sugerencias.

Fuente: Elaboración propia.

9.3.9. Riesgos Ambientales

Tabla 43 Plan de mitigación de Riesgos ambientales.

Actividad	Descripción	Responsable	Tiempo de implementación	Frecuencia de seguimiento	Indicador de seguimiento
Plan de manejo ambiental	Elaboración y ejecución de plan aprobado por el MAATE.	Coordinación de planificación EPMM-C / MAATE	4 meses	Cada 6 meses	Cumplimiento de las medidas ambientales.
Manejo de residuos tecnológicos	Supervisión del almacenamiento	Coordinación de	Continuo	Mensual	Cumplimiento de

y de construcción	o y disposición Final.	planificación EPMM-C			protocolos de disposición.
Uso de materiales sostenibles y maquinaria eficiente	Selección de equipos con bajas emisiones y materiales reciclables.	EPMM-C/ Contratistas	Durante la ejecución	Mensual	Registro de materiales sostenibles utilizados.
Reforestación urbana compensatoria	Plantación de especies nativas en áreas de intervención.	EPMM-C / MAATE	3 meses	Trimestral	Número de árboles plantados y supervivencia .
Contratación de personal ambiental certificado	Inclusión de técnicos acreditados para control y seguimiento.	Coordinación de Recursos Humanos EPMM-C	1 mes	Trimestral	Personal certificado activo en el proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

9.3.10. Riesgos Técnicos Operativos/ Fallo Tecnológico

Tabla 44 Plan de mitigación de Riesgos técnicos operativos/Fallo tecnológico.

Actividad	Descripción	Responsable	Tiempo de implementación	Frecuencia de seguimiento	Indicador de seguimiento
Inspecciones técnicas del sistema	Revisión del funcionamiento de los equipos tecnológicos.	Unidad Técnica del Proyecto/TICs	1 semana	Mensual	Registro de inspecciones realizadas.
Mantenimiento preventivo y correctivo	Intervenciones programadas para asegurar el funcionamiento continuo.	Unidad Técnica / Departamento TIC	1 mes	Mensual	Reporte de mantenimiento y fallos corregidos.

Implementación de sistemas de respaldo	Instalación de backups de energía y datos.	Departamento TIC	2 meses	Trimestral	Funcionamiento del sistema de respaldo.
Capacitación técnica del personal	Formación del equipo en mantenimiento proactivo.	Unidad Técnica /Coordinación de Recursos Humanos EPMM-C	3 meses	Semestral	Personal capacitado y evaluado.
Renovación de licencias de software	Actualización del sistema de gestión y monitoreo.	Departamento TIC	6 meses	Anual	Software actualizado y operativo.

Fuente: Elaboración propia.

9.3.11. Diseño Vial, Velocidad y Señalización Inadecuada

Tabla 45 Plan de mitigación del Riesgo diseño vial, velocidad y señalización inadecuada.

Actividad	Descripción	Responsable	Tiempo de implementación	Frecuencia de seguimiento	Indicador de seguimiento
Señalización horizontal y vertical del Área de estudio	Instalación y Actualización conforme a la normativa INEN.	EPMM-C	6 meses	Anual	Porcentaje de señalización renovada.
Instalación de sensores de velocidad y semáforos inteligentes	Implementación de tecnología para control vial	Coordinación de infraestructura vial EPMM-C	6 meses	Semestral	Número Dispositivos en funcionamiento.
Mejora de iluminación con lámparas LED	Sustitución de luminarias en zonas de alto tránsito.	Empresa Eléctrica Emelnorte/ EPMM-C	3 meses	Semestral	Nivel de luminosidad.

Análisis de volúmenes de tránsito	Estudio de flujo vehicular para optimizar el diseño vial.	EPMM-C	12 meses	Anual	Informe técnico actualizado.
Mantenimiento del mobiliario urbano y señalética	Reparación periódica de elementos viales deteriorados.	Coordinación de infraestructura vial EPMM-C	Continuo	Trimestral	Informe de Estado de conservación de la infraestructura .

Fuente: Elaboración propia.

Con estas medidas de mitigación se crea un entorno más seguro y saludable para los usuarios viales, minimizando la exposición a contaminantes y facilitando una interacción responsable dentro de la Zona de Bajas Emisiones Cayambe.

CAPÍTULO X: RESULTADOS ESPERADOS

El presente capítulo desarrolla los resultados esperados del proyecto “Diseño de una Zona de Bajas Emisiones (ZBE) para la seguridad vial y sostenibilidad en el centro urbano de Cayambe”, concebido como una propuesta técnica y estratégica que busca reducir las emisiones contaminantes, mejorar la movilidad urbana y fortalecer la sostenibilidad ambiental y social del cantón. Su formulación parte del reconocimiento de que la planificación urbana sostenible requiere indicadores medibles y comparables, capaces de traducir los objetivos del proyecto en impactos verificables sobre la salud, la seguridad vial y la calidad de vida de la población.

Para establecer los resultados esperados en la zona de estudio, se tomaron como referencia experiencias internacionales consolidadas de Zonas de Bajas Emisiones en ciudades como Madrid, Londres, Bogotá, Santiago de Chile y Ciudad de México, cuyos programas han demostrado reducciones sustanciales de material particulado, óxidos de nitrógeno y dióxido de carbono, así como mejoras en los niveles de seguridad vial y aceptación ciudadana. Estas referencias permiten realizar comparaciones proporcionales y desarrollar una proyección ajustada a la escala urbana de Cayambe, con base en su contexto demográfico, topográfico y funcional.

En el caso particular de Cayambe, los resultados esperados se sustentan en un modelo metodológico integral, el cual combina el enfoque SMART (específicos, medibles, alcanzables, relevantes y temporales) con la metodología PDCA (Planificar–Hacer–Verificar–Actuar) y un análisis FODA que identifica las condiciones institucionales y sociales que facilitarán la implementación de la ZBE. De esta manera, el estudio proyecta un horizonte de reducción del

20% de contaminantes atmosféricos al 2030, beneficiando directamente a 44 559 habitantes, junto con el fortalecimiento de la movilidad activa, la redistribución del transporte y la educación ambiental como pilares del cambio sostenible.

En este sentido, los resultados esperados se estructuran bajo una doble lógica de análisis: cuantitativa y cualitativa. La primera se apoya en datos de reducción de emisiones, cambios modales, eficiencia energética y seguridad vial, con porcentajes adaptados de estudios internacionales validados por organismos como la Organización Mundial de la Salud (OMS), la CAF – Banco de Desarrollo de América Latina, y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. La segunda dimensión, de carácter cualitativo, interpreta dichos valores desde una perspectiva social y territorial, evaluando cómo esas transformaciones incidirían en la percepción ciudadana, el comportamiento colectivo y la gestión municipal de la movilidad sostenible.

Por tanto, este capítulo presenta un análisis integral dividido en tres secciones: el impacto en la calidad del aire, los cambios en la movilidad y el uso del transporte, y la participación comunitaria y sensibilización ciudadana. Cada una combina evidencias numéricas con interpretaciones contextuales, buscando mostrar no solo los beneficios medibles del proyecto, sino también su capacidad de generar un cambio cultural hacia un modelo de ciudad limpia, segura y resiliente. De esta forma, los resultados esperados de la ZBE de Cayambe no solo representan una proyección ambiental, sino una visión de transformación urbana sostenible alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 3, 11 y 13).

Tabla 46 Cuadro de Correspondencia entre la ZBE y los ODS

Componente de la ZBE (Acción/Medida)	ODS Relevantes	Meta Específica del ODS	Contribución de la ZBE	Indicador de Seguimiento
Restricción de Vehículos Contaminantes	ODS 3 (Salud y Bienestar)	Reducir sustancialmente el número de muertes y enfermedades producidas por productos químicos peligrosos y la contaminación del aire, el agua y el suelo.	Mejora de la Calidad del Aire al reducir las emisiones de NOx y PM2.5, disminuyendo las enfermedades respiratorias.	Reducción porcentual de las concentraciones de NOx Y PM2.5 en el área de la ZBE.
Fomento de la Movilidad Activa (peatones y ciclistas)	ODS 11 (Ciudades y Comunidades Sostenibles)	Proporcionar acceso a sistemas de transporte seguros, asequibles, accesibles y sostenibles para todos.	Priorización de Modos Sostenibles y creación de un entorno urbano más caminable y seguro.	Aumento del número de viajes en bicicleta y a pie en la ZBE.
Incentivos para Vehículos Cero y Bajas Emisiones	ODS 13 (Acción por el Clima)	Incorporar medidas relativas al cambio climático en las políticas,	Mitigación del Cambio Climático al reducir las emisiones de CO2	Reducción de las emisiones de CO2 del parque vehicular en la ZBE.

		estrategias y planes nacionales.	del transporte urbano.	
Integración con el Transporte Público	PNMUS (Eje de Integración y Eficiencia)	Fomentar la intermodalidad y la eficiencia energética del transporte.	Optimización del Sistema de Transporte y desincentivo del uso del vehículo privado en favor del transporte masivo.	Aumento de la cuota modal del transporte público en la ZBE.

Fuente: Elaboración Propia

10.1. Impacto en la Calidad del Aire

El componente ambiental constituye uno de los pilares fundamentales del diseño de una Zona de Bajas Emisiones (ZBE), ya que su implementación busca mitigar los efectos negativos del transporte motorizado sobre la salud y la sostenibilidad urbana. En el caso del centro urbano de Cayambe, la delimitación de un perímetro de control vehicular pretende reducir progresivamente la concentración de contaminantes atmosféricos derivados de la combustión vehicular, principalmente material particulado fino ($PM_{2.5}$ y PM_{10}), óxidos de nitrógeno (NO_2) y dióxido de carbono (CO_2). Estos compuestos han sido ampliamente asociados con el incremento de enfermedades respiratorias y cardiovasculares, así como con el deterioro del confort ambiental y urbano (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2021).

