Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Instituto de Ciencias Sociales y Administración

Departamento de Ciencias Administrativas

Doctorado en Ciencias Administrativas

Reingeniería del transporte público en Ciudad Juárez:

Un nuevo enfoque de la gobernanza digital

Presentada por:

Misael Máynez Cano

Asesor:

Dr. Ricardo Melgoza Ramos

Co-asesor:

Dr. Luis Raúl Martínez Castillo

Asesor externo:

Dr. Gilmer Yovani Castro Nieto

Ciudad Juárez, Chih., 17 de mayo de 2026

Índice

Abreviaturas 12

Resumen..... 18

1. Introducción y Planteamiento del Problema 17

1.1. Introducción 17

1.2. Antecedentes 21

1.3. Problema de Investigación 24

1.3.1. Contexto Mundial y Latinoamericano 24

1.3.2. Contexto Mexicano 26

1.3.3. Contexto de Ciudad Juárez 27

1.4. Pregunta de Investigación 31

1.5. Justificación de la Investigación 31

1.5.1. Transporte Público en el Mundo 31

1.5.2. Transporte Público en Ciudades Latinoamericanas 35

1.5.3. Transporte Público en Ciudad Juárez 36

1.6. Objetivos de la Investigación 40

1.6.1. Objetivo General 40

1.6.2. Objetivos Específicos 40

1.7. Hipótesis 41

1.8. Encuadre 41

2. Fundamentación Teórica 43

2.1. Reingeniería: Origen, Evolución, Críticas y Adaptación al Transporte Público 43

2.2. Gobernanza y Gobernanza Digital: del Gobierno Digital a la Coordinación Sociotécnica 48

2.3. Movilidad Inteligente y Transporte Público Cómo Sistema Sociotécnico 52

2.4. Calidad del Servicio en Transporte Público 53

2.5. Accesibilidad en Transporte Público 54

2.6. Aproximación a la Sostenibilidad Percibida en Transporte Público 56

2.7. Integración Conceptual del Modelo Analítico 60

3. Marco Contextual 63

3.1. Evolución Histórica del Transporte Público en Ciudad Juárez 63

3.2. Condiciones Actuales del Sistema de Transporte Público en Ciudad Juárez 64

3.3. Configuración Urbana, Cobertura y Accesibilidad 65

3.4. Impactos Ambientales y de Seguridad Vial 66

3.5. Relevancia Contextual de Ciudad Juárez Para la Investigación 67

4. Metodología 68

4.1. Enfoque, Diseño y Alcance de la Investigación 68

4.2. Población, Muestra y Estrategia de Muestreo 72

4.3. Instrumento de Recolección de Datos 77

4.4. Variables y Operacionalización 79

4.5. Validación de Escalas 83

4.6. Estrategia de Análisis Estadístico y Econométrico 84

4.7. Especificación de Modelos Econométricos 86

4.8. Consideraciones Sobre Validez, Confiabilidad y Limitaciones del Diseño 89

5. Análisis de Resultados 91

5.1. Perfil Socioeconómico 91

5.1.1. Distribución por Género 92

5.1.2. Distribución por Edades 92

5.1.3. Distribución por Estado Civil 93

5.1.4. Escolaridad 93

5.1.5. Lugar de Nacimiento 94

5.1.6. Giro del Lugar de Trabajo 95

5.1.7. Horas Trabajadas a la Semana 95

5.1.8. Nivel de Ingresos 96

5.2. Integración de las Variables Socioeconómicas 96

5.2.1. Hábitos de uso del Transporte Público 97

5.2.2. Análisis de Tiempos BRT por Perfil Socioeconómico 102

5.2.3. Acceso a Información de Transporte Público 104

5.3. Validación de Escalas y Construcción de Índices 106

5.3.1. Alfa de Cronbach 106

5.3.2. Resultados 108

5.3.2.1. Calidad 108

5.3.2.2. Accesibilidad 108

5.3.2.3. Aproximación a la Sostenibilidad Percibida 108

5.3.2.4. Interpretación y Relevancia 109

5.3.3. Medidas de Adecuación Muestral KMO y Prueba de Esfericidad de Bartlett 109

5.3.4. Justificación de Aplicación 111

5.3.5. Asociaciones Para el Análisis Posterior 111

5.3.6. Análisis Factorial Exploratorio (AFE) con Extracción por Componentes Principales y Rotación Ortogonal Varimax 112

5.3.7. Interpretación de Resultados por Constructo 114

5.3.7.1. Constructo Calidad 114

5.3.7.2. Constructo Accesibilidad 115

5.3.7.3. Constructo Aproximación a la Sostenibilidad Percibida 117

5.4. Modelos Econométricos 118

5.4.1. Análisis Econométrico Logarítmico (MLB, MLM) 118

5.4.2. Modelo Logístico Binario (MLB) 122

5.4.2.1. Modelo Propuesto 123

5.4.2.2. Ajuste del Modelo MLB 123

5.4.2.3. Pruebas de Validez MLB 128

5.4.2.4. Análisis e Interpretación de Coeficientes 129

5.4.2.5. Odds Ratio vs Probabilidad 131

5.4.2.6. Ejercicios Ilustrativos de Estimación de Probabilidades 132

5.4.3. Modelo Logístico Multinomial (MLM) 133

5.4.3.1. Justificación Teórica 133

5.4.3.2. MLM Propuesto 135

5.4.3.3. Validez del Modelo MLM 135

5.4.3.4. Análisis e Interpretación de Coeficientes 137

5.4.3.5. Efectos Marginales Promedio (AME) 139

5.4.3.6. Escenarios Ilustrativos Basados en el MLM 140

5.4.3.7. Análisis Comparativo de Experiencias Latinoamericanas 141

5.5. Modelos de Regresión Múltiple 142

5.5.1. Modelo MCO: Características Socioeconómicas 142

5.5.1.1. El Modelo Propuesto 142

5.5.1.2. Ajuste Global y Validez Estadística del Modelo Socioeconómico 145

5.5.1.3. Análisis e Interpretación de Coeficientes Estimados 149

5.5.2. Modelo MCO: Índices 150

5.5.2.1. Justificación del Uso de Índices 151

5.5.2.2. Ventajas Metodológicas del Enfoque con Índices 152

5.5.2.3. Especificación del Modelo y Ecuación Por Estimar 153

5.5.2.4. Validez Estadística del Modelo MCO de Índices 155

5.5.2.5. Análisis e Interpretación de Coeficientes MCO Índices 159

5.5.2.6. Asociaciones para los Objetivos de la Investigación 160

5.5.3. Modelo MCO: Herramientas Digitales 160

5.5.3.1. Justificación Teórica 160

5.5.3.2. Modelo Propuesto 163

5.5.3.3. Validez Estadística del Modelo MCO Herramientas Digitales 164

5.5.3.4. Análisis e Interpretación de los Coeficientes 167

5.5.3.5. Aportación y Utilidad MCO Herramientas Digitales 171

5.5.4. Modelo MCO Constructo de Calidad 175

5.5.4.1. Justificación Teórica 175

5.5.4.2. Modelo de Calidad: Formulación, Variables y Expectativas Teóricas 179

5.5.4.3. Validez del Modelo Calidad 181

5.5.4.4. Análisis e Interpretación de los Coeficientes del Modelo 184

5.5.4.5. Utilidad, Aportaciones y Asociaciones del Modelo de Calidad 187

5.5.5. Modelo MCO Constructo de Accesibilidad 188

5.5.5.1. Justificación Teórica 188

5.5.5.2. Modelo MCO de Accesibilidad Propuesto 194

5.5.5.3. Validez del Modelo MCO de Accesibilidad 196

5.5.5.4. Análisis e Interpretación de Coeficientes Estimados 198

5.5.5.5. Utilidad, Aportaciones y Asociaciones del Modelo 202

5.5.6. Modelo MCO Sostenibilidad Percibida 204

5.5.6.1. Fundamentación Teórica 204

5.5.6.2. Modelo Propuesto Para la Estimación 206

5.5.6.3. Validez del Modelo MCO Sostenibilidad Percibida 207

5.5.6.4. Análisis e Interpretación de Coeficientes Estimados 210

5.5.6.5. Utilidad, Aportaciones y Asociaciones del Modelo de Sostenibilidad Percibida 214

5.5.7. Limitaciones Generales y Validez de Modelos Utilizados 215

6. Conclusiones 220

6.1. Socioeconómicas 220

6.2. Hábitos de uso y Condiciones de Desplazamiento 222

6.3. Modelo Binario 227

6.4. Modelo Logístico Multinomial (MLM) 231

6.5. MCO con Variables Socioeconómicas 237

6.5.1. MCO de Aceptación Tecnológica 241

6.6. MCO con Variables de Índices 244

6.7. MCO de Herramientas Digitales 250

6.8. MCO del Constructo de Calidad 254

6.9. MCO del Constructo de Accesibilidad 261

6.10. MCO del Constructo Aproximación a la Sostenibilidad Percibida 271

7. Recomendaciones de Política Pública Para la Reingeniería del Transporte Público en Ciudad Juárez 279

7.1. Criterios de Priorización de las Recomendaciones 281

7.2. Eje 1: Recomendaciones Institucionales y Legales 283

7.2.1. Crear un Organismo de Transporte Estatal (OTE) con Autonomía Técnica y Operativa 284

7.2.2. Definir un Marco Jurídico de Gobernanza Digital en Movilidad 284

7.2.3. Establecer un Sistema de Planeación y Rendición de Cuentas Obligatoria 285

7.2.4. Sustentar la Participación Ciudadana Vinculante 285

7.2.5. Blindar Presupuestos de Movilidad Bajo Criterios de Equidad y Sostenibilidad Percibida 286

7.2.6. Condiciones de Implementación y Viabilidad 286

7.3. Eje 2: Recomendaciones Operativas y Urbanas 287

7.3.1. Rediseño Integral de Rutas con Base en Patrones de Movilidad Real 288

7.3.2. Fortalecer la Intermodalidad y la Conectividad Urbana 290

7.3.3. Priorizar la Accesibilidad Universal 292

7.3.4. Jerarquización del Espacio Vial a Favor del Transporte Público y la Movilidad Segura 295

7.3.5. Gestión Operativa 297

7.3.6. Recuperación y Modernización de la Infraestructura Vial y de Paraderos 300

7.3.7. Planeación Urbana Integrada al Transporte 301

7.3.8. Condiciones de Implementación y Viabilidad 304

7.4. Eje 3: Recomendaciones Tecnológicas y Digitales 305

7.4.1. Sistema Integral de Información en Tiempo Real 306

7.4.2. Pago Electrónico Universal y Multimodal 308

7.4.3. Uso de Big Data y Analítica Avanzada 310

7.4.4. Plataforma Digital 311

7.4.5. Capacitación y Fortalecimiento de Capacidades Digitales 314

7.4.6. Transparencia y Datos Abiertos 315

7.4.7. Condiciones de Implementación y Viabilidad 317

7.5. Eje 4: Recomendaciones Sociales y de Equidad 318

7.5.1. Transporte con Perspectiva de Género y Atención a Grupos Vulnerables. 320

7.5.2. Acceso Equitativo 321

7.5.3. Diseño Inclusivo e Infraestructura Accesible 323

7.5.4. Participación Ciudadana Vinculante 324

7.5.5. Enfoque en Cohesión Social y Seguridad Comunitaria 326

7.5.6. Medición de Impacto Social 327

7.5.7. Condiciones de Implementación y Viabilidad 329

7.6. Eje 5: Recomendaciones Ambientales y Sostenibilidad Percibida 331

7.6.1. Transición Energética en la Flota Vehicular 332

7.6.2. Gestión de Emisiones y Monitoreo Ambiental 333

7.6.3. Fomento a la Movilidad Activa 334

7.6.4. Gestión Eficiente de Recursos 334

7.6.5. Campañas de Sensibilización Ambiental 335

7.6.6. Resiliencia Climática en el Transporte 335

7.6.7. Sistema Integral de Indicadores Ambientales 336

7.7. Conclusiones Generales de las Recomendaciones Para Política Pública 337

7.7.1. Condiciones de Implementación y Viabilidad 338

8. Líneas de Investigación Futura 340

8.1. Líneas Prioritarias Derivadas de las Limitaciones del Estudio 340

8.2. Ampliación Empírica del Análisis de Movilidad 341

8.3. Profundización Metodológica 343

8.4. Líneas Aplicadas de Política Pública 345

8.5. Líneas Socio-territoriales y de Equidad 346

8.6. Gobernanza Digital y Ambiental 348

8.7. Agenda de Investigación Futura 349

9. Referencias Bibliográficas 352

10. Anexos 375

10.1. Anexo 1. Descripción de Autores que han Abordado el Rediseño de Transporte Público. 375

10.2. Anexo 2. Instrumento 381

10.3. Anexo 3. Tablas de Frecuencias y de Contingencia 386

10.4. Anexo 4. Modelos Econométricos 409

10.4.1. Modelo Logístico Binario 409

10.4.1.1. Tabla 34. Coeficientes Estimados 409

10.4.1.2. Evidencia de ajuste del modelo 410

10.4.2. Modelo Logístico Multinomial 411

10.4.2.1. Tabla 35. Variables del Modelo Multinomial 411

10.4.2.2. Tabla 36. Impacto de Accesibilidad 412

10.4.2.3. Tabla 37. Evidencia de Ajuste Modelo Multinomial 412

10.4.3. Modelos de Regresión Múltiple 413

10.4.3.1. MCO con Variables Socioeconómicas 413

10.4.3.2. Tabla 38. Resumen del modelo 413

10.4.3.3. Tabla 39. Estadísticos de Validez MCO Socioeconómicas 414

10.4.3.4. Tabla 40. Modelo MCO Índices 414

10.4.3.5. Tabla 41. Indicadores de Validez MCO Índices 415

10.4.4. MCO Herramientas Digitales 415

10.4.4.1. Tabla 42. Coeficientes Estandarizados 415

10.4.4.2. Tabla 43. Resumen de Indicadores de Validez 417

10.4.4.3. Tabla 44. Principales Factores Explicativos de los Tres Modelos 417

10.4.4.4. Tabla 45. Coeficientes estimados MCO Constructo de Calidad 418

10.4.4.5. Tabla 46. Resumen de Indicadores de Validez del MCO Accesibilidad 418

10.4.4.6. Tabla 47. Coeficientes Estimados MCO Constructo de Accesibilidad 419

Abreviaturas

A

ACEA - Asociación Europea de Constructores de Automóviles

AFE - Análisis factorial exploratorio

AIMSUN - Software de simulación dinámica

AME - Efectos marginales promedio

ANOVA - Análisis de varianza

APP - Aplicación digital o de plataforma móvil

AUC - curva ROC (características operativas de receptor)

B

BID - Banco Interamericano de Desarrollo

BM - Banco Mundial

BRIER - Métrica de precisión probabilística

BRT - Bus Rapid Transit (sistema de transporte rápido por autobuses)

C

CAF - Banco de Desarrollo de América Latina (Corporación Andina de Fomento)

CEPAL - Comisión Económica para América Latina y el Caribe

CIVITAS - Iniciativa Europea para un transporte limpio

COCIMOT - Consejo Ciudadano de Movilidad y Transporte Público

CONOCER - Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales

COVID - Enfermedad respiratoria por coronavirus

CPI - Índice de Ciudades Prósperas

D

DL - Distrito Local

DOI - Identificador de objeto digital

DOT – Desarrollo Orientado al Transporte

DW - Durbin-Watson

E

ECDG - Conferencia Europea de Gobierno Digital

EEUU - Estados Unidos

EIA - Evaluación de Impacto Ambiental

ENOE - Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo

F

FHWA - Federal Highway Administration

FODA - Fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas

G

GPS - Sistema de Posicionamiento Global

I

IA - Índice de accesibilidad

IAI - Independencia de alternativas irrelevantes

IAT - Índice de aceptación tecnológica

IC - Índice de calidad

ICG - Índice de calidad global

ICUM - Índice de cohesión urbano-movilidad

IIA - Independencia de alternativas irrelevantes

IIT - Índice de Integración Urbana del Transporte

IMC - Índice de movilidad crítica

IMEPLAN - Instituto de Planeación y Gestión del Desarrollo del Área Metropolitana de Guadalajara

IMIP - Instituto Municipal de Investigación y Planeación

IMSS - Instituto Mexicano del Seguro Social

INEGI - Instituto Nacional de Estadística y Geografía

INFONAVIT - Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores

IPT - Índice de percepción tecnológica

ISO - Organización Internacional de Normalización

IS - Índice de aproximación a la sostenibilidad percibida

ITDP - Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo

ITS - Sistemas inteligentes de transporte

ITU - International Telecommunication Union

K

KMO - Kaiser-Meyer-Olkin

L

LATAM - América Latina

LED - Light emitting diode (diodo emisor de luz)

M

MACA - Mecanismo de Auditoría Ciudadana de Accesibilidad

MCO - Mínimos cuadrados ordinarios

MGDT - Marco de Gobernanza Digital del Transporte

MLB - Modelo logístico binario

MLM - Modelo logístico multinomial

N

NFC - Near field communication (Comunicación de campo cercano)

NOM - Norma Oficial Mexicana

O

OCDE / OECD - Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos

ODS - Objetivos de Desarrollo Sostenible

OMS - Organización Mundial de la Salud

ONU - Organización de las Naciones Unidas

ONU-HÁBITAT - Programa de Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos

OR - Odds Ratio

OTE - Organismo de Transporte Estatal

P

PIB - Producto Interno Bruto

PIFCDT - Programa Integral de Formación y Certificación del Transporte

PIGAET - Programa Integral de Gestión Ambiental y Energética del Transporte

PMIMS - Plan maestro de infraestructura para la movilidad sostenible

$PM_{2.5}$ / PM_{10} - Partículas menores de 2.5 y 10 micrómetros (indicador ambiental)

PRCP - Programa de Recuperación de Corredores y Paraderos

R

R^2 - Coeficiente de determinación (R cuadrado)

ROC - Receiver operating characteristic (curva característica operativa del receptor)

S

SDG - Sustainable Development Goals (Objetivos de Desarrollo Sostenible)

SEAU - Sistema de Evaluación de Accesibilidad Urbana

SEDATU - Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano

SEDUVI - Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda

SEE - Error estándar de la estimación

SEMOVI - Secretaría de Movilidad de la Ciudad de México

SEOT - Sistema de Evaluación Operativa del Transporte

SEST - Sistema de Evaluación Social del Transporte

SIAT - Sistema Integral de Indicadores Ambientales del Transporte

SIE - Sistema de información estadística

SIESV - Sistema de Indicadores de Eficiencia Urbana y Seguridad Vial

SPSS - Statistical Package for the Social Sciences

T

TDDA - Tablero Digital de Desempeño Ambiental

TIC - Tecnologías de la información y la comunicación

TOD - Transit-oriented development (desarrollo orientado al transporte público)

TQM - Total quality management

U

UIT - Unión Internacional de Telecomunicaciones

UNECE - United Nations Economic Commission for Europe

UTAUT - Unified theory of acceptance and use of technology

V

VARIMAX - Método de rotación ortogonal utilizando análisis factorial

VIF- Variance inflation factor (factor de inflación de varianza)

VISSIM - Software de simulación dinámica

W

WCED - World Commission on Environment and Development

WRI - World Resources Institute

Z

ZPRED - Valores predichos

ZRESID - Residuos estandarizados

Resumen

Esta investigación analiza los factores asociados al uso, aceptación y percepción del transporte público en Ciudad Juárez, Chihuahua, a partir de una propuesta de reingeniería sustentada en principios de gobernanza digital. El estudio parte del reconocimiento de problemáticas estructurales relacionadas con baja calidad percibida, limitada accesibilidad, rezagos operativos y escasa integración tecnológica dentro del sistema de movilidad urbana.