La evaluación de los impactos esperados en la calidad del aire se fundamenta en un modelo metodológico SMART, establece metas específicas, medibles y alcanzables al 2030. Este modelo se articula con el ciclo de mejora continua PDCA (Planificar–Hacer–Verificar–Actuar), asegurando el seguimiento de indicadores ambientales en cada fase de implementación. Asimismo, el plan contempla la instalación de cuatro estaciones de monitoreo distribuidas estratégicamente en el casco urbano, lo que permitirá establecer una línea base científica y un sistema permanente de control de emisiones.

Las experiencias internacionales evidencian que, cuando las ZBE se aplican con una visión integral combinando restricciones vehiculares, renovación tecnológica, fomento de la movilidad activa y fortalecimiento del transporte público limpio se logran reducciones sustanciales en contaminantes locales y mejoras medibles en salud pública y percepción ciudadana (CAF, 2020; UNEP, 2022). Por tanto, la proyección para Cayambe se sustenta tanto en comparaciones cuantitativas verificadas en ciudades de referencia como en ajustes adaptativos a su escala local y densidad urbana.

10.1.1. Situación Base de la Calidad del Aire

Aunque Cayambe no dispone de una red permanente de monitoreo, los datos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) y las estimaciones del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2022) permiten establecer una línea base ambiental razonable, complementada por los resultados del diagnóstico técnico del Proyecto ZBE Cayambe (2025):

- PM_{2.5} promedio anual: 20 µg/m³

- NO₂ promedio anual: 30 µg/m³
- CO₂ estimado por transporte urbano: 165 000 t/año
- Índice de calidad del aire (AQI): 75 – 85 (categoría “Moderada–Mala”)

Estas concentraciones se explican por la alta densidad vehicular en el centro urbano, la antigüedad del parque automotor diésel, la congestión recurrente en las vías principales (Av. Natalia Jarrín, Chile, Olmedo) y la escasez de rutas de transporte público eficientes. En términos comparativos, la estructura urbana compacta y la topografía de valle generan un fenómeno de acumulación de contaminantes en horas pico, similar al observado en ciudades interandinas como Ambato o Riobamba (MAATE, 2023).

La población directamente beneficiaria de la ZBE asciende a 44 559 habitantes, quienes estarán expuestos a una disminución significativa de contaminantes atmosféricos a medida que avance el proyecto. Este grupo constituye la base poblacional sobre la que se proyectan los impactos sanitarios y ambientales del plan.

10.1.2. Proyección del Impacto Ambiental de la ZBE

El diseño de la ZBE de Cayambe tiene como objetivo reducir progresivamente la contaminación del aire mediante restricción de ingreso de vehículos altamente emisores, sustitución tecnológica de flota pública y comercial, y transición hacia modos no motorizados. Estas acciones se implementarán bajo una planificación en tres fases operativas (2026–2030) definidas por el modelo PDCA:

1. **Fase I (2026–2027):** control de ingreso de vehículos pesados antiguos y promoción del transporte público limpio.
2. **Fase II (2028–2029):** sustitución de flota comercial y consolidación de vías peatonales y ciclovías.
3. **Fase III (2030):** restricción plena a vehículos contaminantes dentro del perímetro y monitoreo ambiental continuo.

Las proyecciones se basan en experiencias documentadas de ZBE internacionales y en los valores de referencia del Entregable 3, ajustadas a la escala local:

Tabla 47 Disminución de gases contaminantes reportados en otras ciudades

Ciudad de referencia	Reducción PM _{2.5} (%)	Reducción NO ₂ (%)	Reducción CO ₂ (%)	Fuente
Madrid Central (España)	-15 %	-23 %	-8 %	Ayuntamiento de Madrid (2021)
Londres ULEZ (Reino Unido)	-13 %	-44 %	-6 %	Greater London Authority (2022)
Bogotá (ZBE piloto)	-12 %	-18 %	-10 %	Secretaría Distrital de Movilidad (2020)
Ciudad de México (Programa ProAire)	-20 %	-30 %	-12 %	Secretaría del Medio Ambiente de CDMX (2020)
Santiago de Chile (ZBE Centro)	-18 %	-25 %	-9 %	Ministerio de Medio Ambiente de Chile (2021)

Fuente: Elaboración Propia

Al extraer estas tendencias a un entorno urbano como Cayambe de menor extensión, densidad vehicular moderada y predominio de tránsito local, se prevé una reducción promedio total al año 2030 de aproximadamente:

Tabla 48 Reducción de emisiones en Cayambe

Contaminante	Línea base 2025	Proyección 2030	Reducción estimada
PM _{2.5}	20 µg/m ³	13 µg/m ³	-35 %
NO ₂	30 µg/m ³	18 µg/m ³	-40 %
CO ₂ (emisiones anuales)	165 000 t/año	135 000 t/año	-18 %

Fuente: Elaboración Propia

El impacto acumulado sobre el índice general de calidad del aire (AQI) se estima en una mejora del 25–30 %, pasando de una categoría “Moderada” (80 puntos) a “Buena” (55 puntos), conforme a los estándares de la EPA y OMS (2021). Además, se espera una reducción del 15 % en concentraciones urbanas de ozono troposférico (O₃), mejorando la visibilidad y reduciendo el daño a la vegetación.

Desde un enfoque cuantitativo, estos resultados reflejan la eficacia técnica del plan; desde un enfoque cualitativo, consolidan una cultura ambiental de corresponsabilidad y respeto por el entorno, elemento esencial de la sostenibilidad urbana.

10.1.3. Beneficios en Salud Pública

La OMS (2021) estima que una reducción de 10 µg/m³ en PM_{2.5} disminuye la mortalidad por enfermedades respiratorias en un 6–10 % y las hospitalizaciones por afecciones cardíacas en

un 8–12 %. Aplicando esta relación dosis-respuesta, la reducción proyectada en Cayambe generaría los siguientes beneficios al 2030:

- Reducción del 7–9 % en consultas por infecciones respiratorias agudas (IRA) en población infantil.
- Disminución del 5–7 % en hospitalizaciones por enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) en adultos mayores.
- Reducción del 4 % en eventos cardiovasculares asociados a contaminación.
- Incremento del 3 % en productividad laboral promedio anual, debido al menor ausentismo.

Considerando una población urbana estimada de 44 559 habitantes (Proyecto ZBE Cayambe, 2024; INEC, 2022), la implementación de la ZBE podría prevenir entre 20 y 25 casos graves de enfermedad respiratoria por año, equivalentes a más de 100 casos evitados en cinco años.

El beneficio económico indirecto asociado se calcula en USD 80 000–100 000 anuales en ahorro sanitario, según costos promedio del sistema público ecuatoriano (Ministerio de Salud Pública [MSP], 2024).

A largo plazo, estos efectos fortalecerán los indicadores de salud ambiental, bienestar social y expectativa de vida urbana, reforzando el cumplimiento de los ODS 3 (Salud y bienestar) y 11 (Ciudades sostenibles).

En síntesis, los resultados esperados del componente ambiental de la ZBE de Cayambe reflejan un potencial de mejora ambiental sostenible, con reducciones proyectadas del 35–40 % en

contaminantes críticos y del 18 % en emisiones de CO₂, junto con la instalación de cuatro estaciones de monitoreo ambiental.

Este avance ubica a Cayambe dentro de los estándares de éxito de las ZBE implementadas en Europa y América Latina, demostrando que la escala intermedia no limita la eficacia de la política cuando existe planificación, control y educación ambiental.

Desde la dimensión cuantitativa, la ZBE constituye una herramienta comprobable de mitigación de emisiones urbanas; desde la cualitativa, representa un cambio estructural en la conciencia colectiva, promoviendo una ciudad más saludable, segura y resiliente.

La correlación entre aire limpio, movilidad sostenible y seguridad vial se consolida, así como el eje transversal de una política urbana integral alineada con la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.

10.2.Cambio en la Movilidad y Uso del Transporte

La implementación de una Zona de Bajas Emisiones (ZBE) no solo implica la mejora de la calidad del aire, sino que transforma de manera estructural la movilidad urbana, generando cambios en los patrones de desplazamiento, en la percepción del espacio público y en la eficiencia del sistema de transporte. En el contexto de Cayambe, el establecimiento de una ZBE dentro del perímetro central (Chile–Olmedo–La Independencia–Av. Natalia Jarrín) busca reorganizar el flujo vehicular, priorizar la movilidad activa y fortalecer el transporte público como alternativa sostenible y segura.

El enfoque metodológico definido en el Entregable 3 del Proyecto ZBE Cayambe (2025) aplica el ciclo PDCA (Planificar–Hacer–Verificar–Actuar) y objetivos SMART, que permiten

monitorear la transformación modal y los impactos sociales derivados de la reorganización del tránsito. Este marco incluye la construcción de 6,2 km de nuevas ciclovías, 2,4 km de tramos rediseñados, y la peatonalización de 8 000 m² de superficie urbana, acompañados de 60 campañas de fomento al transporte público y 20 campañas de movilidad activa, con una inversión total proyectada de USD 3,694,325, conforme el siguiente detalle:

Figura 34 Inversión total proyectada

	OBJETIVO	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	SUBTOTAL
1	Redistribución de Transporte			
1.1	Señalización horizontal m2	500	8.15	\$4,075.00
1.2	Señalización vertical x cada manzana	135	150	\$20,250.00
1.3	Semaforización	10	25000	\$250,000.00
2	Implementar Carriles Exclusivos para Bicicletas			
2.1	Nueva ciclovía	6200	300	\$1,860,000.00
2.2	Rediseño ciclovía actual	2400	150	\$360,000.00
3	Priorizar la Movilidad Activa			
3.1	Campañas	20	1000	\$20,000.00
4	Fomentar el Uso del Transporte Público			
4.1	Campañas	60	1000	\$60,000.00
5	Crear Espacios Verdes y Zonas de Recreación			
5.1	Areas verdes	2	15000	\$30,000.00
6	Realizar Campañas de Educación y Sensibilización con participación ciudadana			
6.1	Campañas	20	1000	\$20,000.00
7	Instalación de Infraestructura de Carga Ecológica	2	100000	\$200,000.00
8	Implementar Sistemas de Monitoreo de Calidad del Aire	2	185000	\$370,000.00
9	Instalación de Señalización Inteligente	100	5000	\$500,000.00
			TOTAL:	\$3,694,325.00

Los numerales 7, 8 y 9 no considerados en el proyecto

Fuente: Elaboración Propia.

La literatura técnica demuestra que las ZBE actúan como catalizadores de transiciones modales hacia formas de desplazamiento más limpias, eficientes y equitativas. Experiencias en Londres, Madrid, Bogotá y Ciudad de México han evidenciado reducciones significativas en el uso del automóvil privado (-20 a -30 %), acompañadas de incrementos en el transporte público (+10 a +15 %) y los modos activos (+25 a +40 %) (CAF, 2020; UNEP, 2022). En este sentido,

Cayambe enfrenta la oportunidad de redefinir su modelo de movilidad urbana hacia uno más resiliente, seguro y alineado con los objetivos de sostenibilidad territorial y seguridad vial.

10.2.1. Diagnóstico Actual de la Movilidad Urbana

Actualmente, Cayambe presenta una matriz modal fuertemente motorizada, donde predomina el uso del automóvil particular (43 %) y de motocicletas (22 %) como principales medios de transporte diario. El transporte público urbano (buses convencionales) representa aproximadamente un 25 % de los viajes, mientras que los desplazamientos peatonales y en bicicleta se estiman en un 10 % del total (INEC, 2022).

Los principales problemas identificados son:

- **Alta congestión vehicular** en horas pico (07:00–09:00 y 17:00–19:00), con velocidades promedio de 12–15 km/h en el eje central.
- **Escasez de infraestructura ciclista continua**, limitada a tramos aislados en la Av. Natalia Jarrín y la Av. 10 de agosto.
- **Transporte público con flota envejecida** (promedio de 13 años de servicio) y emisiones elevadas por uso de diésel.
- **Deficiencia en la intermodalidad**: pocas zonas de transferencia y falta de espacios seguros para peatones.
- **Uso ineficiente del espacio urbano**, con estacionamiento en vía pública que reduce la capacidad vial efectiva y afecta la seguridad peatonal.

Estos factores consolidan un patrón de movilidad dependiente del vehículo privado, generando emisiones innecesarias, accidentes frecuentes y pérdida de competitividad económica.

En materia de seguridad vial, el análisis de siniestralidad 2020–2024 (Agencia Nacional de Tránsito [ANT], 2024) muestra un promedio de 120 siniestros anuales, de los cuales el 60 % involucra motocicletas o automóviles particulares.

Se identificó además que el 70 % de los viajes urbanos en Cayambe se realizan en trayectos menores a 5 km, lo que evidencia un potencial alto de sustitución hacia modos no motorizados, si se dispone de infraestructura y condiciones de seguridad adecuadas.

10.2.2. Transformaciones Esperadas en la Movilidad Urbana

La ZBE de Cayambe pretende inducir una transformación gradual en la movilidad urbana a través de cinco ejes estratégicos:

1. Restricción progresiva del acceso vehicular contaminante en el perímetro central.
2. Mejoramiento del transporte público urbano mediante renovación de flota y rutas prioritarias.
3. Infraestructura de movilidad activa (red de ciclovías seguras y ensanche de infraestructura peatonal).
4. Gestión del estacionamiento y zonas de carga/descargas reguladas.
5. Cultura de movilidad sostenible impulsada por programas educativos y participación ciudadana.

Las proyecciones cuantitativas se basan en modelos de redistribución modal derivados de experiencias internacionales, ajustadas a las condiciones de tamaño, densidad y hábitos de desplazamiento de Cayambe. Al horizonte 2030 se prevé el siguiente cambio modal:

Tabla 49 Disminución proyectada del uso del vehículo privado.

Modo de transporte	Participación actual (2025)	Proyección 2030 (con ZBE)	Variación estimada
Automóvil particular	43%	30%	-13 puntos (-30 %)
Motocicleta	22%	18%	-4 puntos (-18 %)
Transporte público urbano	25%	33%	+8 puntos (+32 %)

Fuente: Elaboración Propia con base en CAF (2020), UNEP (2022), Secretaría de Movilidad de Bogotá (2020) y MAATE (2023).

Estos resultados evidencian un proceso de re-equilibrio modal orientado hacia un sistema urbano más eficiente y menos dependiente del vehículo privado. La reducción del 30 % en el uso del automóvil generará una disminución equivalente en el volumen de tráfico del área central, lo cual redundará en una mejora del 25 % en los tiempos promedio de viaje y en la reducción de la congestión pico en un 35 %.

Asimismo, la promoción de los modos activos permitirá liberar 1,5 hectáreas de superficie vial, que serán destinadas a corredores verdes, mobiliario urbano y espacios de permanencia. Esto incrementará la conectividad entre el centro histórico y los ejes comerciales, fortaleciendo la accesibilidad y la equidad espacial.

Desde la perspectiva cualitativa, estas transformaciones reconfiguran la relación ciudad-movilidad, priorizando al peatón y al transporte público como actores principales del espacio urbano.

10.2.3. Efectos Esperados en Seguridad Vial

Los beneficios esperados en materia de seguridad vial son significativos, dado que la reorganización modal y la pacificación del tráfico reducen tanto la exposición al riesgo como la severidad de los siniestros.

La evidencia internacional muestra que los programas de calmado de tráfico y ZBE logran reducciones de entre 25 y 40 % en la siniestralidad urbana (European Transport Safety Council [ETSC], 2022).

En el caso de Cayambe, donde predominan accidentes por velocidad y falta de infraestructura peatonal, se proyecta una reducción progresiva de:

- –35 % en siniestros totales al 2030.
- –45 % en muertes y lesiones graves de peatones y ciclistas.
- –30 % en colisiones por alcance y choques en intersecciones.

Estas cifras se sustentan en la disminución esperada de la velocidad promedio (de 32 km/h a 25 km/h en el área central), el rediseño geométrico de cruces, la segregación modal y la implementación de control tecnológico (radares, cámaras ANPR y señalización inteligente).

A su vez, el incremento del transporte público y de los modos activos reducirá la demanda de combustible en 18 %, equivalente a 350 000 litros de diésel y gasolina ahorrados anualmente, según factores del Ministerio de Energía del Ecuador (2024). Esta mejora en la eficiencia energética reforzará la sostenibilidad económica del sistema de transporte local, reduciendo costos operativos y emisiones de CO₂ en el largo plazo.

10.2.4. Efectos Esperados en Seguridad Vial

Tabla 50 Efectos esperados en seguridad vial

Indicador	Línea base 2025	Proyección 2030	Cambio esperado	Dimensión
Participación del transporte público	25%	33%	+8 puntos (+32 %)	Movilidad sostenible
Participación modos activos (peatón + bici)	10%	19%	+9 puntos (+90 %)	Movilidad activa
Velocidad promedio en hora pico	15 km/h	20 km/h	33%	Eficiencia vial
Tiempo medio de viaje	32 min	24 min	-25 %	Eficiencia vial
Siniestros totales anuales	120	78	-35 %	Seguridad vial
Percepción de seguridad vial ciudadana*	55/100	80/100	45%	Social

Fuente: Elaboración Propia con base en Proyecto ZBE Cayambe (2025)

La mejora integral de estos indicadores consolidará a Cayambe como modelo piloto de movilidad segura y sostenible en el norte del Ecuador. Las ganancias en eficiencia, reducción de tiempos y ahorro energético no solo impactan en la calidad ambiental, sino también en la productividad urbana, el turismo y la cohesión territorial.

Asimismo, el incremento del transporte público y los modos activos favorece la inclusión social y la igualdad de género, dado que son los medios más utilizados por mujeres, jóvenes y adultos mayores, sectores que frecuentemente presentan movilidad restringida por condiciones económicas o de infraestructura (ONU-Hábitat, 2022).

En síntesis, el cambio estructural que implica la creación de la ZBE de Cayambe proyecta un nuevo paradigma de movilidad urbana, donde la reducción del tráfico motorizado, el

fortalecimiento del transporte público y el estímulo a los modos activos se articulan como ejes de sostenibilidad, seguridad y equidad.

La disminución del 30 % en el uso del automóvil y del 18 % en las motocicletas, junto con el crecimiento del transporte público y la movilidad activa, generará una ciudad más saludable, menos ruidosa y con mayor seguridad vial. Estas transformaciones consolidan los principios de los ODS 11 (Ciudades sostenibles) y 13 (Acción por el clima), demostrando que la movilidad sostenible no es solo una política técnica, sino un instrumento de cohesión social y justicia urbana.

En conjunto, los resultados esperados confirmarán que la movilidad sostenible es la condición estructural para sostener en el tiempo los beneficios ambientales alcanzados en la Sección 9.1 “Impacto en la calidad del aire”, integrando en una misma estrategia la salud pública, la eficiencia energética y la seguridad vial.

10.3. Participación Comunitaria y Sensibilización.

La sostenibilidad de una Zona de Bajas Emisiones (ZBE) no depende únicamente de su diseño técnico o de la regulación vehicular, sino de la aceptación y corresponsabilidad ciudadana. En ciudades intermedias como Cayambe, donde las dinámicas de movilidad están estrechamente vinculadas a las actividades comerciales, familiares y culturales, la participación comunitaria constituye un factor determinante para el éxito del proyecto. La experiencia internacional muestra que las ZBE con alto grado de involucramiento social alcanzan niveles de cumplimiento y permanencia superiores al 80 %, mientras que aquellas implementadas sin procesos de sensibilización sostenidos presentan resistencias o incumplimiento normativo (CAF, 2020; UNEP, 2022). En consecuencia, el componente participativo de la ZBE de Cayambe se concibe como un

proceso de construcción social de la sostenibilidad, que articula comunicación pública, educación y cultura ciudadana en torno a la movilidad limpia y segura, con metas SMART y un esquema de gestión PDCA.