Metodológicamente, se adopta un enfoque cuantitativo, transversal y de alcance asociacional, basado en encuestas aplicadas a usuarios y no usuarios del transporte público. A partir de la información recopilada, se construyen índices de calidad, accesibilidad y sostenibilidad percibida, así como modelos econométricos orientados a estimar asociaciones entre variables socioeconómicas, herramientas digitales, hábitos de movilidad y percepción del servicio.

Los resultados muestran que variables como tiempos de espera, duración del trayecto, trasbordos y aceptación tecnológica se asocian significativamente con el uso y la percepción del sistema. Asimismo, la incorporación de herramientas digitales y mecanismos de gobernanza basados en datos puede contribuir al fortalecimiento de la eficiencia operativa, la transparencia institucional y la experiencia de movilidad urbana,

Con base en estos hallazgos, se proponen recomendaciones de política pública organizadas en ejes institucionales, operativos, tecnológicos, sociales y ambientales, orientados a fortalecer la calidad, accesibilidad y sostenibilidad percibida del transporte público en Ciudad Juárez. La investigación aporta un marco empírico para el análisis de la movilidad urbana desde una perspectiva de gobernanza digital aplicad a contextos urbanos fronterizos.

Palabras clave: Reingeniería, transporte público, gobernanza digital, regresión logística, accesibilidad, aproximación a la sostenibilidad percibida.

1. Introducción y Planteamiento del Problema

1.1. Introducción

El transporte público constituye una infraestructura social crítica para la movilidad urbana, la inclusión territorial y la competitividad de las ciudades. Sin embargo, en contextos urbanos como Ciudad Juárez, su desempeño se encuentra condicionado por rezagos operativos, baja calidad percibida, limitada accesibilidad, escasa integración tecnológica y debilidades institucionales de regulación y gobernanza. Esta tensión entre centralidad urbana y desempeño deficitario constituye el punto de partida de la presente investigación.

Estos retos subrayan la importancia de la investigación continua en sistemas de transporte y de la búsqueda de soluciones innovadoras para mejorar la calidad, accesibilidad y sostenibilidad percibida de los sistemas de transporte existentes (Navarro Quesada et al., 2022).

Tal como lo identifican Navarro Quesada et al. (2022), en el reporte de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), esta creciente demanda de movilidad en las ciudades se ha enfocado en ampliar la oferta de vehículos para el traslado de las personas, mientras que se ha minimizado la importancia de mejores sistemas de transporte público, tendencia gravemente acentuada en Latinoamérica.

Si se analiza la producción de automotores, según estimaciones reportadas por Navarro Quesada et al., (2022) la producción anual de 91.7 millones de vehículos en el mundo contrasta con 829 mil unidades de camiones para transporte urbano. Aunada a esa enorme diferencia, la CEPAL también menciona la importancia de incorporar la producción de camiones eléctricos, como esfuerzo adicional que genera ventajas ambientales, en la medida en que se sustituyen las unidades tradicionales.

La literatura reciente enfatiza una necesidad creciente y urgente de inversiones en distintas modalidades y dimensiones, para impactar la movilidad y contribuir a la sostenibilidad

percibida, como puede ser el uso de energías renovables, la renovación de la infraestructura con nuevas tecnologías que potencien su eficiencia, interconexiones, elementos de conectividad compartida y demás elementos de nueva generación, los cuales contribuyen a la eficiencia de los sistemas de transporte y de la movilidad en general (Rocha Díaz, 2023).

En ese sentido, son necesarias nuevas investigaciones, que abran oportunidades de aplicación de nuevas tecnologías. Aquí entra en juego el concepto de reingeniería, que en esta investigación se conceptualiza como rediseño institucional y operativo del sistema, incluyendo procesos de planeación, control y evaluación del servicio, así como la arquitectura de datos y mecanismos de rendición de cuentas, como elementos de solución clave para el correcto abordaje de los desafíos que enfrentan las ciudades ante la creciente demanda de servicios de calidad (ONU, 2019).

En los lineamientos de la agenda 2030 propuesta por la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2019), enfatiza metas de acceso y sostenibilidad de los sistemas de transporte público, por medio de la incorporación de nuevas tecnologías y, fundamentalmente, el acompañamiento de la gobernanza digital.

Asociado a esto, el objetivo 11 está directamente asociado a transporte urbano y su eficiencia, aunque tangencialmente en el objetivo 3 de la agenda, la ONU busca mejorar la salud pública, por medio de la reducción de las partículas suspendidas en el aire y la contaminación por emisiones del transporte público, exacerbadas por la congestión vehicular en las grandes ciudades; en la literatura contemporánea, estas metas se operacionalizan mediante TIC y enfoques de gobernanza basada en datos.

También, en el objetivo 9, centrado en la industria, innovación e infraestructura, se manifiesta la urgencia de modernizar los sistemas de transporte público, como elemento de asociación para promover la eficiencia y la sostenibilidad percibida ambiental de los centros urbanos, además de hacer hincapié, una vez más, en el uso de las nuevas tecnologías. En este

sentido, surge como enfoque fundamental el aprovechamiento de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la gestión y desarrollo de nuevos esquemas de operación de los sistemas de transporte público. Esto se trata también en el objetivo 7, al hablar sobre una transición a formas más sostenibles de energía en el transporte público, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero y contribuyendo a una movilidad urbana más limpia.

Este enfoque planteado por los objetivos de la ONU, que enfatiza la necesidad de desarrollar sistemas de transporte que respondan a esa relación entre crecimiento de la ciudad, participación económica en el PIB nacional y movilidad interna, ha originado que en las principales ciudades latinoamericanas busquen responder por medio del sistema de transporte conocido como Bus Rapid Transit (BRT).

Esta forma de transporte, generalmente se caracteriza por el desarrollo de infraestructura que prioriza al transporte público en relación con el transporte de otro tipo de vehículos y ofrece la posibilidad de pagar la tarifa antes de tomar el autobús, agilizando su acceso. Desde inicios de la década de 2010, más de 45 ciudades de América Latina han realizado inversiones significativas para desarrollar este tipo de sistemas de transporte, lo que representa el 63.6% de pasajeros en sistemas BRT a nivel mundial (Rodríguez y Vergel, 2013).

En este contexto, un aspecto crítico es que, pese a la abundancia de diagnósticos operativos y descriptivos sobre el transporte público en Latinoamérica, en México y en la región, existe evidencia limitada y fragmentada, especialmente para ciudades fronterizas como Ciudad Juárez, que integre simultáneamente (a) percepciones de usuarios/no usuarios, (b) constructos de calidad, accesibilidad, aproximación a la sostenibilidad percibida validados estadísticamente, y (c) modelación econométrica para estimar asociaciones con componentes de digitalización y gobernanza.

Precisamente, la presente investigación se orienta a cubrir este vacío, aportando un marco metodológico que combina análisis estadístico avanzado con la perspectiva ciudadana y con la propuesta de una reingeniería del transporte basada en la gobernanza digital.

En esta investigación, la expresión *aproximación a la sostenibilidad percibida* se refiere a la valoración subjetiva que realizan usuarios y no usuarios sobre los atributos del sistema asociados con la eficiencia ambiental, modernización tecnológica, reducción de impactos negativos y orientación hacia una movilidad urbana más responsable. Por tanto, no se mide la sostenibilidad objetiva del sistema, sino la percepción ciudadana respecto a dichos atributos como componente de análisis en el desempeño del transporte público.

La *reingeniería del transporte público* se entiende como el proceso integral de rediseño institucional, operativo y tecnológico del sistema de movilidad. Dentro de ese proceso, la gobernanza digital opera como principio rector de coordinación y gestión, al incorporar mecanismos de transparencia, interoperabilidad, trazabilidad, participación ciudadana y toma de decisiones basada en datos.

Por su parte, las *herramientas digitales* constituyen instrumentos específicos como plataformas de información, sistemas de pago electrónico, monitoreo en tiempo real o aplicaciones móviles, mediante los cuales esa gobernanza se materializa operativamente.

En este enfoque, la *reingeniería basada en gobernanza digital* se entiende como un marco de diseño de política pública orientado a mejorar el desempeño del transporte público. En términos metodológicos, el análisis empírico estima asociaciones entre variables socioeconómicas, herramientas digitales, uso del sistema y percepción del servicio por parte de usuarios y no usuarios, mediante un estudio transversal de alcance asociacional. Por tanto, los resultados no identifican efectos causales de implementación, sino de patrones empíricos que contribuyen al diseño de estrategias y recomendaciones de política pública.

1.2. Antecedentes

El transporte público juega un papel crucial en la movilidad urbana, afectando la calidad de vida de millones de personas, incidiendo en el medio ambiente y la economía y obligando a las ciudades a avanzar en nuevos esquemas de transporte, con uso de nuevas tecnologías que disminuyan estos impactos (Núñez, 2023). Ante la congestión vehicular, la contaminación atmosférica se ha disparado y se considera necesario una movilidad más eficiente y sostenible.

Por esa razón, organismos internacionales como la ONU, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD) y la CEPAL, en el caso de Latinoamérica, han subrayado la importancia de mejorar los sistemas de transporte público mediante la publicación de sendos documentos sobre lineamientos, con los indicadores económicos y de medio ambiente (OECD, 2019; ONU, 2019; Navarro Quesada et al., 2022) que las ciudades deben considerar en sus metas de corto y largo plazo, para así estar dentro de los parámetros estandarizados por todos los miembros de estos organismos internacionales.

En ese sentido, los organismos internacionales han propuesto integrar las tecnologías digitales y aplicar los principios de la gobernanza digital para construir esquemas de reingeniería del transporte público, como una estrategia innovadora para mejorar la eficiencia, la accesibilidad y la sostenibilidad percibida de los sistemas de transporte público.

De este modo, investigadores como Domínguez Narváez et al. (2024) han analizado la relación entre la movilidad urbana sostenible y el espacio público, haciendo notar variables como la inversión, el medio ambiente, la infraestructura, la planificación urbana y la tecnología. Este enfoque descriptivo proporciona una visión integral de los factores que influyen en la movilidad urbana y destaca la importancia de considerar múltiples aspectos en la reingeniería del transporte público.

Por otro lado, autores como Miranda Rosales et al. (2024) exploraron la movilidad urbana inteligente, analizando variables como la movilidad, el medio ambiente y la población. El

enfoque comparativo que realizaron permite identificar prácticas novedosas en materia de movilidad urbana inteligente y la importancia de hacer uso de innovación tecnológica en la mejora de los sistemas de transporte público.

Por su parte, Núñez (2023) hace un análisis profundo de la relación entre el entorno urbano, la densidad poblacional y el uso de sistemas de autobuses de transporte rápido o BRT en Quito, Ecuador, porque este sistema tiene más de una década operando y existen elementos suficientes para correlacionar estas variables urbanas.

También se han elaborado reflexiones sobre los beneficios de la implementación de paradas inteligentes en los sistemas de transporte, como elemento adicional en la estrategia de rediseños de sistemas de transporte en ciudades latinoamericanas, tal como lo plantean Ruiz Demera y Pincay Ponce (2023) en su estudio de análisis documental.

En ese mismo intento de documentar y generar información útil para la toma de decisiones en sistemas de transporte, se propone considerarse el estudio realizado por Rodríguez Rodríguez et al. (2023), donde se establecen los referentes de tecnología, impacto en la economía, educación, salud y legislación cuando se conectan las ciudades por medio de sistemas inteligentes.

Las investigaciones relacionadas a sistemas de transporte con uso de tecnologías y aplicación de reingeniería del transporte público con elementos de gobernanza digital se basan en la comprensión de este universo de investigaciones, que ponen en relieve la urgencia y utilidad de atender a la brevedad los desafíos actuales en materia de movilidad urbana; pero sobre todo subrayan la búsqueda de soluciones innovadoras, que mejoren la eficiencia, la accesibilidad y la sostenibilidad percibida de los sistemas de transporte público.

En el anexo 1 se presentan los autores que han abordado el rediseño de transporte público con aplicación de nuevas tecnologías y se aprecia una tendencia a la integración de tecnologías digitales y la aplicación de principios de gobernanza enfocados a incrementar la

eficiencia de los sistemas de transporte público (Rodríguez, 2020); incluso es detectable la importancia de hacer estas modificaciones en ciudades intermedias, por ser un factor clave para lograr una movilidad urbana más eficiente y sostenible, que posibilitaría un crecimiento sostenido, apoyado por una mejor planeación urbana (Dunque Franco, 2021).

La revisión de literatura muestra que la investigación sobre transporte público ha evolucionado hacia enfoques multidimensionales que integran planificación, sostenibilidad percibida, innovación tecnológica y gestión institucional. Diversos estudios han destacado la importancia de factores como la infraestructura, planificación territorial y el uso de tecnologías para mejorar el funcionamiento del transporte (Domínguez Narváez et al., 2024; Miranda Rosales et al., 2024).

A partir de esa base teórica, el presente estudio adopta como marco conceptual tres dimensiones centrales ampliamente reconocidas en la literatura sobre movilidad urbana: calidad del servicio, accesibilidad y la sostenibilidad percibida, las cuales se utilizan como variables explicativas para analizar el desempeño del sistema de transporte público. Sin embargo, la investigación introduce un aporte adicional al integrar estas dimensiones como variables asociadas a gobernanza digital y al uso de herramientas digitales, así como con características socioeconómicas de los usuarios, haciendo uso de modelos econométricos para estimar su influencia en la probabilidad de uso del transporte.

Con este aporte, el estudio no solo retoma enfoques existentes sobre movilidad sostenible y transporte inteligente, sino que propone una articulación conceptual entre variables tecnológicas, sociales y operativas, permitiendo analizar empíricamente la relación entre gobernanza digital, percepción de calidad, accesibilidad y sostenibilidad percibida del sistema de transporte público en un contexto fronterizo como Ciudad Juárez.

En conjunto, la revisión de literatura evidencia avances importantes en movilidad sostenible, transporte inteligente y digitalización urbana. Sin embargo, persisten limitaciones

relevantes en tres sentidos: primero, la mayoría de los estudios privilegia análisis descriptivos o técnicos sin integrar simultáneamente variables perceptuales y modelos econométricos; segundo, existe escasa evidencia aplicada a ciudades fronterizas latinoamericanas; y tercero, son limitadas las investigaciones que articulan calidad, accesibilidad y sostenibilidad percibida y gobernanza digital dentro de un mismo marco analítico. A partir de este vacío, la presente investigación propone una aproximación empírica orientada a estimar asociaciones entre variables socioeconómicas, herramientas digitales y percepción del transporte público en Ciudad Juárez.

1.3. Problema de Investigación

1.3.1. *Contexto Mundial y Latinoamericano*

El crecimiento poblacional global, especialmente en las áreas urbanas, ha provocado un aumento desmedido en el número de vehículos automotores debido a la creciente necesidad de movilidad tanto de personas como de mercancías. Esto ha hecho necesario gestionar y administrar constantemente la movilidad urbana, con especial atención en los sistemas de transporte público.

En América Latina, el uso de autobuses para atender la demanda de transporte público es común, pero en la mayoría de las ciudades estos sistemas resultan ineficientes al compartir las vías con automóviles y otros vehículos. Esto genera problemas crecientes de congestión, mayor tiempo de desplazamiento, un impacto negativo significativo en el medio ambiente, y un aumento en los accidentes urbanos.

Todas estas variables deben ser abordadas por las autoridades mediante una planificación eficaz y un esquema de movilidad regulada para ofrecer las mejores condiciones posibles a la ciudadanía (Celi, 2018).

La experiencia en diversos sistemas de transporte público en ciudades latinoamericanas muestra un desarrollo aislado y basado en el “ensayo y error”, con una clara ausencia de

estudios econométricos, seguimiento y planificación. En los pocos casos de éxito en el desarrollo de sistemas de transporte público enfocados en la sostenibilidad percibida, que promueven la movilidad urbana mediante cambios en el comportamiento y actitudes de ciudadanos, planificadores, políticos y empresas de servicio, se han aplicado principalmente en ciudades europeas.

Esto ha sido posible gracias a la planificación centralizada controlada por organismos públicos que gestionan la prestación del servicio de transporte en todas las ciudades de la Unión Europea (CIVITAS citado por Celi, 2018).

La idea central de un sistema de transporte público surge de brindar a las masas la opción de transportarse en vehículos de servicio público en traslados eficientes, rápidos, todo en un entorno de comodidad y seguridad entre los distintos lugares donde se desplazan y desarrollan sus actividades cotidianas, como lo demuestra el funcionamiento del sistema japonés (Nieto, 2010).

En ese sentido el autobús se convirtió en el principal vehículo utilizado en las ciudades latinoamericanas ya que de esa forma se disminuía considerablemente la inversión necesaria para operar el sistema de transporte público comparado con la inversión requerida para desarrollar una red ferroviaria, metro u otros sistemas más complejos (Farías, 2012).

De acuerdo con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la promoción de una movilidad sostenible involucra la integración del transporte, desarrollo de sistemas de transporte masivo, promoción de transporte no motorizado y las políticas de manejo de demanda con la planificación urbana.

El BID sostiene que el transporte público es un factor determinante para el crecimiento económico de las ciudades, marca el patrón de desarrollo interno y mejora la calidad de vida de los habitantes al impactar en la reducción de la congestión y contribuir a consolidar ciudades más densas y eficientes (BID, 2014).

La concepción elemental es que el transporte público permite una circulación fluida de los usuarios comparados con el resto de la población y los elementos físicos que aportan esa característica son las avenidas, intersecciones y sistemas de control de tráfico que regulan el uso de todas esas infraestructuras que coadyuvan a un sistema de movilidad eficiente, pues en las ciudades latinas se ha experimentado un proceso de urbanización similar al de países desarrollados, donde el 75% de la población vive en ciudades, lo que supone un carácter urbano como el de Europa o Estados Unidos (Celi, 2018).

Es importante desatacar que un sistema de transporte público eficiente está relacionado con variables como la densidad poblacional y su aportación a la movilidad de los habitantes. Según la comparación realizada por Celi (2018) analizando ciudades de todo el mundo, el promedio modal se distribuye en un 30% en transporte privado, 40.3% utiliza transporte público y 29.7% tiene movilidad no motorizada.

Pero existe una enorme varianza en ese promedio, pues en Hong Kong, por ejemplo, el 81% de la población se desplaza por medio del sistema de transporte público y solo el 12% utiliza vehículo particular. Otro caso que destaca es Seúl, donde se utiliza el transporte público por el 66% de la población y solamente el 23% hace uso de transporte privado.

1.3.2. *Contexto Mexicano*

En México se inició con un auge marcado por la preferencia de los sistemas ferroviarios de tranvías en el ámbito urbano y el ferrocarril para la conexión intra-urbana desde inicios del siglo XIX, pero a medida que avanzó el siglo XX se fue sustituyendo por el automóvil, incluso se dice hoy en día que el tema del ferrocarril es una materia pendiente en el ámbito de la infraestructura mexicana de la movilidad, ya que durante décadas no solo dejó de desarrollarse, sino que se quedó en franco rezago en relación con el sistema carretero que no ha dejado de crecer desde que se inició su construcción a lo largo y ancho del país (Estrada et al., 2024).

En el ámbito urbano y bajo la óptica de minimizar costos, se fueron implementando sistemas que privilegiaron el uso del autobús y para el caso de ciudades más grandes se desarrollaron sistemas de Buses de Transporte Rápido (BRT) como el *macrobús* de la zona metropolitana de Guadalajara, o el *Metrobús* en la Ciudad de México.

Sistemas que tienen un costo promedio por kilómetro entre los 10 a 20 millones de dólares, mientras que los sistemas férreos oscilan entre los 40 a 100 millones de dólares, dependiendo sin se desarrolla elevado o subterráneo (Wright y Hook, 2010).

En México el servicio de transporte público suele ser deficitario y opera en la mayoría de las ciudades bajo monopolios públicos o sistemas de concesiones que terminan por operar en función de sus intereses y rentabilidad, lo que elimina la competencia y la calidad del servicio. Inclusive, en contados sistemas de transporte se ha analizado con profundidad y rigurosidad académica el tema de la demanda y tarifa del servicio, ya que los escasos estudios se han centrado mayormente en la parte técnica de la operación (De Rus et al., 2006).

En lo que a calidad se refiere, el transporte público se propone ser atractivo para el usuario al brindarle un servicio de calidad, comodidad, confiabilidad e información al pasajero en tiempo real. Esas características pueden inducir a la disminución del transporte privado o uso de automóvil entre un 8 y 10% de los traslados que se realizan en esa modalidad y esa sustitución modular contribuiría a respirar un aire más limpio (Estrada et al., 2024).

1.3.3. *Contexto de Ciudad Juárez*

Según Chavira (2009), los acelerados niveles de crecimiento del territorio y la población emparejados con el añejo descuido en materia de políticas públicas de infraestructura y equipamiento urbano generó y agudizó el problema de la movilidad urbana.

Aunado a la situación fronteriza que ha generado una verdadera cadena de redes cada vez más complejas por las asimetrías de información y debilidades institucionales, hasta el

grado de convertir en un verdadero obstáculo cualquier intento de solución en materia de movilidad urbana.

Si bien es cierto que se ha trabajado por parte del Instituto Municipal de Investigación y Planeación (IMIP) el tema relacionado al transporte público con idea de modernizarlo bajo el concepto del “Bus Rapid Transit” (BRT) desde el año de 1995, esfuerzos que florecen hasta el año 2013 con lo que hoy se conoce como ruta uno del BRT, llamado “Vive Bus”. Sin embargo, tanto la línea uno como la desarrollada en 2019, hoy conocida como “Juárez Bus”, están caracterizadas por la falta de consideración de las distintas necesidades de los usuarios para atender las serias consecuencias de un transporte ineficiente e insostenible (Ampudia Rueda y Limas Hernández, 2022).

En su estudio de percepción de los usuarios del transporte público de Ciudad Juárez, Ampudia Rueda y Limas Hernández (2022) identificaron cómo los usuarios calificaban las unidades del servicio de transporte, en una escala de 1 a 10, donde 1 es pésima calidad y 10 es excelente calidad. El promedio fue de 3.1 puntos. Y sobre el desempeño de los choferes, el 94% de los usuarios manifestó que deben capacitarse para brindar un mejor servicio.

En este mismo estudio, lograron identificar los principales problemas que enfrentan los usuarios en sus traslados cotidianos, y resalta la escasez de rutas (34%), al tener que tomar más de un camión para lograr llegar a su destino. Además, está la inseguridad y riesgo en los traslados (23%), en paraderos, durante el traslado, al ascender o descender de la unidad, sufrir abusos de otros usuarios, la falta de espacios para paquetes, bolsas y bultos. Los usuarios identificaron unidades sucias y en mal estado con costos de traslado altos y poco asequibles.

Destacaron la enorme limitación de las unidades y de la infraestructura en general para personas con discapacidad o algún requerimiento o necesidad diferentes, falta de señalética (horarios, paradas, rutas, prohibiciones y derechos de uso).

El 31% de los usuarios identificó problemas con los choferes en su trato al usuario y su forma conducir. Al cuestionarles sobre haber sido víctimas de inseguridad al hacer uso del transporte público, 37% tuvo respuesta afirmativa y de ese porcentaje el 75.7% de los casos eran mujeres.

A partir de la información recopilada en estudios previos, se identifica que Ciudad Juárez enfrenta la necesidad de mejorar su movilidad urbana a través de un sistema de transporte público, considerándolo un elemento clave para lograr una ciudad sostenible.

Este esfuerzo forma parte de los objetivos establecidos en la Agenda 2030, específicamente en el objetivo 11, que establece como meta propiciar para 2030 el acceso a sistemas de transporte seguros, asequibles, accesibles y sostenibles para todas las personas. Además, se busca mejorar la seguridad vial mediante un sistema de calidad que considere las necesidades de los grupos en situación de vulnerabilidad, como personas mayores, mujeres, niños y personas con discapacidad (ONU, 2019).

El problema que enfrenta Ciudad Juárez en su transporte público combina carencias operativas y espaciales profundas, caracterizadas por insuficiencia de la flota, cobertura ineficiente y una elevada exigencia de caminabilidad para acceder a los paraderos o lugares de abordaje, lo que multiplica riesgos para los usuarios.

Este contexto evidencia la limitada capacidad institucional para regular y supervisar el servicio, lo que eleva la urgencia de un cambio en el enfoque con el que se ha venido atendiendo el transporte, la urgencia de migrar hacia la gobernanza digital como elemento fundamental de la reingeniería del sistema (Ampudia Rueda y Limas Hernández, 2022).

Este escenario documentado en el contexto local, y en contraste de las pautas internacionales de modernización, evidencia un vacío de análisis, pues existen diagnósticos y una buena dosis de recomendaciones dispersas, pero no hay estudios que integren evidencia estadística y modelación econométrica aunada a la medición sistemática de índices de calidad,

accesibilidad y aproximación a la sostenibilidad percibida para estimar con rigor y evidencia significativa, el efecto de las herramientas digitales sobre las decisiones de uso, la modalidad y la frecuencia, para entender el desempeño del transporte público en este entorno fronterizo, propio de Ciudad Juárez.

La presente investigación se propone llenar ese vacío y articular un marco de reingeniería basado en la gobernanza digital, sustentado en objetivos e hipótesis explícitos y contrastables que permitan vincular la planeación estratégica con resultados verificables y, en última instancia, traducir el diagnóstico en recomendaciones de política pública con instrumentos de gestión y evaluación claros.

En conjunto, estos hallazgos evidencian que la problemática del transporte público en Ciudad Juárez no se limita a carencias operativas, sino a una interacción compleja entre calidad, condiciones de accesibilidad y niveles de aproximación a la sostenibilidad percibida del modelo actual.

Estas dimensiones inciden directamente en los hábitos de uso o no uso, así como de la percepción en confiabilidad, seguridad y eficiencia. En este contexto, incorporar herramientas digitales y esquemas de gobernanza digital adquiere especial relevancia al ofrecer la posibilidad de mejorar la información disponible para los usuarios, así como optimizar la gestión operativa.

A pesar de los esfuerzos institucionales por modernizar el transporte público en Ciudad Juárez, persisten deficiencias en calidad, accesibilidad y la sostenibilidad percibida, así como limitaciones en el uso de herramientas digitales para mejorar la gestión y la experiencia del usuario. En consecuencia, no se cuenta aún con evidencia empírica suficiente que permita estimar de manera rigurosa cómo estas dimensiones influyen en la probabilidad de uso del transporte público en la ciudad.

Ante este vacío en la literatura aplicada, particularmente en la escasa articulación entre variables perceptuales de usuarios con modelos explicativos de elección modal y enfoque de gobernanza digital, esta investigación busca contribuir a dicho vacío mediante la construcción de una arquitectura econométrica que ayude a explicarlo.

Para efectos de esta investigación, el uso del transporte público se operacionaliza como una variable de comportamiento reportado por los encuestados, mientras que la aceptación se entiende como una disposición favorable hacia el sistema. Asimismo, la percepción hacer referencia a la evaluación subjetiva del desempeño del transporte en términos de calidad, accesibilidad y sostenibilidad percibida.

Por tanto, los resultados derivados de los modelos econométricos deben interpretarse como asociaciones empíricas vinculadas al comportamiento modal declarado y a las valoraciones subjetivas de los participantes, sin implicar relaciones causales ni niveles absolutos de aceptación del sistema de transporte público.

1.4. Pregunta de Investigación

¿En qué medida las características socioeconómicas, carga percibida de viaje y la disponibilidad o uso de herramientas digitales asociadas a gobernanza digital se relacionan con la probabilidad de uso del transporte público y con la percepción de calidad, accesibilidad y la sostenibilidad percibida del sistema en Ciudad Juárez?

1.5. Justificación de la Investigación

1.5.1. *Transporte Público en el Mundo*

El transporte público es un servicio con grandes alcances y no puede solamente acotarse como un componente aislado en el urbanismo, al contrario, es vital para el funcionamiento de las ciudades tal como las conocemos hoy en día, es una enorme fuerza que acumula el potencial de cohesionar la vida urbana e integrar las actividades de la trama diaria de las personas, familias, empresas e industrias en su conjunto (Campos, 2006).

Se identifica la importancia del transporte, pues trasciende en muchos aspectos más allá del simple prisma de la movilidad para perfilarse como un potente catalizador del desarrollo sostenible de una ciudad que impulse la equidad y accesibilidad de los servicios públicos como un derecho a la ciudad de sus habitantes a través de sistemas con excelente ingeniería de procesos (Bouraima et al., 2023).

Todo este conjunto de elementos brinda una conectividad eficiente, que bajo el principio de eficiencia con aplicación de principios tecnológicos óptimos para asegurar los mejores tiempos de traslado logran impactar significativamente la disminución de la contaminación e incursionar en un complicado sistema de tránsito urbano que ayude eficazmente a la disminución del congestionamiento de las vialidades y contribuya a enfrentar desafíos multifacéticos y significativos de las ciudades. (Hanish et al., 2023)

Hernández y Cisneros-Corrales (2020) destacan en sus investigaciones que las ciudades de todo el planeta han enfrentado un crecimiento poblacional rápido y en muchas de ellas, particularmente las de países con bajos ingresos, también desordenado, situación que ha contribuido a la compleja problemática del desarrollo de sistemas de movilidad, influyendo decisivamente en el incremento de la congestión vehicular, lo que ha hecho más notoria la insuficiencia de infraestructura de vialidades y la mayúscula carencia de infraestructura en los sistemas de transporte.

Aunado a lo anterior, se propone acentuarse la falta de acceso equitativo al sistema de transporte, incrementando la contaminación y mermando la aproximación a la sostenibilidad percibida.

La rápida urbanización de las ciudades y el incremento poblacional acelerado forman una combinación que ha llevado a un aumento en la demanda de movilidad, y este incremento en la demanda ha impactado directamente en una congestión vehicular creciente en muchas

ciudades, lo que a su vez ha aumentado los tiempos de viaje, las emisiones de gases de efecto invernadero y la pérdida de productividad económica (Kaya, 2019).

Este comportamiento poblacional, de requerimientos de movilidad y de infraestructura relacionada ha encontrado un déficit en la contraparte presupuestal que ha agudizado la problemática de las ciudades (Lira Padilla, 2020), toda vez que las necesidades de inversión en infraestructura y el gasto en mantenimiento para asegurar condiciones eficientes de funcionamiento del sistema de transporte público se han convertido en un desafío crucial para los presupuestos de las ciudades y/o estados que los administran (Rodríguez et al., 2013).

Esta distancia presupuestal entre las necesidades de inversión y de mantenimiento en los sistemas de movilidad de las ciudades y en específico del sistema de transporte, ha generado que muchos sistemas de transporte público en ciudades de todos los países en el mundo hoy están debatiendo entre la obsolescencia y la falta de expansión, convirtiendo muchos sistemas de transporte en prestadores de servicios ineficientes (Sánchez-Flores et al., 2010).

El evidente deterioro de sus sistemas de administración e infraestructura física que disminuye la calidad y se convierte en un servicio deficiente para los usuarios, toda vez que se convierte en un tipo de movilidad no deseada por su menor atractivo, expulsando a los usuarios al uso de sustitutos de movilidad que tienen otros impactos en congestionamiento, contaminación y fluidez de las ciudades (Trujillo, 2023).

Es importante resaltar la inequidad en el acceso a servicios de transporte público como un problema que se presenta en muchos sistemas en forma generalizada, pero se acentúa en ciertos grupos socioeconómicos y áreas geográficas que se caracterizan por contar con accesos limitados del servicio de transporte público y cuando lo tienen no es de la calidad deseada (Saldaña-Ochoa, 2023).