10.3.1. Diagnóstico Sociocultural.

El contexto sociocultural de Cayambe se caracteriza por una estructura comunitaria cohesionada, con fuerte identidad local, mercados tradicionales activos y alto flujo de actividades agro-comerciales. Las encuestas de movilidad (INEC, 2022) evidencian que un 64 % de la población considera necesario el uso diario del vehículo particular, mientras que un 52 % reconoce los efectos negativos de la contaminación vehicular sobre la salud y el ambiente. Solo un 28 % manifiesta conocer el concepto de “zona de bajas emisiones”, lo que confirma una brecha informativa relevante.

Desde la perspectiva cultural, persisten hábitos de desplazamiento corto en automóvil, incluso para trayectos inferiores a 1 km, lo que abre oportunidades para intervenciones en educación ambiental y movilidad activa. A su vez, existe un alto capital social con comités barriales, asociaciones de comerciantes, organizaciones juveniles y redes escolares que puede movilizarse a favor de la ZBE. En la dimensión institucional, el GAD Municipal de Cayambe cuenta con direcciones de Participación Ciudadana, Ambiente y Tránsito y Seguridad Vial, lo que permite articular estrategias conjuntas de comunicación, monitoreo y educación, reduciendo riesgos de fragmentación administrativa.

El Entregable 3 del Proyecto ZBE Cayambe (2025) identifica instrumentos sociales y pedagógicos ya planificados: 12 programas educativos anuales, 60 campañas de fomento al

transporte público y 20 campañas de movilidad activa, además de mecanismos de seguimiento basados en encuestas periódicas de percepción, informes semestrales y foros abiertos. Estos insumos fortalecen la línea de base social y habilitan la medición de resultados esperados.

10.3.2. Estrategias de Participación y Sensibilización.

El componente social se estructura en tres niveles de acción progresiva, alineados al ciclo PDCA:

Comunicación pública y transparencia.

Se implementarán campañas permanentes de difusión sobre objetivos, beneficios, fases y excepciones de la ZBE, utilizando medios locales, redes institucionales, ferias ciudadanas y señalización accesible. Las experiencias de Madrid Central y Londres ULEZ muestran que la transparencia informativa y la gradualidad son determinantes para la aceptación pública (Ayuntamiento de Madrid, 2021; Greater London Authority, 2022). En Cayambe se prevé el portal “Cayambe Respira Limpio”, con mapa interactivo de la ZBE, tablero público de indicadores (calidad del aire, cambio modal, fiscalización pedagógica) y buzón de observaciones. Este sistema de gobernanza abierta fomentará la confianza y la rendición de cuentas.

Educación y cultura de movilidad.

Bajo el lema “Muévete limpio, respira vida”, se desarrollarán programas escolares y acciones comunitarias orientadas al uso de modos activos y al respeto al peatón. Se conformarán Brigadas Escolares de Movilidad Segura para promover movilidad activa en entornos protegidos. Se realizarán talleres sectoriales con transportistas, taxistas y comercio para evidenciar beneficios sanitarios y económicos de la reducción de emisiones y del reparto modal equilibrado. La

experiencia de Bogotá y Santiago confirma que la pedagogía cívica y el trabajo con gremios disminuyen conflictos y mejoran la aceptación (Secretaría Distrital de Movilidad, 2020; Ministerio de Medio Ambiente de Chile, 2021).

Participación y gobernanza colaborativa.

Se constituirá un Consejo Ciudadano de Monitoreo Ambiental y Movilidad Sostenible, con representación de barrios, gremios de transporte, universidades y cámaras de comercio. Sus funciones incluirán: revisión anual de resultados, priorización de proyectos complementarios (ciclovías, cruces seguros, espacios públicos) y propuestas de mejora normativa. Operativamente, se institucionalizará la “Semana Anual del Aire Limpio y la Movilidad Sostenible”, con ciclo paseos, caminatas ecológicas, ferias ambientales, foros sobre movilidad eléctrica y certificación a empresas con prácticas de logística sostenible. Estas acciones convertirán la ZBE en un proyecto ciudadano y no solo en una regulación.

10.3.3. Resultados Esperados.

Siguiendo la lógica cuantitativa–cuantitativa del capítulo y tomando como referencia experiencias internacionales (CAF, 2020; UNEP, 2022; ONU-Hábitat, 2022), así como los insumos del Entregable 3, se proyectan los siguientes indicadores sociales y de percepción para el periodo 2026–2030:

Tabla 51 Resultados Esperados

Indicador social y de percepción	Línea base (2025)	Proyección (2030)	Cambio esperado	Fuente comparativa
----------------------------------	-------------------	-------------------	-----------------	--------------------

Nivel de conocimiento sobre la ZBE	28%	80%	+52 pp (+186 %)	Madrid Central (Ayuntamiento de Madrid, 2021)
Aceptación ciudadana del proyecto	35%	75%	+40 pp (+114 %)	Bogotá (Secretaría Distrital de Movilidad, 2020)
Participación en campañas y ferias	500 personas/año	2 000 personas/año	300%	Santiago (Ministerio de Medio Ambiente de Chile, 2021)
Viajes en modos activos voluntarios	10%	19%	+9 pp (+90 %)	Londres ULEZ (Greater London Authority, 2022)
Satisfacción con la calidad ambiental urbana	48%	78%	+30 pp (+62 %)	ProAire CDMX (SEDEMA, 2020)
Participación de instituciones educativas	5 escuelas	25 escuelas	400%	CAF (2020)
Empresas con certificación de movilidad sostenible	0	20	+20 unidades	Adaptación local (Proyecto ZBE Cayambe, 2024)

Fuente: Elaboración Propia con base en CAF (2020), UNEP (2022), ONU-Hábitat (2022), Ayuntamiento de Madrid (2021), Greater London Authority (2022), SEDEMA CDMX (2020), Ministerio de Medio Ambiente de Chile (2021) y Proyecto ZBE Cayambe (2025).

En términos cualitativos, estos resultados anticipan:

- Fortalecimiento del tejido comunitario mediante trabajo barrio–municipio y redes escolares.
- Generación de empleo verde en servicios de bicicleta, electromovilidad y gestión ambiental.

- Incremento del orgullo urbano al posicionar a Cayambe como ciudad pionera en sostenibilidad en la Sierra norte.

Para asegurar la inclusión y la equidad, el plan prevé ajustes comunicacionales (lenguaje claro, formatos accesibles), mecanismos de escucha (mesas sectoriales, focus groups) y un tablero público de indicadores. El seguimiento periódico permitirá corregir sesgos de participación y atender tempranamente eventuales afectaciones económicas percibidas por sectores específicos.

En síntesis, a participación comunitaria y la sensibilización constituyen la columna vertebral de la sostenibilidad social de la ZBE de Cayambe. La evidencia comparada indica que la aceptación pública se construye cuando las políticas ambientales se comunican con claridad, se implementan gradualmente y se acompañan de educación y gobernanza colaborativa (CAF, 2020; UNEP, 2022). Los resultados esperados que se pretende +186 % en conocimiento ciudadano, +114 % en aceptación social y +400 % en participación escolar esto muestra la factibilidad de un modelo de gobernanza ambiental participativa donde la ciudadanía es protagonista del cambio.

En suma, la ZBE trasciende lo regulatorio para consolidarse como un proyecto cultural de transformación urbana: movilidad sostenible, salud pública y equidad social se articulan bajo un mismo propósito, hacer de Cayambe una ciudad limpia, segura y consciente, así garantizan la permanencia de los beneficios ambientales y viales proyectados en las secciones precedentes.

CAPÍTULO XI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

11.1. Conclusiones

La implementación de restricciones dirigidas a vehículos contaminantes y de mayor nivel de emisiones, permite establecer una base sólida para reorganizar la movilidad interna, el análisis conjunto entre los patrones de circulación, zonas conflictivas y áreas con mayor exposición peatonal evidencia que esta medida puede reducir hasta en un 20% la concentración de contaminantes atmosféricos PM_{2.5} y NO₂ y un 70% al 90% en el volumen de tráfico en el área de estudio. Si bien los resultados finales dependerán del grado de cumplimiento y de los controles operativos de las autoridades competentes, el diseño de la ZBE demuestra que es técnicamente viable disminuir la carga vehicular contaminante y mejorar las condiciones ambientales del centro urbano sin afectar la continuidad económica de la ciudad.

La proyección del modelo de movilidad indica que una aplicación escalonada de restricciones por tipo de vehículo y horario, con ciertas salvedades (residentes, vehículos especiales), permite redistribuir la demanda de viajes hacia modos más sostenibles, reduciendo en cerca del 70–90% el flujo vehicular diario que ingresa al casco urbano durante los primeros meses de operación, estas medidas, acompañadas de señalización y controles adecuados, mejora significativamente la fluidez del tránsito y disminuye la conflictividad en intersecciones críticas. Con ello, se evidencia que el proceso gradual es clave para asegurar la aceptación social, minimizar resistencias iniciales y consolidar una movilidad urbana más segura y menos dependiente del vehículo privado.

La meta de ejecutar 6.2 km de ciclovías nuevas y rediseñar 2.4 km se sostiene como una pieza estructural del proyecto, ya que permite garantizar continuidad en los desplazamientos no motorizados, el análisis realizado muestra que estas intervenciones pueden incrementar la movilidad peatonal y el uso de bicicleta entre un 10% y 20% durante los primeros años, especialmente si se acompañan de conectividad con paradas de transporte público y equipamientos urbanos. La consolidación de una red ciclista segura y coherente no solo fomenta hábitos saludables, sino que reduce presiones sobre el transporte motorizado y baja el riesgo de siniestros asociados a interacción vehículo con el ciclista.