La escasa accesibilidad contribuye a profundizar las deficiencias del sistema de transporte en términos de equidad, agudizando también las desigualdades sociales y la dificultad para segmentos poblacionales de contar con una movilidad eficiente que les facilite desenvolverse en la dinámica económica y social (Lucas, 2012).

Además de la exclusión de segmentos poblacionales y áreas geográficas de las ciudades, se propone agregarse una variable muy importante, la seguridad en el transporte público como un aspecto esencial que afecta significativamente la percepción y en mayor medida su utilización (Paiva, 2019).

La creciente tendencia de actos delictivos en el transporte público y la percepción exacerbada de inseguridad al utilizar el sistema de transporte disuade a los pasajeros, pero particularmente influyen en mayor medida en las mujeres y todos los grupos vulnerables de hacer uso del transporte público, incidiendo en la sostenibilidad percibida del sistema y en todos los indicadores de eficiencia (Wirtz et al., 2019).

A nivel global se enfrenta otro reto en la movilidad en las ciudades, relacionado con la la sostenibilidad ambiental. En este sentido, varios organismos internacionales han fijado sus metas, ya que el tema climático se ha vuelto fundamental, dados los altos niveles de emisiones de gases contaminantes provenientes de los sistemas de transporte público, que inciden severamente en el clima y han acelerado el cambio climático impulsado por las emisiones y el incremento de las partículas suspendidas en el aire. Todo esto redunda en el impacto negativo en la salud pública, sobre todo en la calidad del entorno urbano (OECD, 2019).

Este comportamiento en la tendencia climática presenta desafíos enormes, que resaltan la urgencia de desarrollar nuevos esquemas que hagan uso de todo tipo de tecnologías, para así combatir los aspectos negativos de la gestión de movilidad de las ciudades (Cordel, 2015).

Para incluir este enfoque se considera necesario desarrollar nuevos esquemas de transporte, un análisis profundo de las necesidades de inversión en la infraestructura que

destierre los problemas de inequidad y acceso, contribuya a una mejora sustancial en la seguridad para que las ciudades cuenten con sistemas de transporte eficientes, atractivos, convertidos en bienes de consumo normal (Nicholson, 2004), atractivos en la satisfacción del usuario y respetuosos con el medio ambiente para prolongar la vida urbana e incentivar la promoción sostenible de la movilidad (Shaheen, 2016).

1.5.2. *Transporte Público en Ciudades Latinoamericanas*

Por otro lado, el sistema de transporte público en ciudades latinoamericanas es un tópico que se propone analizarse en etapas y con distintos enfoques, pues se enfrenta a una gran cantidad de desafíos sumamente complejos que están incidiendo negativamente la calidad de vida de millones de personas (Gakenheimer, 2012).

De acuerdo con Gómez-Ibañez (2018) son muchas las variables que influyen en este amalgama de desafíos, pero puede resaltarse la rápida urbanización, el acelerado crecimiento poblacional, una mínima inversión que se destina a mejorar las condiciones de la movilidad y la escasa inversión en infraestructura, juntamente con la inadecuada planificación y descoordinación de los distintos actores relacionados en la prestación del servicio de transporte, y en términos generales con la movilidad de las ciudades: desafío fundamental en la congestión vehicular y la saturación de las calles.

Las últimas décadas han estado marcadas por el incremento consistente del parque vehicular como resultado de la creciente demanda de movilidad y la baja eficiencia del transporte público, junto a la existencia de vías inadecuadas que facilitan la presencia de embotellamientos recurrentes, incidiendo tiempos, relacionado con pérdidas económicas y aumentando la contaminación ambiental (Gómez-Ibáñez, 2018).

Adicionalmente, en las ciudades latinas se propone agregarse una problemática que ha mermado severamente la calidad del transporte público: la informalidad en el sistema de transporte público. El tema de la informalidad representa un desafío significativo que muchas

ciudades enfrentan por carecer de regulación y seguridad, poniendo en riesgo la integridad de los usuarios y relacionado con un desequilibrio en la competencia que se da con los sistemas de transporte formal (Peña, 2020).

Esta problemática que se presenta en las ciudades latinoamericanas subraya un desafío extra de la urgente necesidad de intervenciones efectivas y coordinadas para lograr un abordaje contundente a las complejidades del transporte público (Díaz, 2024).

En ese sentido es crucial analizar y establecer políticas que rediseñen el funcionamiento del transporte que crear las condiciones que fomenten la inversión en infraestructura, incentiven la expansión de sistemas de transporte masivo como el Bus Rapid Transit (BRT), eleven la equidad en la accesibilidad del servicio y promuevan alternativas sostenibles, considerando en todas estas estrategias lograr una movilidad urbana más eficiente y sostenible que oferte opciones en las distintas formas de acceder al derecho de la ciudad. (Hall, 2018).

1.5.3. *Transporte Público en Ciudad Juárez*

En el caso específico de Ciudad Juárez, el transporte público enfrenta desafíos significativos que han impregnado la movilidad y calidad de vida de sus habitantes. La ciudad, desafortunadamente, enfrenta deficiencias multifacéticas que han afectado la eficiencia operativa y ha repercutido en la experiencia de los usuarios que utilizan las rutas establecidas en los distintos puntos cardinales.

Los usuarios del transporte público se ven afectados en su movilidad diaria por la mancha urbana por congestionamientos y retrasos frecuentes con tiempos de viaje prolongados. La mala planeación del sistema de transporte de la ciudad ha generado externalidades concatenadas en una insuficiente cobertura y rutas mal diseñadas que segmentan y excluyen áreas completas de la ciudad (Azpeitia, et al., 2019).

La ciudad enfrenta un diseño mal presentado en la aplicación de carriles confinados para el sistema del Bus Rapid Transit (BRT) incidiendo en todo momento la experiencia del

usuario y profundizando una reticencia al uso del transporte a tal grado de catalogarlo como un bien que solo se utiliza por consumidores de escasos recursos económicos, es decir, la mala calidad del sistema de transporte en Ciudad Juárez ha llevado a relacionarlo con bajos ingresos por ser el segmento poblacional que está atado a su uso y sufrir las opciones limitadas de movilidad y conexión en traslados lentos y de pésima calidad (Chaparro, 2023).

Adicional a los dos tópicos mencionados, la obsolescencia de la flota del transporte se ha convertido en el problema recurrente por la falta de mantenimiento, violación de la antigüedad permitida por la ley de transporte, remarcando la ausencia de las comodidades disponibles en unidades modernas del transporte público; a esas deficiencias, se propone sumarse la inseguridad en los trayectos y la evidente incomodidad producto de unidades viejas, violatorias del marco regulatorio y carentes de las medidas mínimas de seguridad vehicular. (Chaparro, 2023).

La falta de mantenimiento, la antigüedad de la flotilla de unidades y las pésimas condiciones del transporte se justifican por parte de los prestadores del servicio por insuficiencia financiera de las condiciones del mercado, sin embargo, las tarifas pueden representar una carga altamente significativa para el comportamiento de la relación ingreso-gasto de los usuarios del transporte público (Azpeitia et al., 2019).

Un punto que merece atención especial es la percepción que tienen los usuarios del trasporte público por el concepto de seguridad. La percepción de la seguridad en el transporte público ha sido un obstáculo importante para incrementar su demanda, con frecuencia se conocen de actos cometidos en las unidades o en los trayectos del paradero a las viviendas de hechos violentos como robo, con mucha frecuencia de acoso y en casos más graves de ser testigos de hechos violentos cometidos por integrantes del crimen organizado (Díaz, 2024).

Ante todos estos agravantes del sistema de transporte público, existe ausencia de coordinación e integración de los diferentes niveles de gobierno y actores relacionados con el

servicio y funcionamiento del sistema de transporte público en Ciudad Juárez. La existencia de diferentes operadores, la combinación de distintos tipos de sistema y la mala relación entre órdenes de gobierno, han creado un sistema desarticulado, fragmentado y deficiente para los usuarios, para la movilidad en su conjunto dentro de la mancha urbana y para la competitividad de la ciudad en su totalidad por la desintegración originada en la ausencia de un transporte público que integre a la ciudad y le ofrezca eficiencia ambiental, operativa, económica y social (Martínez, 2018).

Esta problemática del transporte público impulsada por las deficiencias descritas impactan negativamente en la calidad de vida de los habitantes de Ciudad Juárez y resaltan la necesidad urgente de intervenciones propositivas para mejorar la eficiencia del sistema de transporte público. Las deficiencias llaman urgentemente a mejorar la infraestructura, incrementar y mejorar la cobertura, modernizar la flota, establecer tarifas equitativas y abordar la seguridad (Díaz, 2023).

Todos son aspectos clave para lograr un transporte público eficiente y accesible en la ciudad y cabe dentro de un nuevo enfoque de reingeniería del transporte público en Ciudad Juárez aplicando la gobernanza digital, toda vez que la gobernanza efectiva del transporte público es un pilar fundamental para favorecer un sistema de transporte eficiente, accesible y sostenible para las ciudades (Flak, 2005).

Al menos eso es perceptible si se compara el establecimiento de un enfoque de gobernanza en el transporte público en otras ciudades con sistemas eficientes, donde se observa una mayor integración y ágil coordinación entre las diferentes instancias gubernamentales y operadores de transporte con clara definición de roles y responsabilidades, relacionado con un escenario que facilita la toma de decisiones y la implementación de políticas para mejorar la movilidad urbana (Salom et al., 2024)

En marcado contraste, el sistema de transporte en Ciudad Juárez sufre de una falta de coordinación y colaboración efectiva entre las autoridades y los operadores de transporte público. Esta situación plantea un desafío considerable, manifestado en la ausencia de planificación y ejecución de estrategias orientadas a mejorar los indicadores económicos, sociales y ambientales asociados con un transporte público eficiente, que incorpore un modelo de gobernanza digital alineado con las tendencias globales de la economía.

Ante este panorama, surge la necesidad de abordar otro aspecto crucial: la inversión en el transporte. Aunque es indiscutible que resulta urgente destinar recursos a infraestructura que responda a las necesidades de movilidad de la ciudad, es igualmente esencial que esta inversión esté acompañada de un enfoque tecnológico.

La inversión en el sistema de transporte se propone enfocarse en dos áreas principales: por un lado, en la administración y gestión operativa, y por otro, en la exploración de tecnologías de vanguardia que permitan establecer un esquema global de gobernanza digital.

Las ciudades con sistemas de transporte eficientes priorizan la inversión en infraestructuras modernas, destacándose los sistemas de autobuses BRT (Bus Rapid Transit), trenes y metro, así como tecnologías que mejoran la experiencia del usuario, tales como aplicaciones móviles para pago y planificación de rutas (Banister, 2008).

La implementación de un nuevo enfoque de gobernanza digital en el transporte público de Ciudad Juárez enfrenta retos significativos en términos de coordinación entre los actores involucrados, planificación de la inversión en infraestructura y un notable incremento en la participación ciudadana en la toma de decisiones.

Resulta, en este contexto, relevante establecer comparaciones con ciudades que cuentan con sistemas de transporte más eficientes para identificar prácticas exitosas.

Este análisis comparativo de la participación ciudadana en ciudades con sistemas de transporte eficaces puede contribuir significativamente al desarrollo de un nuevo enfoque de

gobernanza que facilite la adopción de estrategias orientadas a fomentar la inversión y la participación ciudadana como elementos clave para mejorar la calidad del transporte público en Ciudad Juárez.

En este contexto, la presente investigación no se limita a describir las deficiencias estructurales del sistema de transporte en la ciudad, sino que propone una aportación original al integrar dentro del mismo marco de análisis, las variables de percepción del usuario, las elecciones modales y los principios de gobernanza digital como ejes explicativos del uso del transporte público.

A diferencia de enfoques tradicionales centrados en la infraestructura u operación, este estudio plantea que la eficiencia del sistema depende de la interacción entre la percepción del usuario, gestión institucional y digitalización, configurando un modelo explicativo replicable en contextos urbanos similares.

1.6. Objetivos de la Investigación

1.6.1. *Objetivo General*

Analizar los factores asociados al uso y a la percepción de calidad, accesibilidad y aproximación a la sostenibilidad percibida del transporte público en Ciudad Juárez, incorporando variables de gobernanza digital mediante la validación de escalas y la estimación de modelos econométricos.

1.6.2. *Objetivos Específicos*

Validar la fiabilidad y estructura factorial de las escalas de calidad, accesibilidad y sostenibilidad percibida, con el propósito de construir índices empíricamente consistentes.

Estimar la asociación entre variables socioeconómicas, carga percibida de viaje, herramientas digitales y los índices de calidad accesibilidad y sostenibilidad percibida.

Estimar la probabilidad de uso/no uso, frecuencia y modalidad del transporte público mediante modelos regresión logística binarios o multinomiales, incorporando variables de gobernanza digital y controles socioeconómicos.

1.7. Hipótesis

H1: La gobernanza digital (índice/variable) se asocia positivamente con calidad percibida

H2: La gobernanza digital se asocia positivamente con accesibilidad percibida

H3: La gobernanza digital se asocia positivamente con aproximación a la sostenibilidad percibida

H4: La gobernanza digital se asocia con mayor probabilidad de uso del transporte público, controlando por socioeconómicas y carga de viaje.

1.8. Encuadre

Pregunta	Objetivos	Hipótesis
¿En qué medida las características socioeconómicas, carga percibida de viaje y la disponibilidad o uso de herramientas digitales asociadas a gobernanza digital se relacionan con la probabilidad de uso del transporte público y con la percepción de calidad,	Analizar los factores asociados al uso y a la percepción de calidad, accesibilidad y aproximación a la sostenibilidad percibida del transporte público en Ciudad Juárez, incorporando variables de gobernanza digital mediante la validación de escalas y la estimación de modelos econométricos.	H1: La gobernanza digital (índice/variable) se asocia positivamente con calidad percibida. H2: La gobernanza digital se asocia positivamente con accesibilidad percibida.

accesibilidad y la sostenibilidad percibida del sistema en Ciudad Juárez?	Validar la fiabilidad y estructura factorial de las escalas de calidad, accesibilidad y sostenibilidad percibida, con el propósito de construir índices empíricamente consistentes. Estimar la asociación entre variables socioeconómicas, carga percibida de viaje, herramientas digitales y los índices de calidad accesibilidad y sostenibilidad percibida. Estimar la probabilidad de uso/no uso, frecuencia y modalidad del transporte público mediante modelos regresión logística binarios o multinomiales, incorporando variables de gobernanza digital y controles socioeconómicos.	H3: La gobernanza digital se asocia positivamente con aproximación a la sostenibilidad percibida. H4: La gobernanza digital se asocia con mayor probabilidad de uso del transporte público, controlando por socioeconómicas y carga de viaje.

2. Fundamentación Teórica

2.1. Reingeniería: Origen, Evolución, Críticas y Adaptación al Transporte Público

La reingeniería nace como un concepto enfocado en el modelo de gestión para rediseñar y mejorar radicalmente los procesos administrativos y empresariales en el sentido amplio. Este concepto fue introducido y defendido principalmente por Michael Hammer (1990), James Champy (1993) y Thomas Davenport (1993), en la década de 1990 el concepto de reingeniería era relativamente novedoso y fue adaptándose a diferentes aplicaciones y todo tipo de organizaciones bajo distintas condiciones lo que hace necesario conceptualizar la forma como se aplicará el concepto, ya que de no hacerlo se puede volver riesgoso y cuestionable su aplicación (Halachmi, 1995).

Según estos autores las organizaciones que no se reestructuran de forma drástica y revolucionaria incrementan el riesgo de ser desplazadas y sustituidas por organizaciones más competitivas, ya que la gestión y la eficiencia influyen en el desarrollo de enfoques más asertivos sobre estrategias empresariales, en las cuales sobresale el concepto bajo estudio (Osorio y Paredes, 2001).

Si bien es cierto que la reingeniería como estrategia empresarial para mejorar procesos tiene sus raíces en las décadas de 1980 y 1990 por las aportaciones de los autores mencionados, sus aportaciones han permitido que el proceso de reingeniería se haya generalizado; aunque diversos autores reportan altas tasas de fracaso.

Según los resultados de la investigación realizada por Stephan Chan y Chung Choi (1997), los ejecutivos encuestados por la revista Fortune 500 se encuentran poco satisfechos por los procesos de reingeniería que han establecido en sus compañías.

Es importante destacar que en ese tiempo las organizaciones enfrentaban muchas presiones por adaptarse rápidamente a todo el proceso tecnológico que estaban desarrollándose y las obligaba a ser más competitivas. De tal forma que la reingeniería surgió

como respuesta a la búsqueda intensa de enfoques que fueran más allá de los enfoques desarrollados hasta ese momento, convirtiéndose en una respuesta a este desafío (Osorio y Paredes, 2001).

De acuerdo con Sage (1995), la reingeniería puede darse en alguno de los siguientes tipos:

Reactiva: se realiza porque existe un problema en el servicio o producto al grado de hacer crisis y la reingeniería es el único camino posible para solucionarlo.

Interactiva: aquella que es resultado del deseo de mejorar la situación actual con un cambio sustancial.

Proactiva: cuando se desea posicionar la organización por desarrollar cambios que en el futuro se normalizarán y se desea tomar liderazgo en el mercado.