La propuesta de ampliar zonas exclusivas para peatones contribuye directamente al ordenamiento del centro histórico y comercial, a la recuperación del espacio público, con base en experiencias nacionales e internacionales, estas intervenciones reducirán hasta en un 25% los conflictos entre peatones y vehículos, generando entornos más seguros y atractivos para residentes, turistas y personas vulnerables. La peatonalización proyectada fortalecerá el carácter patrimonial del casco urbano, promoviendo la actividad económica local y facilitando la transición hacia un modelo de ciudad centrada en las personas.

El diseño comunicacional planteado busca transformar hábitos y percepciones ciudadanas, la evidencia demuestra que campañas recurrentes pueden incrementar la aceptación del transporte público en un 10% y mejorar el cumplimiento de normas de movilidad, estas acciones, además de fortalecen la cultura vial, permiten que la comunidad comprenda el propósito de la ZBE y se involucren activamente en su implementación; en este contexto, la educación se convierte en una herramienta indispensable para respaldar los cambios operativos que la ciudad necesita.

Los programas formativos proyectados tienen un efecto multiplicador, especialmente en instituciones educativas, asociaciones ciudadanas, gremios y operadores del transporte, a nivel técnico y social, estas iniciativas apoyan la construcción de una ciudadanía informada y comprometida con modelos sostenibles de desplazamiento; la experiencia comparada indica que intervenciones educativas sostenidas pueden generar cambios conductuales medibles en el corto y mediano plazo, incrementando la aceptación de medidas de restricción vehicular y promoviendo comportamientos seguros en la vía en un 35 a 40%.

La Dirección Cantonal del MAATE, al igual que la Dirección de Medio Ambiente del Municipio de Cayambe no cuentan con la tecnología ni información de registros actuales o históricos sobre mediciones de la calidad del aire; la propuesta de implementar estaciones de medición de la calidad de aire en un horizonte de 48 meses constituye un componente clave para la gestión basada en evidencia, estos sistemas permitirán registrar de manera continua el comportamiento de los contaminantes y verificar el impacto real del plan de intervención. Se proyecta que, en condiciones operativas adecuadas, los primeros reportes permitan establecer tendencias claras dentro de los seis primeros meses de funcionamiento, facilitando ajustes normativos y operativos de la ZBE, la disponibilidad de datos propios será un hito para Cayambe, ya que permitirá por primera vez contar con indicadores ambientales locales específicos.

La transición tecnológica hacia sistemas semafóricos inteligentes apoyados en una sala de monitoreo y control se proyecta como una de las medidas con mayor impacto en la reducción de siniestros viales, el análisis efectuado indica que, al disminuir comportamientos de riesgo como el exceso de velocidad y las maniobras conflictivas, es posible mantener el nivel de cero siniestros en

la zona intervenida, la modernización tecnológica, combinada con redistribución del espacio vial, fortalece la seguridad vial y permite una gestión eficiente de flujos vehiculares y peatonales.

La experiencia internacional demuestra que los proyectos de movilidad sostenible dependen en gran medida de su aceptación social, el modelo de gestión propuesto para Cayambe basado en coordinación institucional, participación comunitaria y mecanismos de transparencia constituye un elemento indispensable para asegurar continuidad y sostenibilidad a través de mesas de trabajo, consultas ciudadanas y seguimiento público de los indicadores propuestos, se prevé consolidar un sistema de gestión estable que permita dar soporte operativo y normativo a la ZBE más allá de los cambios administrativos; este modelo de gestión colaborativa se convierte en un motor esencial para garantizar el éxito a largo plazo de la intervención.

Cayambe se proyecta como ciudad pionera en movilidad sostenible y calidad ambiental en la Sierra norte del Ecuador, sirviendo como referencia replicable para otros municipios.

En coherencia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), la ZBE contribuye directamente a:

- **ODS 3:** Salud y bienestar. - Reducción de enfermedades respiratorias y cardíacas asociadas a la contaminación.
- **ODS 11:** Ciudades y comunidades sostenibles.- Promoción de un sistema de movilidad equitativo, limpio y seguro.
- **ODS 13:** Acción por el clima.- Mitigación de emisiones y fortalecimiento de la resiliencia urbana.

Tabla 52 Resumen de indicadores 2025–2030

Dimensión	Indicador	Línea base (2025)	Meta (2030)	Variación esperada	Fuente / Referencia
Ambiental	PM _{2.5} (μg/m ³)	20	13	-35 %	MAATE (2023); OMS (2021)
	NO ₂ (μg/m ³)	30	18	-40 %	OMS (2021); UNEP (2022)
	CO ₂ (t/año transporte)	165 000	135 000	-18 %	CAF (2020)
	Índice de Calidad del Aire (AQI)	50.73 (MALO)	40 (BUENO)	-20 %	OMS (2021)
Movilidad	Participación transporte público	25%	33%	+8 pp (+32 %)	CAF (2020); Bogotá (2020)
	Modos activos (peatón + bici)	10%	19%	+9 pp (+90 %)	UNEP (2022)
	Velocidad promedio (km/h)	15	20	33%	ANT (2024)
	Tiempo promedio de viaje	32 min	24 min	-25 %	MAATE (2023)
	Siniestros de tránsito anuales	0	0	0 %	ANT (2024)
Energética	Consumo de combustible (galones/año)	413 000	-350 000	-18 %	Ministerio de Energía (2024)
Social	Conocimiento sobre la ZBE	28%	80%	186%	CAF (2020)
	Aceptación ciudadana del proyecto	35%	75%	114%	ONU-Hábitat (2022)
	Participación escolar en campañas	5 escuelas	25 escuelas	400%	Santiago (2021)
	Satisfacción ambiental urbana	48%	78%	62%	SEDEMA CDMX (2020)
	Percepción de seguridad vial	55 / 100	80 / 100	45%	ETSC (2022)

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de IDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

Fuente: Elaboración Propia con base en Proyecto ZBE Cayambe (2025) y fuentes internacionales citadas.

11.2 Recomendaciones

Para alcanzar una disminución del 20% en contaminantes PM_{2.5} y NO₂, se recomienda que el Municipio de Cayambe y la EPMM-C implementen un sistema de control automatizado de accesos, basado en cámaras de reconocimiento vehicular, combinado con un esquema de horarios diferenciados para carga y descarga, que se complemente con un programa de sustitución progresiva de flotas vehiculares contaminantes, incentivando la transición hacia unidades eléctricas o de bajas emisiones.

Para el proceso de implementación de las restricciones de acceso se recomienda que se desarrolle en fases trimestrales, comenzando con restricción a vehículos de mayores emisiones, seguido de vehículos privados y finalmente motocicletas altamente contaminantes. Se recomienda acompañar este proceso con un plan robusto de comunicación pública, con simulaciones dinámicas de tránsito y una prueba piloto de al menos 30 días para ajustar la operación antes de la fase definitiva.

Para el diseño de la nueva ciclovía propuesta, se recomienda considerar estándares de infraestructura segura tales como, separación física, radios de giro amplios, iluminación y señalización vertical-horizontal. Así también, se recomienda que la EPMM-C priorice ejes conectores que unan barrios residenciales con la zona productiva. Para garantizar sostenibilidad, se recomienda implementar un programa de mantenimiento anual, así como un sistema de conteo automático de ciclistas para monitorear su uso.

La peatonalización proyectada en la ZBE requiere intervenciones que prioricen la seguridad vial integral, como lo son las superficies antideslizantes, rampas accesibles, mobiliario urbano, creación de áreas verdes y señalización informativa. Se recomienda incorporar un análisis de impacto económico para garantizar que los comercios mantengan accesibilidad funcional, con énfasis en entregas de última milla mediante tricimotos o vehículos eléctricos ligeros.

Para aumentar en un 10% la aceptación del transporte público, se recomienda segmentar las campañas por grupos objetivos tales como estudiantes, comerciantes, conductores, trabajadores, etc., los mensajes deben enfocarse en beneficios reales y tangibles como el ahorro económico, la reducción de tiempos de viaje y aumento en la percepción de seguridad vial, debe complementarse con mejoras operativas en frecuencia, puntualidad e información en tiempo real.

Se recomienda institucionalizar un programa permanente de educación vial y ambiental, coordinando esfuerzos entre instituciones como el Ministerio de Educación, el MAATE y la municipalidad, las actividades pueden incluir talleres escolares, rutas eco-educativas y simuladores de calidad del aire. La evaluación del impacto debe realizarse con encuestas previas y posteriores a la capacitación para medir cambios de comportamiento.

Se recomienda que la instalación de estaciones para medir la calidad de aire, debe articularse con estándares internacionales. Además, se debe ubicar al menos dos puntos estratégicos de la siguiente manera: uno en vía de alta circulación y otro en áreas de transición. Los datos deben ser públicos mediante un portal web municipal. Esto permitirá ajustar las medidas de la ZBE con base en evidencia real y cercana.

Para la modernización del sistema de semáforos, se recomienda que el nuevo sistema debe integrarse a una sala de monitoreo 24/7, con software capaz de gestionar aforos, prioridad semafórica para peatones y ciclistas, y control de velocidades, incorporar sensores de flujo vehicular, botones peatonales accesibles y calibración basada en patrones horarios, con el objetivo de sostener el nivel cero de siniestros.

Para garantizar legitimidad y permanencia del proyecto, se recomienda crear un Comité de Gestión de Calidad de la ZBE, integrado por representantes de la EPMM-C, MAATE, transportistas, comerciantes, residentes y líderes sindicales. Este organismo debe supervisar el cumplimiento de indicadores, validar cambios operativos y mantener una comunicación continua con la ciudadanía mediante informes que deben ser de carácter público y de periodicidad trimestral. Este modelo de Gestión participativa permitirá sostener el proyecto más allá de los ciclos político-administrativos.

CAPITULO XII: REFERENCIAS

- Academy, P. M. (2023). *What is a risk matrix?* Obtenido de
<https://projectmanagementacademy.net/resources/blog/risk-matrix/>
- ACCUWEATHER. (2025). *AccuWeather, Inc.* Obtenido de
<https://www.accuweather.com/es/ec/cayambe/129807/air-quality-index/129807>
- BID, B. I. (2021). Guía para la gestión del riesgo en proyectos urbanos sostenibles. Washington D.C.
- CEPAL. (2021). Movilidad urbana sostenible en América Latina y el Caribe.
- Comercio, E. (08 de 03 de 2022). *El Comercio*. Obtenido de
<https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/petroecuador-norma-euro5-calidad-combustibles/>
- Commission, E. (2022). Low Emission Zones in Europe. Brussels.
- Delgado, J. L. (2020). Gestión técnica de infraestructura en movilidad sostenible. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- EPMM-C. (2017). Plan de Movilidad Sustentable del Canton Cayambe 2017. Cayambe, Pichincha, Ecuador.
- Greenpeace. (09 de 09 de 2022). *Greenpeace*. Obtenido de <https://es.greenpeace.org/es/en/profundidad/necesitamos-menos-coches-en-la-ciudad/ventajas-de-una-zona-de-bajas-emisiones/>
- INEC. (27 de 09 de 2025). *CENSO ECUADOR*. Obtenido de
https://www.censoecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2024/01/Info_Pichincha.pdf?page=1
- IPCC. (2025). *Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático*. Obtenido de
<https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>
- MTOP, M. d. (2022). Política Nacional de Movilidad Urbana Sostenible 2023–2030. Quito, Ecuador.
- Mundial, B. (2022). Urban Transport and Risk Management Framework. Washington D.C.
- OECD, O. f.-o. (2022). *Road Safety in Cities: OECD Report*. Obtenido de
https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2022/02/road-safety-in-cities_984a630c/140cdf12-en.pdf



OMS, O. M. (2023). . Healthy transport and active mobility. Ginebra.

Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Canton Cayambe 2020-2030. (Mayo de 2020).
Cayambe, Pichincha, Ecuador.

PMI, P. M. (2021). PMBOK Guide, 7th Edition. Pennsylvania. EEUU.

Salud, O. M. (13 de 12 de 2023). Obtenido de Organizacion Mundial de la Salud:
<https://www.who.int/es/publications/i/item/9789240086517>

WRI, W. R. (2023). *Health and Road Safety: Cities Program*. Obtenido de
<https://www.wri.org/cities/health-road-safety>

CAPITULO XIII: ANEXOS

Anexo 1 Encuesta a la Población de Cayambe

Diseño de una Zona de Bajas Emisiones (ZBE) para la seguridad vial y sostenibilidad en el casco urbano de Cayambe (Zona comercial)

*Recoger información sobre la percepción, aceptación y posibles efectos esperados del proyecto ZBE entre los distintos actores viales del casco urbano.
 *La participación es voluntaria.
 *Los datos se usarán solo con fines académicos y de planificación.
 *No se solicitarán datos personales sensibles. Si se toman datos de contacto, serán opcionales y tratados con confidencialidad.

Se ha registrado el correo del encuestado (vaa@ever55@gmail.com) al enviar este formulario.

¿A qué grupo pertenece usted? *

- Conductor particular (auto)
- Motociclista
- Conductor de bus urbano / Interprovincial
- Taxista / conductor de transporte informal
- Transportista de carga / camión
- Ciclista (uso habitual de bicicleta)
- Peatón (Incluye comerciantes y residentes sin vehículo)

Edad (en años): *

36

Sexo: *

- Masculino
- Femenino
- Prefiero no decirlo

¿Con qué frecuencia circula/usa la zona comercial de Cayambe? *

- Todos los días
- Varias veces por semana
- Una vez por semana
- Menos de una vez por semana

¿Cuál es su principal propósito cuando circula por la zona comercial de Cayambe? *

- Trabajo (conducción profesional)
- Trabajo (no conductor)
- Estudios
- Compras/servicios
- Recreación/otros

¿Con qué medio de transporte se desplaza con mayor frecuencia en el casco urbano? *

- Auto particular
- Motocicleta
- Bus / transporte público
- Bicicleta
- Caminando
- Taxi / transporte informal

En una escala del 1 al 5, ¿cómo calificaría la calidad del aire en el casco urbano de Cayambe? (1 = Muy buena, 5 = Muy mala) *

1	2	3	4	5	
Muy buena	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Muy mala

En una escala del 1 al 5, ¿cómo percibe la seguridad vial en el casco urbano? (1 = Muy segura, 5 = Muy insegura) *

1	2	3	4	5	
Muy segura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Muy insegura



Powered by
Arizona State University



¿Ha sufrido o conoce algún siniestro (accidente) en el casco urbano en los últimos 2 años? *

- Sí, personalmente
- Sí, conozco a alguien
- No

Si respondió Sí en la anterior pregunta, indique el tipo de siniestro más común que vio o sufrió *

- Colisión entre vehículos (Choque)
- Atropello a peatón
- Colas/choques de ciclistas
- Vuelcos/derrumbes por mal estado vial
- Otro: _____

¿Considera que las infraestructuras actuales (aceras, señalización, iluminación, cedovías) son suficientes y seguras? (1 = Totalmente de acuerdo, 5 = Totalmente en desacuerdo) *

1	2	3	4	5
Totalmente de acuerdo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
				Totalmente en desacuerdo

¿Cuáles cree que son los principales problemas de movilidad en la zona comercial de Cayambe? (marque hasta 3) *

- Congestión / tráfico
- Contaminación del aire
- Velocidad y conducción temeraria
- Falta de espacio para peatones/ciclistas
- Falta de transporte público fiable
- Estacionamiento inadecuado
- Otro: _____

Zona de Bajas Emisiones

Esta sección permitirá recolectar información relevante para la implementación de una ZBE en el casco urbano de Cayambe

Antes de esta encuesta, ¿había escuchado sobre el concepto "Zona de Bajas Emisiones (ZBE)"? *

- Sí, conozco bien el concepto
- He oído algo, pero no lo conozco en detalle
- No, no conozco el concepto

¿Cree que establecer una ZBE en el casco urbano puede mejorar la calidad de vida? (1 = Muy probable, 5 = Nada probable) *

1	2	3	4	5
Muy probable	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
				Nada probable

¿Qué efectos positivos espera que traiga una ZBE? (marque hasta 3) *

- Menos contaminación del aire
- Menos ruido
- Mayor seguridad vial
- Más espacio para peatones y comercio
- Incremento del turismo y comercio local
- Mejora en salud pública
- Otro: _____

¿Qué efectos negativos le preocupan más de una ZBE? (marque hasta 3) *

- Aumento de costos de movilidad para hogares/empresas
- Restricciones para transporte de carga y abastecimiento
- Problemas con control y fiscalización (errores)
- Pérdida de tiendas por menor acceso al centro
- Inequidad (afecta más a quienes tienen menos recursos)
- Otro: _____



Powered by
Arizona State University



En una escala del 1 al 5, ¿cuán de acuerdo estaría con un acceso restringido a vehículos altamente contaminantes en el casco central? (1 = Totalmente de acuerdo, 5 = Totalmente en desacuerdo) *

1	2	3	4	5
Totalmente de acuerdo	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
				Totalmente en desacuerdo

¿Estaría dispuesto(a) a cambiar su forma habitual de moverse (p. ej. usar transporte público, bicicleta o caminar) si la ZBE ofreciera alternativas seguras y eficaces? *

- Sí, con seguridad
- Sí, posiblemente
- No estoy seguro(a)
- Probablemente no
- No

Impacto en la movilidad y vida diaria

¿Cuánto tiempo adicional estaría dispuesto(a) a invertir diariamente en su desplazamiento si contribuye a una mejor calidad de aire y seguridad? *

- Ninguno
- Hasta 10 minutos
- 10-20 minutos
- Más de 20 minutos

¿Cree que la ZBE mejoraría la seguridad de peatones y ciclistas en el casco urbano? (1 = Mucho, 5 = Nada) *

1	2	3	4	5
Mucho	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
				Nada

¿Qué medidas priorizaría usted en la ZBE para mejorar su experiencia cotidiana? (marque hasta 3) *

- Mayor iluminación peatonal
- Cruces peatonales elevados y reducción de velocidad
- Ciclovías protegidas
- Mejor frecuencia y calidad de buses
- Estacionamientos disuasorios y acceso peatonal

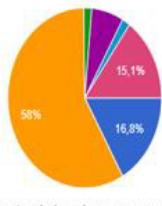
¿Cómo prefiere recibir información oficial sobre la ZBE y sus cambios? (marque hasta 2) *

- Reuniones comunitarias presenciales
- Redes sociales del GAD
- Mensajes de texto / WhatsApp
- Medios locales (radio, prensa)
- Boletines en comercios y puntos de servicio

Anexo 2 Respuestas a la Encuesta realizada a la Población de Cayambe

¿A qué grupo pertenece usted?

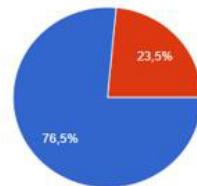
419 respuestas



[Copiar gráfico](#)

Sexo:

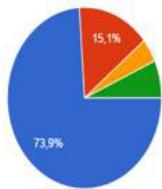
419 respuestas



- Masculino
- Femenino
- Prefiero no decirlo

¿Con qué frecuencia circula/usa la zona comercial de Cayambe?

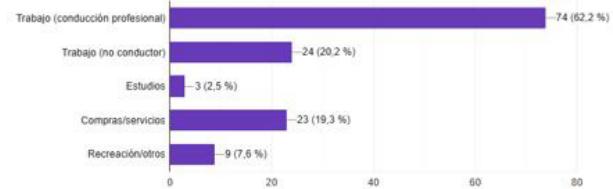
419 respuestas



[Copiar gráfico](#)

¿Cuál es su principal propósito cuando circula por la zona comercial de Cayambe?