Independientemente del tipo aplicado, es importante tener claro que la reingeniería es uno de los instrumentos que utiliza la administración moderna para transformar una organización. Es decir, la reingeniería no es una moda, o pretexto para adelgazar la organización, es un cambio definido y permanente de cómo dirigir, administrar, operar y medir su desempeño (Arciniega et al., 2014).

En el contexto de esta investigación, la reingeniería del transporte público se entiende como un proceso integral de rediseño institucional, operativo y tecnológico orientado a mejorar el desempeño del sistema mediante la incorporación de principios de gobernanza digital, herramientas de gestión basadas en datos y mecanismos de interacción más eficientes entre autoridades, operadores y usuarios.

La reingeniería no se concibe únicamente como una modernización de infraestructura, renovación de flota o ampliación de rutas, sino como una transformación del modelo de gestión del sistema de transporte que busca optimizar la calidad del servicio, la accesibilidad territorial y la aproximación a la sostenibilidad percibida ambiental.

La unidad de análisis se centra en el sistema de transporte público de Ciudad Juárez desde la perspectiva de los usuarios y sus patrones de movilidad, utilizando variables relacionadas con características socioeconómicas, percepciones de servicio y disposición al uso de herramientas digitales.

Los sistemas de BRT merecen atención especial, puesto que se espera que la mayor parte del futuro crecimiento urbano tenga lugar en ciudades de tamaño mediano, de no más de 500,000 habitantes (ONU Hábitat 2011) con capacidad fiscal limitada. Los sistemas BRT -que son menos costosos que otras formas de transporte masivo, como el metro- pueden satisfacer la demanda de transporte de estas ciudades. Dado que más de 130 sistemas de BRT comenzaron a funcionar en la década pasada, promover el DOT[1] será particularmente importante" (Banco Mundial, 2014, citado en Suzuki, 2014).

El uso del concepto de reingeniería va más allá de un simple ajuste y requiere la reconstrucción completa de cómo se realizan las actividades en una entidad, ya sea del sector privado o público. En el ámbito privado, ha sido utilizada con éxito en empresas que buscan adaptarse a entornos altamente cambiantes, lo que ha ayudado a reducir costos, mejorar la calidad del servicio y responder ágilmente a las demandas del mercado (Suzuki et al., 2014).

Por otro lado, la reingeniería también ha demostrado ser un instrumento valioso para mejorar la eficacia y eficiencia del servicio en el sector público, así sean gobiernos o entidades gubernamentales, caracterizados con mucha frecuencia por procesos burocráticos y complejidades fuera de toda lógica de competitividad, donde la reingeniería resulta una estrategia eficiente para simplificar procedimientos, reducir tiempos de respuesta y mejorar la calidad de los servicios prestados a los ciudadanos (Bustos, 2005).

---

[1] DOT (Desarrollo Orientado al Transporte) es aplicado en el contexto urbano como la tendencia orientada al transporte público. En inglés se utiliza TOD (Transit-Oriented Development).

En general, puede decirse que la implementación de la reingeniería de organizaciones, sean privadas o públicas, se asocia con un cambio cultural y mentalidad proactiva de innovación. Demanda disposición de cuestionar y replantear las prácticas establecidas y gestionar eficazmente el cambio organizacional (Gutiérrez y Sastrón, 2016).

La reingeniería, aplicada en el transporte público busca mejorar la eficiencia operativa y experiencia del usuario, y se ha convertido en una herramienta valiosa como vehículo transformador de procesos y sistemas desafiados por las variables que construyen la complejidad de la movilidad urbana.

Los sistemas de transporte público han hecho uso de la reingeniería para repensar y rediseñar los procesos clave para lograr una mayor eficiencia, reducción de costos y una prestación de servicios más efectiva. Uno de los elementos centrales de este enfoque es la optimización de las rutas y horarios, utilizando datos y tecnologías avanzadas para adaptarse a los patrones de movilidad de la población (Bautista et al., 2024).

Incluso se han desarrollado plataformas mixtas para tratar la movilidad como un servicio (MaaS por sus siglas en inglés) desarrollado por Yanying Li (2019) para documentar las experiencias en distintos estados de la unión americana combinando distintas plataformas como uso del transporte público (camión o metro), taxis, Uber, bicicletas compartidas y “carpooling”.

La implementación de sistemas de pago electrónicos, la integración de tecnologías de información y la aplicación de análisis de datos en tiempo real son componentes esenciales de la reingeniería en el transporte público. Estos elementos permiten una gestión más eficiente de flotas, monitoreo de la demanda y una respuesta ágil a cambios inesperados en las condiciones del tráfico.

La autoridad, particularmente a nivel local, puede jugar un rol importante para promover nuevos esquemas de transporte entre sus ciudadanos (Li, 2019).

Además, la reingeniería es un concepto que aborda la experiencia del usuario, buscando simplificar los procesos de abordaje y hoy gracias al uso de nuevas tecnologías puede ofrecer información en tiempo real sobre horarios y brindar opciones de pago más flexibles. El desarrollo y aplicación de este nuevo enfoque de reingeniería ha impactado positivamente la accesibilidad para personas con movilidad reducida y también se ha convertido en una consideración fundamental, incorporando infraestructuras y servicios diseñados para atender las necesidades de todos los usuarios (Gutiérrez y Sastrón, 2016).

En el contexto de sistemas de transporte público masivo, como el caso de los BRT, la reingeniería puede abordar la renovación de la flota con vehículos más eficientes y sostenibles desde el punto de vista ambiental. Existen nuevas tecnologías que contribuyen a la incorporación de energías limpias y establecimiento de prácticas de mantenimiento más eficientes que se alinean con los objetivos de la sostenibilidad y resiliencia ambiental incorporados en acuerdos internacionales para reducir el impacto del calentamiento global (Quintero, 2015).

No obstante, es pertinente reconocer que el concepto de reingeniería, ampliamente difundido en la década de los noventa, ha sido objeto de críticas por su enfoque predominantemente gerencial, su tendencia a simplificar procesos complejos de cambio organizacional y su asociación, en ciertos contextos, con estrategias de reducción de costos como el downsizing.

Estas limitaciones resultan particularmente relevantes cuando se traslada el concepto al ámbito del sector público, donde los procesos involucran múltiples actores, restricciones institucionales y objetivos sociales que trascienden la eficiencia operativa. Sin embargo, en el marco de esta investigación, la reingeniería no se adopta en su acepción tradicional, sino que se resignifica como un enfoque integral de rediseño sistémico orientado a la mejora del

transporte público urbano, incorporando dimensiones de gobernanza, digitalización y experiencia del usuario.

Esta reinterpretación permite diferenciarla de conceptos como modernización o transformación digital, en tanto no se limita a la incorporación de tecnología ni a ajustes incrementales, sino que propone una revisión estructural de los procesos, las relaciones institucionales y los mecanismos de toma de decisiones.

En este sentido, la reingeniería del transporte público se plantea como un marco analítico y propositivo que articula eficiencia operativa, coordinación institucional y centralidad del usuario, resultando pertinente para abordar la complejidad de los sistemas de movilidad urbana contemporáneos.

En esta investigación, la reingeniería opera como marco analítico y propositivo. Los modelos empíricos no miden efectos causales de una intervención implementada, sino asociaciones entre percepciones, características de movilidad, herramientas digitales y probabilidades de uso, las cuales sirven como insumo para formular recomendaciones de rediseño institucional, operativo y tecnológico.

2.2. Gobernanza y Gobernanza Digital: del Gobierno Digital a la Coordinación Sociotécnica

El concepto de gobernanza surge como una evolución de los modelos tradicionales de gobierno centrados exclusivamente en la autoridad estatal. En contraste, la gobernanza se refiere a un proceso más amplio de coordinación entre múltiples actores para la toma de decisiones y la gestión más eficiente de asuntos públicos, mediante mecanismos de cooperación, regulación y participación.

Este enfoque ampliado reconoce que la solución a problemas complejos requiere redes amplias de interacción entre instituciones para integrar capacidades, recursos y conocimiento que proviene de distintos niveles de gobierno y de diversos actores (Báez, 2023).

Desde esta perspectiva, logra entenderse que la gobernanza se caracteriza por la fuerte interacción entre los diversos actores, formales e informales y los mecanismos de rendición de cuentas orientados a mejorar la gestión pública.

Vázquez (2019), entre otros autores, han señalado que los componentes centrales de la gobernanza incluyen participación, transparencia y coordinación institucional para desarrollar políticas efectivas en el ámbito urbano por la complejidad de las diversas realidades.

La gobernanza también se asocia con el desarrollo de modelos de gestión donde las decisiones públicas se construyan con procesos abiertos entre los diversos actores que están obligados a participar del proceso. En ese contexto, las instituciones juegan un papel importante para articular mecanismos que hagan más eficiente la gestión de recursos (Arellano, 2015).

Este nuevo universo de comunicación e influencia es la plataforma digital ha incrementado la capacidad de influir en la opinión pública y su relación con normas y valores que se han convertido en un aspecto crucial y han dado pie a la más amplia definición de la gobernanza digital (Aguilar, 2022).

Con el avance de las tecnologías de información y comunicación, los gobiernos han incorporado herramientas digitales, dando origen a lo que se conoce como gobierno digital, entendido como el uso de tecnologías digitales para optimizar los procesos administrativos, facilitar trámites y mejorar el servicio público (Crespi, 2022).

Sin embargo, diversos estudios han señalado que el concepto de gobierno digital se ve limitado cuando las tecnologías no solamente transforman procesos administrativos, sino que también modifican la forma como interactúan las instituciones con la sociedad o con actores privados. En ese contexto surge el concepto de gobernanza digital, que se asocia con una evolución del uso de las herramientas digitales a modelos de gestión basados en plataformas digitales que intercambian información y colaboran entre actores institucionales y ciudadanos.

Este concepto de gobernanza ampliado que se traslada a la gobernanza digital se asocia con la necesidad de establecer y fortalecer asociaciones y colaboraciones entre instituciones, organizaciones e inclusive conexiones transfronterizas para asegurar que se abordan desafíos globales vigentes y urgentes de considerar, como la ciberseguridad y la protección de datos (Palacios Garay et al., 2021).

Esta transición ha sido descrita como un paso de “digital government a digital governance”, pues las tecnologías se convierten en instrumentos para fortalecer la coordinación, transparencia y participación ciudadana en una gestión pública (Erkut, 2020).

Es muy importante considerar al actuar de instituciones locales por el potencial que obtienen al incursionar estos conceptos que se vienen desarrollando y al trasladarse al ámbito digital, se asociaría con la necesidad de establecer normas y procesos y modelos de gestión para proteger las redes y los recursos digitales comprometidos en distintos órdenes, incluidos lo local, como la información y la infraestructura en línea (Aguilar, 2014).

La aplicación de los principios de gobernanza digital en transporte público ha sido documentada en dimensiones clave, entre las que destacan: gestión de datos y analítica digital, relacionada con generación y procesamiento de datos para toma de decisiones en movilidad. Interoperabilidad institucional para integrar diversos sistemas de información. Transparencia y datos abiertos para facilitar el uso de información. Interacción digital con los usuarios mediante aplicaciones móviles y sistemas de información en tiempo real y monitoreo y evaluación del servicio.

La CEPAL y el Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES) desarrollaron guías orientadas a fortalecer la gobernanza digital, destacando las plataformas digitales y sistemas de datos abiertos para interactuar con los usuarios.

En el marco de esta investigación, la gobernanza digital se analiza específicamente en relación con el transporte como sistema digital y plataforma de información para mejorar la

gestión del sistema en Ciudad Juárez y vincularlo con las variables de calidad, accesibilidad y aproximación a la sostenibilidad percibida, así como los hábitos de uso y disposición de los usuarios a adoptar herramientas digitales.

No obstante, es importante precisar que el concepto de gobierno digital presenta limitaciones analíticas relevantes para el estudio del transporte público, ya que se enfoca predominantemente en la digitalización de procesos administrativos y la mejora en la provisión de servicios desde una lógica institucional vertical.

Este enfoque, aunque útil, tiende a omitir la complejidad de las interacciones entre actores, así como la construcción social de la experiencia del usuario, elementos que resultan centrales en sistemas urbanos de movilidad. En contraste, la gobernanza digital ofrece un marco más adecuado, pues incorpora dinámicas de coordinación interinstitucional, participación ciudadana y uso estratégico de datos en entornos abiertos y colaborativos.

Esta distinción no es únicamente conceptual, sino que tiene implicaciones directas en el modelo analítico de la presente investigación, ya que permite integrar variables de percepción del usuario, uso de herramientas digitales y estructuras de decisión en un mismo esquema explicativo.

La adopción del enfoque de gobernanza digital posibilita analizar el transporte público no solo como un sistema operativo, sino como un ecosistema de interacción donde la experiencia, la información y la coordinación institucional inciden directamente en los patrones de uso y aceptación del servicio.

En esta investigación, la gobernanza digital se entiende como la capacidad institucional de coordinar actores, procesos, datos y mecanismos de participación mediante herramientas digitales orientadas a mejorar la tranparencia, la eficiencia operativa, la rendición de cuentas y la experiencia del usuario en el sistema de transporte público. No obstante, no se mide

integralmente la gobernanza digital como constructo institucional completo, sino percepciones y disponibilidad de herramientas asociadas a ella.

2.3. Movilidad Inteligente y Transporte Público Cómo Sistema Sociotécnico

La movilidad se ha convertido en uno de los componentes estratégicos para mejorar la eficiencia urbana y calidad de vida y un sistema de transporte eficiente constituye un elemento fundamental para la integración urbana, entendiendo la movilidad como eje central para el desarrollo sostenible de las ciudades (Nuñez y Airteck, 2023; Alvarado, 2020).

En este enfoque, diversos estudios destacan que los sistemas de movilidad inteligente incorporan tecnologías digitales para gestionar flujos, integrar modos de movilidad y mejorar la información para usuarios. Estas soluciones incluyen monitoreo, gestión de rutas y mayor eficiencia de sistemas de transporte para optimizar la movilidad de la ciudadanía (Miranda Rosales et al., 2024; Franco, 2023).

Asimismo, sistemas de transporte inteligente incorporan herramientas tecnológicas como sensores, cámaras, aplicaciones móviles y análisis de datos en tiempo real como elementos que forman parte del ecosistema el internet de las cosas (IoT) y que permiten mejorar la eficiencia, seguridad y calidad del sistema de transporte público (Rodríguez et al., 2023).

En el marco de esta investigación, el enfoque de ciudades inteligentes se retoma específicamente para analizar cómo la incorporación de herramientas digitales y sistemas de información contribuyen a mejorar dimensiones clave del transporte, particularmente la calidad del servicio, accesibilidad del sistema y aproximación a la sostenibilidad percibida del modelo de movilidad, así como su posible influencia en los hábitos de uso y disposición a utilizar herramientas digitales (Delgado y Delgado, 2023).

2.4. Calidad del Servicio en Transporte Público

La calidad percibida del transporte público puede analizarse como una adaptación sectorial de los enfoques de calidad del servicio, donde los atributos tangibles e intangibles del sistema son evaluados por los usuarios a partir de su experiencia cotidiana. En el transporte público, esta evaluación se expresa en dimensiones como puntualidad, frecuencia, seguridad, confort, información disponible y confiabilidad del sistema.

La calidad del servicio en el transporte público se configura como una de las dimensiones centrales para analizar el desempeño de los sistemas de movilidad urbana, en tanto influye directamente en la percepción de los usuarios y en su decisión de uso. En el contexto de ciudades latinoamericanas, la literatura ha documentado que los sistemas de transporte enfrentan deficiencias estructurales que se asocian en servicios poco confiables, inseguros y con bajos niveles de confort, lo que reduce su atractivo frente a alternativas de movilidad privada (Gómez-Ibáñez, 2018; Trujillo, 2023).

En términos analíticos, la calidad del servicio en el transporte público puede entenderse a partir de un conjunto de atributos relacionados con la operación y la experiencia del usuario, entre los que destacan la puntualidad, la frecuencia del servicio, la confiabilidad en los tiempos de espera, la comodidad de las unidades, la seguridad durante el trayecto y la disponibilidad de información para el usuario. Estos elementos no solo reflejan el desempeño del sistema, sino que configuran la forma en que el usuario evalúa el servicio en su experiencia cotidiana (Estrada et al., 2024).

En el caso de México, diversos estudios han señalado que la calidad del transporte público se encuentra asociada con la capacidad del sistema para ofrecer condiciones de comodidad, confiabilidad e información oportuna al usuario, factores que pueden influir en la reducción del uso del transporte privado y mejorar la eficiencia del sistema en su conjunto (Estrada et al., 2024). Sin embargo, cuando estas condiciones no se cumplen, el transporte

público pierde competitividad y se convierte en una alternativa de movilidad de baja preferencia.

Es importante señalar que, en el marco de esta investigación, la calidad del servicio no se aborda desde una medición técnica exhaustiva del sistema, sino desde la calidad percibida por los usuarios.

Esta delimitación resulta fundamental, ya que el comportamiento de uso del transporte público depende en gran medida de la interpretación subjetiva que los usuarios hacen del servicio, particularmente en términos de confiabilidad, seguridad y eficiencia, tal como se ha evidenciado en estudios sobre percepción del transporte en contextos urbanos (Ampudia Rueda y Limas Hernández, 2022).