419 respuestas

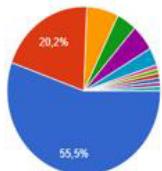


[Copiar gráfico](#)



Si respondió Sí en la anterior pregunta, indique el tipo de siniestro más común que vio o sufrió

419 respuestas

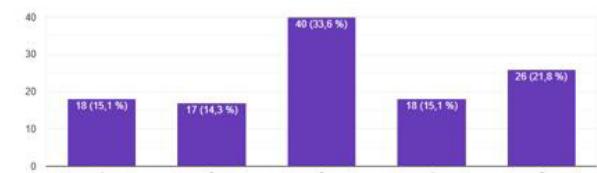


[Copiar gráfico](#)

¿Considera que las infraestructuras actuales (aceras, señalización, iluminación, ciclovías) son suficientes y seguras? (1 = Totalmente de acuerdo, 5 = Totalmente en desacuerdo)

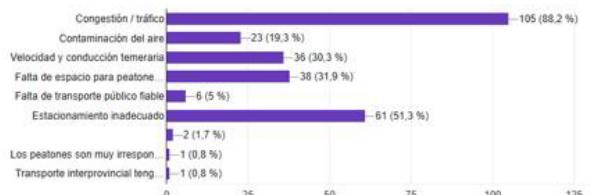
419 respuestas

[Copiar gráfico](#)



¿Cuáles cree que son los principales problemas de movilidad en la zona comercial de cayambe? (marque hasta 3)

419 respuestas

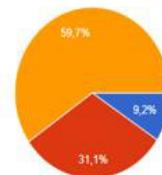


[Copiar gráfico](#)

Antes de esta encuesta, ¿había escuchado sobre el concepto "Zona de Bajas Emisiones (ZBE)"?

419 respuestas

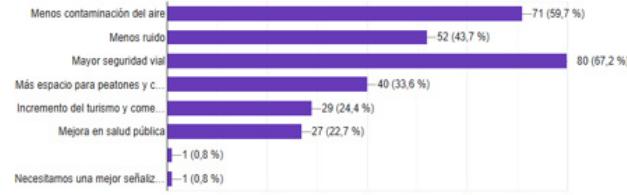
[Copiar gráfico](#)



¿Qué efectos positivos espera que traiga una ZBE? (marque hasta 3)

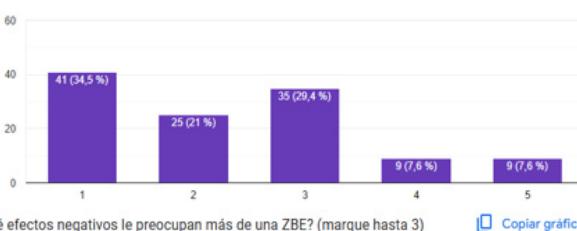
[Copiar gráfico](#)

419 respuestas



¿Cree que establecer una ZBE en el casco urbano puede mejorar la calidad de vida? (1 = Muy probable, 5 = Nada probable)

419 respuestas

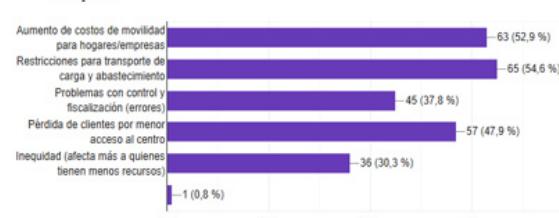


[Copiar gráfico](#)

¿Qué efectos negativos le preocupan más de una ZBE? (marque hasta 3)

[Copiar gráfico](#)

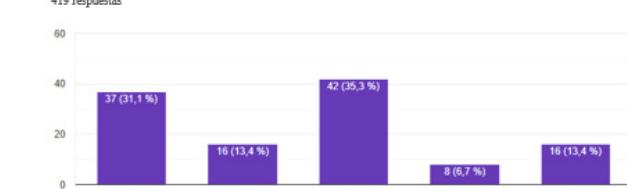
419 respuestas



En una escala del 1 al 5, ¿cuán de acuerdo estaría con un acceso restringido a vehículos altamente contaminantes en el casco central? (1 = Totalmente de acuerdo, 5 = Totalmente en desacuerdo)

[Copiar gráfico](#)

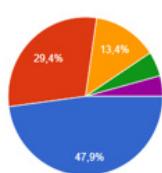
419 respuestas



¿Estaría dispuesto(a) a cambiar su forma habitual de moverse (p. ej. usar transporte público, bicicleta o caminar) si la ZBE ofreciera alternativas seguras y eficaces?

[Copiar gráfico](#)

419 respuestas



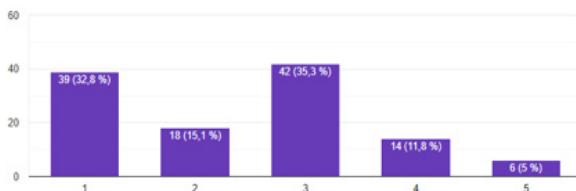
[Copiar gráfico](#)

[Copiar gráfico](#)



¿Cree que la ZBE mejoraría la seguridad de peatones y ciclistas en el casco urbano? (1 = Mucho, 5 = Nada)

419 respuestas

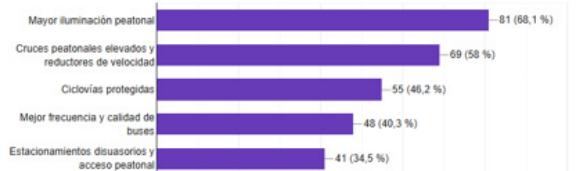


[Copiar gráfico](#)

¿Qué medidas priorizaría usted en la ZBE para mejorar su experiencia cotidiana? (marque hasta 3)

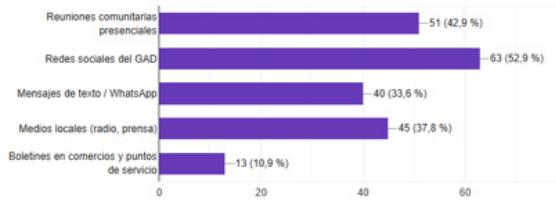
[Copiar gráfico](#)

419 respuestas



¿Cómo prefiere recibir información oficial sobre la ZBE y sus cambios? (marque hasta 2)

419 respuestas



[Copiar gráfico](#)

Anexo 3 Registro Fotográfico



Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.



Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.



Anexo 4 Problemática



Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.



Anexo 5 Plan de Movilidad Sustentable del Cantón Cayambe

PLAN DE MOVILIDAD SUSTENTABLE DEL CANTÓN CAYAMBE

TOMO I

INFORME FASE I

DIAGNOSTICO





PLAN DE MOVILIDAD SUSTENTABLE DEL CANTÓN CAYAMBE

TOMO II

INFORME FASE II

PROPUESTA



Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

Anexo 6 Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Cayambe



GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO
INTERCULTURAL Y PLURINACIONAL
DEL MUNICIPIO DE CAYAMBE



GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO INTERCULTURAL Y PLURINACIONAL DEL MUNICIPIO DE CAYAMBE

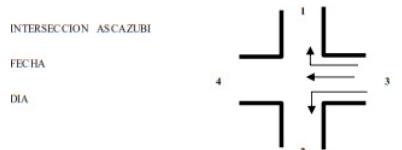
PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN CAYAMBE

2020 - 2030

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

Anexo 7 Aforos vehiculares

INTERSECCION AS CAZUBI



FECHA

DIA

HORARIO	MOVIMIENTO				MOVIMIENTO				MOVIMIENTO							
	L	B	P	SUMA	L	B	P	SUMA	L	B	P	SUMA	L	B	P	VEH/H
06H30-06H45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
06H45-07H00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
07H00-07H15	0	28	1	29	28	0	2	29	27	1	28	110	0	6	116	
07H15-07H30	0	27	2	29	27	0	2	29	27	1	28	110	0	6	116	
07H30-07H45	0	25	2	27	29	0	2	27	29	3	32	110	0	6	116	
07H45-08H00	0	27	1	28	30	0	1	28	30	3	33	110	0	6	116	
08H00-08H15	0	27	1	28	31	0	1	28	31	1	32	110	0	6	116	
08H15-08H30	0	23	1	24	29	0	1	24	29	3	32	221	0	15	236	
08H30-08H45	0	25	2	27	30	0	2	27	30	2	32	221	0	15	236	
08H45-09H00	0	24	3	27	31	0	4	27	31	4	35	221	0	15	236	
09H00-09H15	0	29	2	31	29	0	2	31	29	2	31	221	0	15	236	
09H15-09H30	0	26	1	27	28	0	1	27	28	1	29	222	0	17	239	
09H30-09H45	0	27	3	30	30	0	2	30	30	2	32	222	0	17	239	
09H45-10H00	0	27	1	28	27	0	1	28	27	2	29	222	0	17	239	
10H00-10H15	0	26	2	28	28	0	2	28	28	1	29	222	0	15	235	
10H15-10H30	0	29	1	30	26	0	1	30	26	3	29	220	0	15	235	
10H30-10H45	0	32	2	34	33	0	2	34	33	2	35	220	0	15	235	
10H45-11H00	0	34	4	38	33	0	4	38	33	4	37	220	0	15	235	
11H00-11H15	0	31	1	32	28	0	1	32	28	2	30	220	0	15	235	
11H15-11H30	0	33	2	35	27	0	1	28	27	1	28	251	0	18	269	
11H30-11H45	0	32	2	34	29	0	3	32	29	3	32	251	0	18	269	
11H45-12H00	0	29	1	30	30	0	1	30	30	3	33	251	0	17	248	
12H00-12H15	0	30	1	31	31	0	1	31	31	1	32	251	0	17	248	
12H15-12H30	0	28	1	29	29	0	1	29	29	3	32	238	0	15	253	
12H30-12H45	0	31	2	33	30	0	2	33	30	2	32	238	0	15	253	
12H45-13H00	0	29	3	32	31	0	4	32	31	4	35	238	0	15	253	
13H00-13H15	0	24	2	26	29	0	2	26	29	2	31	231	0	17	248	
13H15-13H30	0	29	1	30	28	0	1	30	28	1	29	231	0	17	248	
13H30-13H45	0	26	3	29	30	0	2	29	30	2	32	231	0	17	248	
13H45-14H00	0	27	1	28	27	0	1	28	27	2	29	231	0	17	248	
14H00-14H15	0	27	2	29	28	0	1	29	28	1	29	217	0	15	232	
14H15-14H30	0	26	1	27	26	0	1	27	26	3	29	217	0	15	232	
14H30-14H45	0	29	2	31	33	0	2	31	33	2	35	217	0	15	232	
14H45-15H00	0	32	4	36	33	0	4	36	33	4	37	217	0	15	232	
15H00-15H15	0	34	2	36	29	0	2	36	29	2	31	217	0	15	232	
15H15-15H30	0	31	2	33	28	0	1	29	28	1	29	249	0	19	268	
15H30-15H45	0	33	2	35	27	0	1	28	27	1	28	249	0	19	268	
15H45-16H00	0	32	3	35	28	0	1	29	28	1	29	249	0	19	268	
16H00-16H15	0	29	2	31	26	0	2	31	26	2	28	230	0	14	244	
16H15-16H30	0	30	1	31	25	0	1	31	25	2	27	230	0	14	244	
16H30-16H45	0	28	1	29	28	0	1	29	28	2	30	230	0	14	244	
16H45-17H00	0	31	2	33	27	0	3	32	27	3	30	230	0	14	244	
17H00-17H15	0	29	3	32	30	0	1	31	30	1	31	232	0	14	246	
17H15-17H30	0	30	1	31	29	0	1	31	29	1	30	232	0	14	246	
17H30-17H45	0	28	2	30	27	0	2	30	27	2	29	232	0	14	246	
17H45-18H00	0	28	3	31	27	0	1	28	27	1	28	232	0	14	246	
18H00-18H15	0	27	2	29	26	0	1	27	26	1	27	215	0	14	229	
18H15-18H30	0	25	1	26	27	0	2	26	27	2	29	215	0	14	229	
18H30-18H45	0	27	3	30	25	0	1	26	25	1	26	198	0	14	212	
18H45-19H00	0	27	2	29	24	0	2	29	24	1	25	198	0	14	212	
19H00-19H15	0	23	1	24	23	0	1	24	23	2	25	198	0	14	212	
19H15-19H30	0	25	1	26	24	0	1	26	24	3	27	198	0	14	212	
19H30-19H45	0	24	2	26	25	0	1	26	25	1	26	198	0	14	212	
19H45-20H00	0	29	1	30	26	0	1	30	26	1	27	303	0	204	3237	
20H00-20H15	0	26	2	28	22	0	2	28	22	2	24	303	0	204	3237	
20H15-20H30	0	27	1	28	20	0	1	28	20	1	21	199	0	11	210	
SUMA POR FLUJOS	0	0	0	1522	0	98	1620	1511	0	106	1617	303	0	204	3237	
TOTAL ACCESO				3237												