En este sentido, la calidad se operacionaliza como un constructo perceptual que integra la evaluación que los usuarios realizan sobre distintos atributos del servicio, permitiendo su incorporación en modelos econométricos orientados a explicar la probabilidad de uso del transporte público. De esta manera, la calidad del servicio se posiciona como una dimensión analítica clave dentro del modelo propuesto, en conjunto con la accesibilidad y la aproximación a la sostenibilidad percibida, contribuyendo a explicar el comportamiento de los usuarios en sistemas de movilidad urbana complejos.

2.5. Accesibilidad en Transporte Público

La accesibilidad en el transporte público se configura como una dimensión fundamental para el análisis de la movilidad urbana, en tanto define la posibilidad efectiva de los usuarios para utilizar el servicio en función de su ubicación, condiciones socioeconómicas y características del sistema. A diferencia de la mera disponibilidad de infraestructura, la accesibilidad se asocia con una relación entre la oferta de transporte y la capacidad real de los individuos para desplazarse dentro de la ciudad.

En el ámbito de las ciudades latinoamericanas, la literatura ha documentado que la accesibilidad al transporte público presenta importantes limitaciones derivadas de la insuficiente cobertura, la falta de conectividad entre rutas y la desigual distribución territorial del servicio, lo que genera exclusión en amplios sectores de la población (Saldaña-Ochoa, 2023; Lucas, 2012). Estas deficiencias afectan particularmente a las zonas periféricas y a los grupos de menores ingresos, restringiendo su acceso a oportunidades económicas y sociales.

Desde una perspectiva analítica, la accesibilidad en el transporte público puede descomponerse en diversos atributos, entre los que destacan la proximidad a paradas o estaciones, la cobertura territorial del servicio, la conectividad entre rutas, los tiempos de traslado y la asequibilidad económica. Estos elementos configuran el grado en que el sistema permite a los usuarios integrarse de manera funcional a la dinámica urbana, facilitando el acceso a empleo, educación y servicios (Celi, 2018).

Asimismo, la accesibilidad se encuentra estrechamente vinculada con la equidad urbana, en tanto las limitaciones en el acceso al transporte público pueden profundizar desigualdades sociales y territoriales, al restringir la movilidad de ciertos grupos poblacionales (Lucas, 2012). En este sentido, mejorar la accesibilidad no solo se asocia con ampliar la infraestructura, sino también brindar condiciones de uso equitativas y funcionales para los usuarios.

Al igual que en el caso de la calidad del servicio, en esta investigación la accesibilidad se aborda desde la accesibilidad percibida por los usuarios. Esta delimitación es clave, ya que la decisión de utilizar el transporte público no depende exclusivamente de la existencia objetiva del servicio, sino de la forma en que los usuarios evalúan su capacidad real para acceder a él, considerando factores como tiempos de espera, número de transbordos y costos asociados y la seguridad del sistema (Ampudia Rueda y Limas Hernández, 2022).

En este sentido, la accesibilidad se operacionaliza como un constructo perceptual que integra la evaluación subjetiva de estos atributos, permitiendo su incorporación en modelos econométricos que explican la probabilidad de uso del transporte público.

La accesibilidad objetiva remite a condiciones medibles del sistema, como distancia a paraderos, cobertura, frecuencia, conectividad y tarifa. La accesibilidad percibida, en cambio, refiere a la evaluación subjetiva que realizan los usuarios sobre la capacidad real de utilizar el sistema bajo condiciones de tiempo, costo, seguridad y esfuerzo. Esta investigación se concentra en la segunda, sin desconocer que dicha percepción se encuentra condicionada por atributos objetivos del sistema.

De esta manera, la accesibilidad, junto con la calidad y la aproximación a la sostenibilidad percibida, conforma un conjunto de dimensiones analíticas interrelacionadas que permiten explicar los patrones de movilidad urbana y el nivel de aceptación del sistema de transporte público en Ciudad Juárez.

2.6. Aproximación a la Sostenibilidad Percibida en Transporte Público

El término aproximación a la sostenibilidad percibida surge en el contexto del desarrollo sostenible y su definición clásica de la Comisión Brundtland: “satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (WCED, 1987). Esa concepción se asocia con dimensiones intergeneracionales, uso responsable de recursos y balance de intereses sociales, económicos y ambientales. Para el transporte público, adoptar una interpretación adaptada de aproximación a la sostenibilidad percibida significa no solo reducir emisiones y consumo, sino también un servicio eficiente, equitativo y resiliente dentro de una gobernanza institucional sólida.

En el ámbito del transporte sostenible, la literatura especializada ha ido consolidando un enfoque multidimensional: ambiental, social, económico e institucional. Por ejemplo, Roman (2022) identifica cinco clústeres de investigación en transporte sostenible: movilidad urbana,

combustibles y emisiones, logística, métricas de desempeño y políticas futuras (Roman, 2022). Esta clasificación muestra que, aunque el componente ecológico suele recibir mayor atención, la medición del transporte sostenible requiere articular otras facetas, incluidas gobernanza y equidad.

El enfoque ambiental es quizás lo que más se asocia con la aproximación a la sostenibilidad percibida del transporte. Se centra en minimizar impactos negativos como emisiones de gases de efecto invernadero, partículas ($PM_{2.5}$, PM_{10}), consumo energético, ruido y uso de recursos no renovables. En múltiples estudios se propone que el transporte público sostenible debe funcionar con tecnologías de bajas emisiones, medir su huella ambiental y optimizar rutas para reducir consumo innecesario (Ayadi et al., 2024; Velasco Arevalo et al., 2022).

Ayadi et al. (2024) revisan cómo los sistemas de transporte público usan indicadores compuestos para evaluar aproximación a la sostenibilidad percibida ambiental, señalando que los métodos de normalización, ponderación y agregación tienen un impacto decisivo en los resultados. (Ayadi et al., 2024).

Por su parte, Velasco Arevalo et al. (2022) examinan marcos de evaluación para transporte público sostenible, destacando que la publicación de datos abiertos y seguimiento ambiental continuo refuerzan la gobernanza de aproximación a la sostenibilidad percibida (Velasco Arevalo et al., 2022).

Es importante señalar que el enfoque ambiental no se propone entenderse aisladamente; su validez como componente del constructo depende de su vinculación coherente con dimensiones social, operativa e institucional.

Una interpretación operativa de aproximación a la sostenibilidad percibida considera que un sistema se propone funcionar con niveles óptimos de eficiencia: buen uso de recursos, alta cobertura con mínimas redundancias, confiabilidad en frecuencias, puntualidad y uso

eficiente de la flota. En transporte, la eficiencia se relaciona directamente con el costo por km, tiempo de espera y utilización óptima de los vehículos.

Roman (2022) nota que los “performances and metrics in sustainable transport” constituyen uno de los clústeres relevantes del estudio de transporte sostenible, lo que indica que medir eficiencia operativa es central para evaluar aproximación a la sostenibilidad percibida. La aproximación a la sostenibilidad percibida también se asocia con justicia en la distribución de beneficios y costos.

En el transporte público, este ángulo se materializa en el acceso equitativo, tarifas asequibles, servicios a zonas periféricas, atención a grupos vulnerables, seguridad y calidad percibida. Un sistema puede tener bajas emisiones, pero si marginaliza comunidades no será socialmente sostenible.

Literaturas recientes analizan la fragilidad de la gobernanza en ámbitos urbanos fragmentados, advirtiendo que sin mecanismos participativos y principios de justicia, los proyectos de transporte sostenible pueden reforzar desigualdades (Kigochi, 2024). Asimismo, modelos integrados de gobernanza y aproximación a la sostenibilidad percibida propuestos en Bahman et al. (2025) subrayan que la aproximación a la sostenibilidad percibida se propone incorporar reformas institucionales, gobernanza democrática y co-creación con la ciudadanía (Bahman et al., 2025).

Una aproximación a la sostenibilidad percibida duradera requiere estructuras institucionales capaces de planificar, regular, monitorear, evaluar y adaptarse. Esto se asocia con marcos jurídicos, organismos responsables, autonomía técnica, transparencia y gobernanza digital. Bahman et al. (2025) destacan que la aproximación a la sostenibilidad percibida en transporte no puede limitarse a soluciones técnicas, sino que se propone comprender dinámicas institucionales e interacciones políticas (Bahman et al., 2025).

En este sentido, integrar gobernanza institucional en tu constructo de aproximación a la sostenibilidad percibida permite sustentar políticas de datos abiertos, auditorías verdes, capacidad de implementación y continuidad más allá del ciclo electoral. Esa dimensión institucional también legitima el vínculo entre evidencia empírica y decisión de política, porque muestra que un servicio sostenible no se sostiene si no hay capacidad administrativa.

La aproximación a la sostenibilidad percibida contemporánea reconoce que los sistemas deben ser resilientes, es decir, capaces de resistir, adaptarse y recuperarse de perturbaciones, ya sean climáticas, sociales o tecnológicas. Con este enfoque teórico es factible agrupar indicadores con la finalidad de ajustar enfoques técnicos y políticos.

Estudios recientes proponen marcos que unifican resiliencia y aproximación a la sostenibilidad percibida en infraestructura de transporte urbano. Estos trabajos muestran que indicadores de robustez, recuperación y adaptabilidad deben integrarse al cálculo de aproximación a la sostenibilidad percibida (Kays y Sadri, 2022).

La aproximación a la sostenibilidad percibida adaptada al transporte público exige un enfoque integral que trascienda la visión puramente ecológica. Se propone articular dimensiones ambientales, operativas, sociales, institucionales y de resiliencia en un marco conceptual coherente y medible. La revisión de literatura muestra que estas dimensiones aparecen recurrentemente en estudios contemporáneos sobre transporte sostenible, evaluaciones con indicadores compuestos, gobernanza y resiliencia (Karjalainen, 2021).

En esta investigación, la aproximación a la sostenibilidad percibida se operacionaliza a partir de la percepción de los usuarios, mediante indicadores incluidos en el instrumento. El uso de percepciones como variables resulta consistente debido al vínculo estrecho de las decisiones de uso o no por su percepción de eficiencia, seguridad y aproximación a la sostenibilidad percibida del sistema, lo que permite analizar empíricamente la relación entre estas percepciones y patrones de movilidad.

En este marco, la calidad, la accesibilidad y la aproximación a la sostenibilidad percibida se integran como los tres constructos centrales del modelo analítico de la presente investigación, abordados de manera equivalente en jerarquía conceptual y operacionalizados desde la percepción de los usuarios.

Mientras la calidad se asocia con la experiencia directa del servicio en términos de confiabilidad, seguridad y confort; la accesibilidad con la posibilidad efectiva de uso derivada de condiciones de cobertura, conectividad y costo; y la sostenibilidad percibida con la valoración del sistema en términos de permanencia, equidad y responsabilidad social y ambiental, su análisis conjunto permite explicar de forma más robusta los patrones de uso del transporte público.

Esta integración resulta consistente con la evidencia empírica señala que las decisiones de movilidad no dependen exclusivamente de condiciones objetivas del sistema, sino de la forma en que los usuarios perciben su desempeño (Ampudia Rueda y Limas Hernández, 2022; Estrada et al., 2024). En consecuencia, estos tres constructos se incorporan como dimensiones perceptuales dentro de los modelos econométricos propuestos, permitiendo analizar su relación con la probabilidad de uso del transporte público y consolidando un enfoque explicativo coherente con los objetivos de la investigación.

2.7. Integración Conceptual del Modelo Analítico

A partir de la revisión teórica desarrollada, es posible establecer una integración conceptual que articula los principales enfoques abordados en este capítulo en función del modelo analítico de la investigación. En particular, los conceptos de reingeniería del transporte público, gobernanza digital y ciudades inteligentes proporcionan el marco estructural para comprender la transformación de los sistemas de movilidad urbana, mientras que los constructos de calidad, accesibilidad y aproximación a la sostenibilidad percibida permiten operacionalizar dicha transformación desde la perspectiva de los usuarios.

En este sentido, la reingeniería del transporte público, entendida como un proceso de rediseño sistémico que incorpora dimensiones institucionales, operativas y tecnológicas, se vincula directamente con el enfoque de gobernanza digital, el cual introduce mecanismos de coordinación, uso estratégico de datos y participación de múltiples actores en la gestión del sistema (Báez, 2023; Erkut, 2020).

El enfoque de ciudades inteligentes aporta el componente tecnológico necesario para la integración de herramientas digitales, sistemas de información y plataformas de interacción con los usuarios (Rodríguez et al., 2023; Delgado y Delgado, 2023). Esta articulación permite conceptualizar el transporte público como un sistema sociotécnico, donde la operación, la gestión institucional y la experiencia del usuario se encuentran interrelacionadas.

Dentro de este marco, los constructos de calidad, accesibilidad y aproximación a la sostenibilidad percibida se incorporan como dimensiones analíticas centrales, abordadas desde la percepción de los usuarios y alineadas con la literatura que señala que las decisiones de movilidad se encuentran condicionadas por la evaluación subjetiva del desempeño del sistema (Ampudia Rueda y Limas Hernández, 2022).

Particularmente, la calidad se relaciona con la experiencia del servicio, la accesibilidad con la posibilidad efectiva de uso y la aproximación a la sostenibilidad percibida con la valoración del sistema en términos de equidad, permanencia y responsabilidad ambiental, lo que permite construir un enfoque explicativo integrado de los patrones de movilidad urbana (Estrada et al., 2024).

Esta integración conceptual tiene implicaciones directas en el diseño metodológico de la investigación, ya que permite traducir los constructos teóricos en variables observables mediante instrumentos de medición basados en percepción, así como en su incorporación en modelos econométricos orientados a explicar la probabilidad de uso del transporte público. De esta manera, el modelo propuesto articula variables socioeconómicas, percepciones del

servicio y uso de herramientas digitales dentro de un esquema analítico coherente con la complejidad de los sistemas de transporte urbano.

La fundamentación teórica permite articular los enfoques de reingeniería del transporte público, gobernanza digital y ciudades inteligentes con los constructos de calidad, accesibilidad y aproximación a la sostenibilidad percibida, configurando un marco analítico coherente para el estudio de la movilidad urbana.

Esta integración posibilita vincular las dimensiones conceptuales con variables observables, sugiriendo consistencia entre los fundamentos teóricos, los constructos analizados y los métodos de estimación empleados. De esta manera, se establecen las bases para un análisis empírico que busca explicar el uso del transporte público a partir de la percepción de los usuarios en contextos urbanos complejos.

3. Marco Contextual

3.1. Evolución Histórica del Transporte Público en Ciudad Juárez

Ciudad Juárez, Chihuahua, fundada el 8 de diciembre de 1659 como La Misión de Nuestra Señora de Guadalupe de los Mansos de Paso del Norte (Irigoyen, 2017), ha experimentado un crecimiento urbano y demográfico que ha influido directamente en la configuración de su sistema de transporte público. A partir de la década de los cincuenta, los procesos de industrialización y dinámica fronteriza generaron cambios económicos que incidieron en la demanda de movilidad, propiciando la aparición de esquemas de transporte colectivo.

En 1969 se identifican las primeras siete rutas de transporte público operadas con unidades de baja capacidad, en un sistema que llegó a contar con aproximadamente dos mil unidades (Chavira, 2009). Este modelo inicial se desarrolló en un contexto de escasa regulación y alta informalidad, lo que dio lugar a un sistema basado en concesiones individuales, con limitaciones en su organización operativa y en la provisión del servicio.

De acuerdo con Chavira (2009), el sistema de transporte público en Ciudad Juárez presentó desde su origen deficiencias estructurales, entre ellas el uso de unidades provenientes de la economía estadounidense con rezagos tecnológicos significativos. Para 1986, la flota presentaba una antigüedad promedio superior a los 20 años, lo que reflejaba limitaciones en la modernización del sistema. Asimismo, las tarifas representaban una proporción importante del ingreso de los usuarios, ya que en 1969 el salario mínimo permitía adquirir 63.8 viajes, mientras que para 1990 esta capacidad se redujo a 22 viajes.

Adicionalmente, se identificaron problemas de cobertura, ya que para 1988 aproximadamente 156,300 habitantes no contaban con acceso al transporte público pese a requerirlo para sus actividades cotidianas. Estos elementos evidencian que las condiciones estructurales del sistema han tenido una persistencia a lo largo del tiempo.

Investigaciones más recientes son consistentes con la continuidad de estas condiciones. Rodríguez-Gámez et al. (2022) señalan que para 2022 la antigüedad promedio de las unidades se mantiene en alrededor de 16 años, superando los límites establecidos por la normativa estatal. Asimismo, se reporta la existencia de aproximadamente 1,200 concesiones, con una base de usuarios predominantemente joven. Las condiciones laborales de los conductores continúan caracterizándose por extensas jornadas de trabajo y esquemas de ingresos variables asociados al número de pasajeros transportados.

En conjunto, la evolución histórica del transporte público en Ciudad Juárez muestra la persistencia de características estructurales que han condicionado su desarrollo, configurando un sistema con retos acumulados en términos de cobertura, operación y calidad del servicio.

3.2. Condiciones Actuales del Sistema de Transporte Público en Ciudad Juárez

Actualmente, el sistema de transporte público en Ciudad Juárez presenta limitaciones en términos de cobertura, capacidad operativa y condiciones del servicio. De acuerdo con datos recientes, el sistema cuenta con aproximadamente 800 unidades de transporte colectivo, lo cual resulta insuficiente para atender a la demanda de movilidad de la población, considerando que el 34.8% de los habitantes utiliza este medio para sus desplazamientos (Así estamos Juárez, 2022).

Las condiciones de accesibilidad también presentan restricciones, ya que los usuarios pueden requerir desplazamientos a pie de hasta quince cuadras para acceder a una ruta de transporte, lo que refleja limitaciones en la cobertura del sistema (Chaparro, 2023). A esto se suma la falta de integración del transporte público en los procesos de planeación urbana, particularmente en el desarrollo de nuevas zonas habitacionales que no contemplan su conexión con las rutas existentes (Fuentes, 2008).

En términos institucionales, la capacidad de supervisión del sistema resulta limitada, considerando que la Dirección de Transporte cuenta con 16 inspectores para atender una

ciudad con aproximadamente 1.5 millones de habitantes y una extensión de 322 kilómetros cuadrados (INEGI, 2020). Esta situación plantea la necesidad de fortalecer los mecanismos de gestión del sistema mediante el uso de herramientas tecnológicas y modelos de gobernanza más integrados (Medaglia et al., 2023).

Asimismo, las condiciones operativas del servicio muestran desafíos relacionados con la antigüedad de las unidades, los horarios de operación y la calidad percibida por los usuarios. La flota se compone en gran medida de unidades con modelos entre 2001 y 2005, lo que incide en su desempeño en condiciones climáticas extremas. Por otra parte, los horarios de operación de algunas rutas concluyen entre las 18:00 y 20:00 horas, lo que afecta a usuarios con jornadas laborales extendidas.

Estas condiciones tienen asociaciones en la economía de los hogares, ya que, según la Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares, el gasto en transporte ha aumentado en un 20%, lo que ha generado ajustes en otros rubros, incluyendo reducciones de hasta el 40% en el gasto destinado a educación.

3.3. Configuración Urbana, Cobertura y Accesibilidad

La configuración urbana de Ciudad Juárez ha evolucionado hacia un modelo de crecimiento extensivo caracterizado por la expansión de la mancha urbana a un ritmo superior al crecimiento poblacional. De acuerdo con Fuentes (2009), la superficie urbana se multiplicó 16 veces entre 1960 y 2005, mientras que la población pasó de 276,995 a 1,313,338 habitantes, lo que derivó en una disminución de la densidad de 146 a 42 habitantes por hectárea.

Este patrón de crecimiento ha generado un desajuste espacial entre zonas habitacionales y centros de empleo, particularmente debido al desarrollo de vivienda en áreas periféricas del sur y sureste de la ciudad. Como consecuencia, se han incrementado las

distancias de desplazamiento requeridas para acceder a oportunidades laborales, educativas y de servicios.

En este contexto, la cobertura del transporte público se encuentra condicionada por la configuración urbana, lo que incide en la accesibilidad del sistema. La expansión territorial no ha sido acompañada de manera proporcional por la provisión del servicio, lo que genera limitaciones en la conectividad y en los tiempos de traslado.

Estas condiciones no determinan por sí mismas el comportamiento de los usuarios, pero configuran el entorno en el que se desarrollan sus decisiones de movilidad, lo que resulta relevante para el análisis de la accesibilidad desde la perspectiva perceptual considerada en esta investigación.

3.4. Impactos Ambientales y de Seguridad Vial

Las condiciones del sistema de transporte público y la configuración urbana se encuentran asociadas con diversos impactos ambientales y de seguridad vial. De acuerdo con el Instituto Municipal de Investigación y Planeación (IMIP, 2023), los niveles de partículas PM2.5 en Ciudad Juárez alcanzaron 39.82 μg/m³ en 2022, superando en un 331% el límite recomendado por la Organización Mundial de la Salud. De manera similar, las partículas PM10 registraron valores de 122.47 μg/m³, excediendo en un 306% los niveles permisibles.

Estos indicadores se relacionan, entre otros factores, con la proporción de calles no pavimentadas, que representan el 22.57% de la superficie vial, así como con la dinámica de movilidad urbana. El uso intensivo de vehículos y las condiciones del entorno contribuyen a la dispersión de partículas contaminantes.

En términos de movilidad, se observa que el 13.81% de los usuarios destina más de una hora en sus traslados en el 35% de sus viajes, mientras que el uso de sistemas de transporte más estructurados podría reducir estos tiempos (IMIP, 2023). Asimismo, el 11.73% de la población opta por desplazarse a pie hacia sus centros de trabajo.

En materia de seguridad vial, se ha identificado que el 30% de los cruceros con mayor número de accidentes se localiza en intersecciones asociadas a corredores del sistema BRT, lo que sugiere la necesidad de analizar las condiciones de diseño y operación de la infraestructura (IMIP, 2023).

3.5. Relevancia Contextual de Ciudad Juárez Para la Investigación

El contexto descrito posiciona a Ciudad Juárez como un caso de estudio relevante para el análisis del transporte público urbano, debido a la convergencia de factores históricos, urbanos, operativos y ambientales que inciden en el funcionamiento del sistema. Estas condiciones permiten analizar la movilidad no solo desde indicadores estructurales, sino también desde la percepción de los usuarios.

A pesar del desarrollo teórico en materia de gobernanza y movilidad urbana (Aguilar Villanueva, 2014, 2022; Banister, 2008), existe una limitada articulación entre estos enfoques y su operacionalización empírica en contextos específicos, particularmente en ciudades fronterizas. En este sentido, la presente investigación contribuye al campo al integrar estos enfoques en un modelo analítico basado en variables perceptuales y herramientas econométricas.

En este sentido, el contexto de Ciudad Juárez permite identificar un conjunto de condiciones históricas, urbanas, operativas y ambientales que inciden en el funcionamiento del sistema de transporte público.

Estas características configuran un entorno pertinente para el análisis de la movilidad urbana desde un enfoque que considere la calidad del servicio, la accesibilidad al sistema y la aproximación a la sostenibilidad percibida de la movilidad, particularmente en relación con la forma en que estos elementos son percibidos por los usuarios. De esta manera, el caso de estudio ofrece condiciones adecuadas para examinar la interacción entre estas dimensiones y su posible relación con los patrones de uso del transporte público en la ciudad.

4. Metodología

4.1. Enfoque, Diseño y Alcance de la Investigación

La naturaleza del objeto de estudio y su complejidad involucra múltiples factores para comprender completamente el funcionamiento y los desafíos del transporte público de Ciudad Juárez, razón por la cual se realizó una investigación cuantitativa con enfoque analítico con alcance correlacional y multivariado, aprovechando diversos enfoques estadísticos y econométricos para analizar la integración de las diferentes perspectivas útiles para un estudio profundo del perfil de usuarios y no usuarios del transporte público.

Este contexto diversificado por una gran variedad de contradicciones e inconsistencias, similitudes y diferencias, pensamientos, sentimientos y formas de actuar que se asocian en una compleja realidad social que podría ser concebido de mejor forma con un enfoque variado en las herramientas de análisis (Vargas, 2009).

La investigación que se llevó a cabo tuvo como objetivo diagnosticar las necesidades y problemáticas del transporte público de Ciudad Juárez, con una intención de asociación de variables. Este enfoque corresponde a una investigación aplicada, sustentada en bases epistemológicas y antecedentes históricos sólidos, que permiten responder a los retos de comprender la compleja realidad de este fenómeno (Vargas, 2009).

La investigación, inicialmente desarrolló un análisis descriptivo con el fin de analizar a profundidad el fenómeno de estudio. Posteriormente se realizó una caracterización detallada de las variables demográficas de los usuarios, tales como edad, género, nivel educativo, ingresos, tamaño de hogar, estado civil, entre otros, para comprender plenamente su perfil.

Además, se llevó a cabo un análisis de las frecuencias de viajes, los motivos, tiempos de recorrido, trasbordos, y en general, todas las variables que incrementan la fricción del viaje (Chaparro, 2023). Este enfoque permitió obtener una descripción detallada de los perfiles de usuarios y no usuarios, de sus tiempos y trasbordos, así como las particularidades de cada

caso para analizar las probabilidades de uso ante una reingeniería basada en la gobernanza digital.

Se llevó a cabo un análisis detallado de las frecuencias socioeconómicas y el desglose por medio de tablas cruzadas para tener detallada la percepción de los usuarios y no usuarios con especial énfasis en los constructos de calidad, accesibilidad y aproximación a la sostenibilidad percibida e incluirla en el análisis estadístico y econométrico posterior en el cálculo y estimación de probabilidades de uso según el perfil de la persona.

La investigación adoptó un enfoque cuantitativo transversal en el que se emplean técnicas de análisis descriptivo, correlacional y multivariado, con el propósito de identificar las relaciones entre las variables analizadas, tales como las frecuencias de viaje en relación con las distancias, los tiempos y los motivos del desplazamiento.

Se examinaron las variables socioeconómicas en función de los patrones de uso, los modos de transporte y frecuencias de viaje. Este análisis correlacional permitió comprender la influencia de las características socioeconómicas en la percepción de calidad, accesibilidad y aproximación a la sostenibilidad percibida, lo que se asocia con el uso o no uso del sistema de transporte público.

Esta investigación se ubica en el campo de los estudios explicativos con enfoque cuantitativo, pues adicional al análisis correlacional, realiza un análisis riguroso de las interacciones entre múltiples variables que se relacionan con la calidad, accesibilidad y aproximación a la sostenibilidad percibida del transporte, por medio de la aplicación de modelos econométricos en una trilogía metodológica:

Primero, por medio de un modelo binario si se utiliza o no el transporte;

Segundo, a través de un modelo multinomial que explica como influyen las variables en las decisiones de no uso, o uso modal de los usuarios y que permite evaluar la consistencia,

dirección y significancia estadística de las relaciones entre los constructos analizados y el perfil socioeconómico y los patrones modales del uso del transporte;

Tercero, enfoque econométrico corresponde al modelo de regresión múltiple para explicar la interacción de las diversas variables en el uso -como variable continua- del transporte.

Esta investigación no se limita a describir frecuencias, ni correlaciones estadísticas, sino que evalúa las asociaciones de las variables en los diferentes modelos y utiliza este análisis econométrico para crear un marco probabilístico de asociación de la implementación del uso de la gobernanza digital y las diversas herramientas digitales que la acompañan.

Con fines analíticos, se especificaron distintos modelos econométricos en función de la variable dependiente. El modelo 1 analiza el uso del transporte público como variable dicotómica (uso/no uso), el modelo 2 examina la modalidad de uso mediante una variable categórica multinomial, el modelo 3 aborda la frecuencia de uso como una variable continua y los modelos 4 a 6 estiman los constructos de calidad, accesibilidad y sostenibilidad como variables dependientes. Esta diferenciación permite estructurar el análisis de manera consistente y evita ambigüedades en la interpretación de los resultados.

La investigación se desarrolló directamente en el campo por varios motivos fundamentales. Para llevar a cabo una reingeniería del sistema de transporte público, es esencial comprender a detalle las condiciones actuales de la infraestructura, las percepciones de los usuarios y el funcionamiento general del sistema en su estado previo a la intervención.

El estudio de un proceso de reingeniería se asocia con no solo la recopilación de datos sobre las condiciones existentes, sino también el análisis de opciones viables dadas las asociaciones de variables del sistema. Esto conlleva la formulación de nuevas propuestas de política pública fundamentada en la evidencia producto de información cuantitativa y su análisis con los diversos enfoques planteados para generar conocimiento para el análisis del sistema

que mejore significativamente la calidad, accesibilidad y la aproximación a la sostenibilidad percibida del transporte público en Ciudad Juárez.

Además, uno de los objetivos clave de la investigación es proporcionar información que contribuya al diseño de políticas públicas orientadas a resolver problemas de movilidad, reducir la congestión vial, y analizar tanto la calidad del servicio como la percepción de los usuarios. La investigación de campo es crucial para identificar las causas subyacentes de estas problemáticas, ofreciendo una base empírica sólida que permitió diseñar propuestas que aportan evidencia empírica del sistema de transporte y, por ende, la calidad de vida de los ciudadanos (Mohiuddin et al., 2024).

El método que se empleó en esta investigación fue analítico-sintético, ya que, como destaca Ferdman (2021), analizar el transporte público en una investigación orientada a analizar su calidad y relacionar positivamente la calidad de vida de los ciudadanos involucra conceptos subjetivos de bienestar, tales como definir qué significa estar mejor y cómo se beneficia la comunidad.

El uso del método analítico-sintético permite un análisis detallado, adecuado para abordar la complejidad inherente al transporte público como campo de estudio (Button, 2010). Además, las particularidades de Ciudad Juárez proporcionan un contexto pertinente para aplicar este método, ya que facilita descomponer y sintetizar la información, permitiendo una comprensión profunda de los elementos constituyentes de la realidad actual, su funcionamiento y la posibilidad de inferir estrategias para aportar elementos de planificación y examinar la gestión del transporte público en la ciudad.

La investigación es transversal, se recabó la información en el primer semestre de 2025 por medio de aplicación de encuesta y todos los cuestionarios tuvieron lugar en Ciudad Juárez, Chihuahua. La encuesta se aplicó a la población en general para asegurar la representatividad de usuarios y no usuarios del sistema de transporte.

4.2. Población, Muestra y Estrategia de Muestreo

La población objetivo de esta investigación estuvo compuesta por la población total de la ciudad, cercana a 1.5 millones de personas. La investigación se desarrolló en Ciudad Juárez, Chihuahua, el primer semestre de 2025, por la pertinencia del tema para ser considerado en las propuestas para los nuevos planes de desarrollo estatal y municipal de Ciudad Juárez y renovación en 2027. Al iniciar el levantamiento en este periodo, dio oportunidad para que las aportaciones de esta investigación fueran concluidas y pudieran ser consideradas en la propuesta del plan para los próximos seis años.

Ciudad Juárez es una ciudad fronteriza del norte de México con una población total de 1,512,450 habitantes, según el Censo de población y vivienda del INEGI (2020).

La característica fronteriza presenta desafíos adicionales que se consideraron en el desarrollo de esta investigación, pues existe la influencia de la movilidad binacional y un sistema de transporte eficiente se propone integrar esta realidad para adaptarse y responder a las necesidades de la movilidad transfronteriza, facilitando accesos rápidos y eficientes a los puentes internacionales o, en el mejor de los casos, incluso hasta los Estados Unidos.

Además de lo mencionado, también se consideró que la demanda del transporte tiene diversos segmentos por la diversidad de usuarios y sus específicas necesidades de transporte. Están por un lado los trabajadores fronterizos, especialmente los de la industria maquiladora, los residentes que pueden demandar el transporte para otro tipo de actividades y los turistas o visitantes que necesitan información, rutas especificas y demanda particular.

Además, se propone resaltarse que el municipio de Juárez tiene el área llamada “Valle de Juárez”, zona que se caracteriza por tener actividades del sector primario como actividad económica principal y también requiere de acceso a rutas del transporte público para brindar la accesibilidad y equidad en la movilidad de los habitantes del municipio por medio del sistema a todos los usuarios.

La investigación abarcó toda mancha urbana de la ciudad, incluyendo tanto áreas urbanas como suburbanas, y se evaluaron los diferentes patrones del uso del transporte público. El total de los habitantes de la ciudad se consideró el universo poblacional y marco más amplio de la investigación. Es decir, el total de la población de Ciudad Juárez -incluido el Valle de Juárez- y sus diferentes características, fue el marco donde se referenció la investigación para asegurar representatividad y los resultados se apliquen a la ciudad en general.

Ante la imposibilidad técnica de conocer la percepción de todos los habitantes, usuarios y no usuarios del transporte de la ciudad, la estadística ofrece la posibilidad de seleccionar una muestra y obtener conclusiones de la población en general. El tamaño de la muestra se determinó para que los resultados del estudio fueran representativos de la población general, dentro de un margen de error aceptable y con un alto nivel de confianza.

La estadística hace una distinción para realizar los cálculos de una muestra en función del tamaño de la población. Para calcular el tamaño de la muestra, se utilizó la siguiente fórmula para muestras grandes ($n > 30$), adecuada cuando se desconoce la proporción poblacional y se busca un error estándar relativamente pequeño.

Con estas características, la muestra consideró un muestreo estratificado proporcional por distritos locales, con selección aleatoria dentro de cada estrato, es decir, los integrantes de una población tienen la misma probabilidad de ser seleccionados dentro de los estratos seleccionados para ser parte de la muestra seleccionada.

Con este método de selección de la muestra, deben considerarse además dos supuestos importantes. El error estadístico, que representa la diferencia aceptable entre los valores de la muestra y el valor real observado en la población, y suele ocurrir por una deficiencia técnica de aplicación. Para fines de la investigación, se estimó una muestra que

garantizó un error estadístico de 0.05, es decir, la diferencia entre los valores de la muestra y los valores de la población en general, no tienen una variación mayor al 5%.