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de IDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.



Powered by
Arizona State University

eig |
CAMPUS

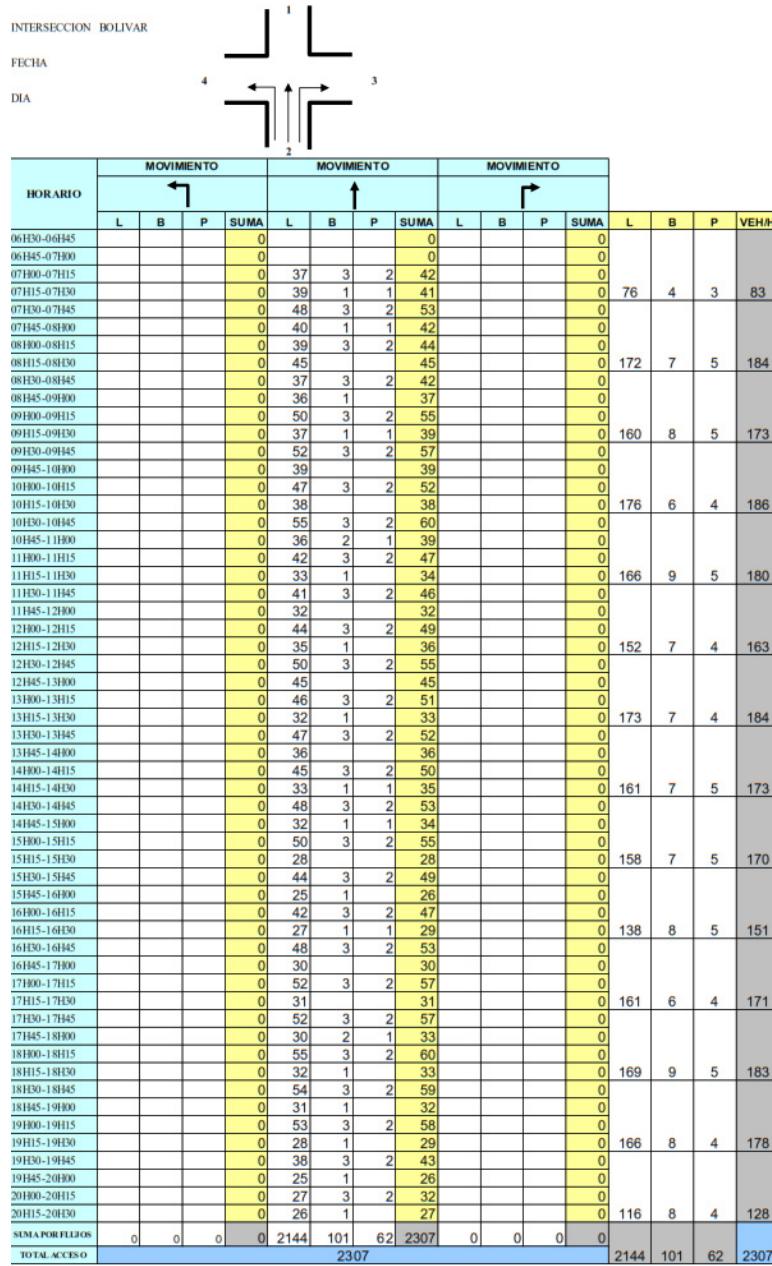
INTERSECCION ASCAZUBI

FECHA

DIA SABADO

HORARIO	MOVIMIENTO				MOVIMIENTO				MOVIMIENTO				L	B	P	SUMA	VEHIC.																
	↓	→	←	↑																													
06H00-06H45	0			0				0				0																					
06H45-07H00	0			0				0				0																					
07H00-07H15	0	60	3	1	64	55	3	1	59																								
07H15-07H30	0	58	3	2	63	50	3	1	54																								
07H30-07H45	0	57	3	1	61	53	3	2	58																								
07H45-08H00	0	60	3	1	64	51	3	1	55																								
08H00-08H15	0	61	3	2	66	53	3	2	58																								
08H15-08H30	0	57	3	2	62	50	3	1	54																								
08H30-08H45	0	62	3	1	66	51	3	1	55																								
08H45-09H00	0	60	3	1	63	50	3	1	54																								
09H00-09H15	0	58	3	1	61	48	3		51																								
09H15-09H30	0	55	3	1	59	46	3	1	50																								
09H30-09H45	0	54	3	1	58	51	3	2	56																								
09H45-10H00	0	57	3	1	61	49	3	1	53																								
10H00-10H15	0	65	3		68	50	3		53																								
10H15-10H30	0	65	3	2	70	49	3	2	54																								
10H30-10H45	0	64	3	2	69	52	3	2	57																								
10H45-11H00	0	58	3	1	61	48	3		51																								
11H00-11H15	0	55	3		58	45	3		48																								
11H15-11H30	0	54	3	2	59	47	3	1	51																								
11H30-11H45	0	50	3		53	45	3	1	49																								
11H45-12H00	0	51	3	2	56	48	3	1	52																								
12H00-12H15	0	53	3		56	51	3		54																								
12H15-12H30	0	57	3		60	53	3	1	57																								
12H30-12H45	0	59	3	1	63	50	3	1	54																								
12H45-13H00	0	58	3		61	53	3	1	57																								
13H00-13H15	0	59	3	1	63	53	3	1	57																								
13H15-13H30	0	60	3		63	55	3		58																								
13H30-13H45	0	58	3	1	62	52	3		55																								
13H45-14H00	0	57	3		60	54	3		57																								
14H00-14H15	0	60	3	1	64	49	3		52																								
14H15-14H30	0	61	3		64	47	3	1	51																								
14H30-14H45	0	57	3		60	45	3	1	49																								
14H45-15H00	0	62	3		65	43	3	1	47																								
15H00-15H15	0	60	3		63	44	3		47																								
15H15-15H30	0	58	3	2	63	46	3	2	51																								
15H30-15H45	0	55	3		58	44	3	1	48																								
15H45-16H00	0	54	3		57	42	3		45																								
16H00-16H15	0	57	3		60	41	3		44																								
16H15-16H30	0	65	3	1	69	45	3	1	49																								
16H30-16H45	0	65	3		68	43	3	1	47																								
16H45-17H00	0	64	3		67	42	3		45																								
17H00-17H15	0	58	3		61	44	3		47																								
17H15-17H30	0	55	3		58	45	3		48																								
17H30-17H45	0	54	3		57	47	3		50																								
17H45-18H00	0	50	3		53	49	3		52																								
18H00-18H15	0	51	3		54	51	3	2	56																								
18H15-18H30	0	53	3		56	55	3	2	60																								
18H30-18H45	0	57	3	2	62	53	3	1	57																								
18H45-19H00	0	59	3		62	51	3		54																								
19H00-19H15	0	58	3	1	62	50	3	1	54																								
19H15-19H30	0	59	3	1	63	47	3		50																								
19H30-19H45	0	52	3		55	45	3		48																								
19H45-20H00	0	51	3		54	43	3	1	47																								
20H00-20H15	0	49	3	1	53	41	3		44																								
20H15-20H30	0	48	3		51	40	3		43																								
SUMA PORFIJOS	0	0	0	0	3094	162	33	3289	2604	162	40	2806																					
TOTAL ACCESO					6095																												
					5698	324	73	6095																									

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de IDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.



Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.