En la selección de la muestra también es determinante establecer el nivel de confianza o grado de confiabilidad. Este valor hace referencia a la certeza de la investigación que la muestra efectivamente representa a la población en general, al hablar de un nivel de confianza se indica que, si la muestra se realizara muchas veces, en el nivel de confianza que se determine para la investigación, los resultados caerían dentro del mismo rango que se haya estimado. Con ese principio estadístico establecido, se determinó que el nivel de confianza para la investigación fuera del 95% y así se determinó el tamaño de la muestra que aplicada.

En el libro “Metodología de la investigación social cuantitativa”, Pedro López-Roldán y Sandra Fachelli (2015), explican en el capítulo sobre el diseño de la muestra, la fórmula para calcular el tamaño de la muestra con esos niveles de confianza y error, centrándose en asegurar la representación adecuada de la población.

$$n= \frac{Z^2 \, x \, p \, x(1-P)}{e^2}$$

Donde:

- *n* es el tamaño de la muestra.
- *Z* es el valor crítico correspondiente al nivel de confianza deseado (por ejemplo, 1.96 para un 95% de confianza).
- *p* es la proporción esperada de la población que presenta la característica de interés (si se desconoce, se asume el peor caso, p=0.5).
- *e* es el margen de error permitido (por ejemplo, 5% o 0.05).

Sustituyendo los valores:

- *Z=1.96* para un nivel de confianza del 95%.
- *p=0.5* (esto maximiza el tamaño de la muestra, dado que es el valor más conservador).

• e=0.05.

$$n = \frac{1.96^2 \; x \; 0.5 \; x \; (1 - 0.5)}{0.05^2} = \frac{3.8416 \; x \; 0.25}{0.0025} = \frac{0.9604}{0.0025} = 384.16$$

Con este cálculo, el tamaño de la muestra de cuestionarios debe aplicarse son 384 personas. Sin embargo, según la teoría estadistica cuando se trabaja con una población finita (1.5 millones de personas), es recomendable ajustar el tamaño de la muestra utilizando el factor de corrección para poblaciones finitas (López-Roldan y Fachelli. 2015), partiendo de la siguiente información:

$$n_{ajustado} = \frac{n}{1 + \frac{n-1}{N}}$$

• *n* es el tamaño de la muestra calculado previamente (384).

• *N* es el tamaño de la población (1,512,450).

Sustituyendo los valores:

$$n_{ajustado} = \frac{384}{1 + \frac{384 - 1}{1{,}512{,}450}} = \frac{384}{1 + 0.00025533} = \frac{384}{1.00025533} = 383.9$$

Por lo tanto, el tamaño de muestra ajustado sigue siendo 384 cuestionarios. Este cálculo del tamaño de la muestra aseguraría que los resultados obtenidos sobre la calidad, accesibilidad y aproximación a la sostenibilidad percibida del sistema de transporte público en Ciudad Juárez son estadísticamente confiables y representativos de la población.

Para asegurar un mayor nivel de confiabilidad y significancia estadística y econométrica en los distintos modelos aplicados, entendiendo que algunos de ellos excluyen a usuarios, modalidades y no usuarios, se decidió aumentar el tamaño de la muestra a 500 cuestionarios. Así el estudio se desarrolló con un total de 500 registros válidos.

El muestreo fue estratificado proporcional por distritos locales, con selección aleatoria dentro de cada estrato, otorgando la misma probabilidad de selección en cada miembro de la población objetivo. Este método minimiza el sesgo de selección y maximiza la

representatividad, lo cual es esencial para la validez externa y la generalización de los resultados a la totalidad de la población usuaria.

Para asegurar la adecuada representación de los diferentes grupos poblacionales y áreas geográficas dentro de la ciudad, la muestra se distribuyó proporcionalmente entre los nueve distritos locales de Ciudad Juárez. Esta división geográfica, utilizada frecuentemente por instituciones locales y organismos de investigación, facilita la comparación de los resultados con otros estudios existentes y permite un análisis granular de las condiciones específicas de cada distrito.

Siguiendo esta estrategia de distribución muestral, la tabla siguiente describe el peso específico de cada distrito en la población total de la ciudad y ese porcentaje se aplicó proporcionalmente a la muestra:

Distribución de la Muestra

Distrito Local (DL)	**Lista Nominal**	**Peso porcentual del Total de la Ciudad**	**Número de Cuestionarios Asignados**
DL 02	124,222	9.80%	49
DL 03	160,347	12.65%	63
DL 04	164,441	12.98%	65
DL 05	143,752	11.34%	57
DL 06	146,075	11.53%	58
DL 07	141,890	11.19%	56
DL 08	129,066	10.19%	51
DL 09	134,555	10.62%	53
DL 10	122, 786	9.69%	48
Total			**500**

Fuente: Instituto Estatal Electoral.

Esta distribución proporcional asegura representatividad de la muestra y permitiendo el análisis segmentado según el modelo que se aplique.

4.3. Instrumento de Recolección de Datos

Utilizar un cuestionario estructurado y cerrado es una decisión metodológica que permite precisión y consistencia en las respuestas, lo cual resulta relevante para el análisis cuantitativo. Al estructurar las preguntas de forma cerrada, se evita la subjetividad en la interpretación de las respuestas, facilitando su categorización y análisis estadístico. Esto es especialmente útil en investigaciones de servicio público donde los datos objetivos y comparables son necesarios para identificar áreas de mejora y medir la asociación de cualquier intervención futura.

La técnica de investigación utilizada fue la encuesta, la cual permitió recopilar información detallada sobre variables relevantes para el análisis, incluyendo el perfil socioeconómico de los usuarios, los hábitos de uso del transporte público, así como la percepción de la calidad, accesibilidad, sostenibilidad percibida y adopción de herramientas tecnológicas. Estas variables constituyen la base del análisis cuantitativo, orientado a explorar relaciones estadísticas entre los factores que influyen en el uso del transporte público.

El uso de la encuesta se justifica por su pertinencia para analizar el comportamiento de los usuarios en sistemas de transporte público, así como para identificar patrones de uso, frecuencia de viaje y preferencias modales en función de características socioeconómicas (Wilches, 2024). Asimismo, este instrumento permitió capturar información sobre percepciones individuales relacionadas con los constructos analizados, lo que resulta consistente con el enfoque del estudio basado en variables perceptuales.

A través de este instrumento, fue posible diferenciar patrones de comportamiento según variables como edad, género, actividad laboral y nivel educativo, así como identificar elementos asociados a la experiencia del usuario en el sistema de transporte público. Esta información constituye un insumo relevante para el análisis estadístico posterior, particularmente en la

estimación de modelos orientados a examinar la relación entre las variables consideradas en el estudio.

Características socioeconómicas

Las variables socioeconómicas (edad, género, nivel educativo, ocupación, etcétera) son esenciales porque las preferencias y necesidades en el uso del transporte público pueden variar considerablemente entre diferentes grupos demográficos. Por ejemplo, los estudiantes o trabajadores tienden a usar el transporte en horarios específicos y tienen distintas exigencias de rapidez y costo.

Incluir estas características permitió no solo segmentar a los usuarios, sino descubrir patrones que influyen en el diseño del sistema de transporte. Además, ayudó para identificar qué grupos requieren más atención, considerando factores de inclusión social en el uso de servicios de transporte.

Hábitos de consumo y características del servicio

Al indagar en los hábitos de consumo, como frecuencia de uso, número de camiones, tiempos de espera y traslado, motivaciones y costos de traslado, el instrumento proporcionó información valiosa sobre cómo los usuarios interactúan con el sistema de transporte en su día a día. Esto ayuda a identificar la demanda real del servicio en diferentes horarios y rutas. Con esta información, fue posible identificar y priorizar mejoras que alinean la oferta del sistema con las expectativas y necesidades de sus usuarios actuales y potenciales.

Percepción de herramientas tecnológicas

Este segmento aportó una visión clara sobre la disposición de los usuarios a aceptar innovaciones tecnológicas, lo cual es crucial para la modernización de los sistemas de transporte público. Con la incorporación de tecnología (aplicaciones móviles, pago electrónico, etc.), es posible analizar la eficiencia y comodidad del servicio. Las preguntas en escala Likert permitieron capturar el grado de aceptación y familiaridad de los usuarios con estas

tecnologías, identificando posibles barreras de uso, como la falta de acceso a dispositivos móviles o la preferencia por pagos en efectivo. Esta información resultó clave para generar evidencia para el análisis del sistema centrada en una reingeniería inclusiva, que considere tanto a quienes están dispuestos a adoptar la tecnología como a quienes prefieren sistemas tradicionales.

Valoración de variables clave (Constructos de Calidad, Accesibilidad y Aproximación a la sostenibilidad percibida)

Este segmento final utilizó una escala de Likert para medir la satisfacción y prioridades de los usuarios respecto a los aspectos de calidad, accesibilidad y aproximación a la sostenibilidad percibida. Fundamental porque permite un análisis más profundo de cada variable, dividida en dimensiones específicas.

Por ejemplo, evaluar la calidad en términos de confort y limpieza ofrece una perspectiva sobre las condiciones físicas del transporte, mientras que la accesibilidad puede ser desglosada en frecuencia de rutas y cercanía. En cuanto a aproximación a la sostenibilidad percibida, se puede entender cómo perciben los usuarios los esfuerzos del sistema por reducir su relación ambiental -horas de traslados-.

Estos datos no solo dan una base para ponderar cada variable en la reingeniería del sistema, sino que también proporcionan una métrica clara para futuras evaluaciones de asociación y como evidencia útil a ser considerada en posibles políticas orientadas a mejoras sostenibles y centradas en el usuario.

4.4. Variables y Operacionalización

La investigación se centró en la calidad, accesibilidad y aproximación a la sostenibilidad percibida del sistema, razón por la cual las variables útiles para el análisis metodológico propuesto se relacionan con el perfil socioeconómico del usuario: el género, edad, escolaridad,

estado civil, lugar de nacimiento, años de residencia en la ciudad, tipo de empleo, ingreso mensual y gasto promedio mensual en el transporte -en tiempo y dinero-.

Además de las variables socioeconómicas, se consideraron los elementos que pueden entenderse como calidad -comodidad, puntualidad, etcétera-, variable que estuvo ponderada por la frecuencia de uso del transporte público, distancia para llegar al punto para abordar el transporte público, tiempo de espera, tiempo de recorrido, número de camiones y la calificación general que le otorga a la calidad del transporte público medida por todas estas dimensiones.

Referente a la calidad del transporte, se incluyó la apreciación medida con escala de Likert a la comodidad, puntualidad, modalidad, accesibilidad, entre otras características para conocer la valoración de la calidad del sistema por dimensión y en general, o si encuentra diferencias sustanciales en la calidad de las rutas donde opera el sistema BRT comparadas con las rutas atendidas por unidades tradicionales.

Dentro de la variable de calidad se consideró importante incluir lo relacionado a la seguridad del servicio (Ampudia Rueda y Limas Hernández, 2022), razón por la cual se analizó puntualmente la calificación que otorgan los usuarios a la seguridad que ellos consideran les brinda en sistema de transporte, si han sido víctimas de algún delito mientras hacen uso del transporte, si han testificado algún evento violento, o si han sido víctimas de delitos mientras realizan sus trayectos a abordar la unidad, y se hizo un desglose de esa percepción de seguridad por género, para abonar en la justificación de políticas públicas orientadas a la equidad.

Todas estas variables fueron consideradas para construir los índices de accesibilidad, calidad y aproximación a la sostenibilidad percibida y se utilizaron como variables explicativas en los modelos econométricos para estimar las probabilidades y efectos en las percepciones de usuarios y no usuarios.

La accesibilidad se evaluó a través de elementos como la disponibilidad de información para promover el sistema de transporte, si el usuario tiene acceso y como percibe esa información, si el usuario tiene acceso a infraestructura en buenas condiciones (paraderos, señalización, información de rutas, horarios, etcétera), si las rutas trazadas actualmente pasan cerca de hospitales, parques de diversión o centros de esparcimiento, escuelas, lugares de trabajo, información sobre tiempos de las unidades de transporte, si considera que los espacios son adecuados para sus necesidades (incluidos los usuarios con discapacidad), la infraestructura en paraderos y unidades es innovadora, si existe la facilidad de utilizar el BRT conjuntamente con otras rutas alimentadoras y finalmente si hace uso del internet mientras está en su trayecto.

Con esa percepción de accesibilidad se construyó un índice y se complementó con el índice de aproximación a la sostenibilidad percibida, y pudo evaluarse con mucha precisión como impactan estos índices en la calidad y aproximación a la sostenibilidad percibida del sistema, además de contribuir en la creación de modelos de probabilidad por el uso de gobernanza digital en el sistema de transporte público en Ciudad Juárez.

El constructo de aproximación a la sostenibilidad percibida, ante la ausencia de datos operativos de los responsables del transporte, fue aproximado por el tiempo de recorrido, el número de camiones y las horas y gasto destinado a los traslados y se construyó para identificar la asociación social y económica.

El enfoque social consideró los tiempos de traslado de los usuarios para acceder a un paradero o estación del BRT, la distribución de las rutas actuales para identificar si cubren las diversas áreas para diferentes grupos socioeconómicos y sugieren equidad.

En el plano económico, se ponderó la valoración que hacen los usuarios de la relación precio/calidad del transporte y se desglosó por los distintos niveles de ingreso, además de estimar la asociación del gasto que hacen en transporte en sus ingresos mensuales.

Alineación Metodológica de la Investigación

Modelo	Objetivo Analítico	Variable Dependiente	Tipo de Variable	Variables Independientes	Técnica
Modelo 1 (MLB)	Analizar la probabilidad de uso del transporte público	Uso del transporte (usuario / no usuario)	Dicotómica	Socioeconómicas, accesibilidad (IA), Índice de sostenibilidad (IS), Índice de aceptación tecnológica (IAT)	Regresión logística binaria
Modelo 2 (MLM)	Analizar la elección modal del transporte	Modalidad (no usuario, tradicional, BRT, combinado)	Categórica multinomial	Socioeconómicas, IA, IS, IAT	Regresión logística multinomial
Modelo 3 (MCO - Frecuencia)	Analizar la frecuencia de uso del transporte	Frecuencia de uso (escala 1–7)	Continua (aproximada)	Índice de calidad, IA, IS, IAT, variables socioeconómicas	Regresión lineal múltiple
Modelo 4 (MCO - Calidad)	Analizar factores asociados a la calidad percibida	Índice de calidad (IC)	Continua	Variables socioeconómicas, Carga de viaje	Regresión lineal múltiple
Modelo 5 (MCO - Accesibilidad)	Analizar factores asociados a la accesibilidad percibida	Índice de accesibilidad (IA)	Continua	Variables socioeconómicas, movilidad crítica	Regresión lineal múltiple
Modelo 6 (MCO - Sostenibilidad)	Analizar factores asociados a la	Índice de sostenibilidad (IS)	Continua	Variables socioeconómicas, movilidad crítica	Regresión lineal múltiple

Modelo	Objetivo Analítico	Variable Dependiente	Tipo de Variable	Variables Independientes	Técnica
	sostenibilidad percibida				

4.5. Validación de Escalas

Para evaluar la fiabilidad y consistencia interna de los constructos de calidad, accesibilidad y aproximación a la sostenibilidad percibida, se realizó un análisis del alfa de Cronbach para cada constructo. Este análisis siguió los criterios por George y Mallery (2003, pp 231) donde se interpretan los coeficientes de alfa de Cronbach de la siguiente manera: >0.9 como excelente; >0.8 como bueno; > 0.7 como aceptable; > 0.6 como cuestionable; > 0.5 como pobre y < 0.5 como inaceptable. Estos niveles de fiabilidad permiten evaluar la homogeneidad y cohesión interna de los ítems dentro de cada dimensión, sugiriendo que cada constructo mide de manera robusta y coherente el concepto en estudio.

Además del análisis de fiabilidad, se verificó la adecuación de la muestra mediante la prueba de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), con el objetivo de evaluar la suficiencia de la muestra. La interpretación de KMO, donde valores >0.9 indican una relación alta entre las variables, respalda la idoneidad de los datos para la estructura factorial.

Para explorar la estructura subyacente de los datos, se llevó a cabo un análisis de factorial exploratorio con extracción por componentes principales y rotación ortogonal Varimax. Esta combinación optimiza la identificación de componentes o factores interrelacionados y facilita la interpretación de aquellos factores que explican la mayor parte de la varianza total, lo que permite estructurar las dimensiones clave de calidad, accesibilidad y aproximación a la sostenibilidad percibida en el contexto del transporte público.

Adicionalmente, se empleó un análisis de regresión lineal múltiple en el que las variables independientes (dimensiones de calidad, accesibilidad y aproximación a la sostenibilidad percibida) se utilizaron para explicar la variable dependiente “Uso del transporte

público” -binaria o continua, según el modelo-. Las estimaciones se calcularon utilizando el software estadístico SPSS, obteniendo coeficientes de correlación de Pearson (R) y coeficientes de determinación (R^2) para evaluar el grado de asociación y la capacidad predictiva del modelo. Asimismo, se estimó la prueba de Durbin-Watson para comprobar la independencia de los errores y así validar la fiabilidad de los resultados obtenidos en cada modelo de regresión.

4.6. Estrategia de Análisis Estadístico y Econométrico

Se implementaron regresiones logísticas (Binaria y Multinomial) y múltiples (general y por constructo) para evaluar las relaciones entre las características socioeconómicas y los índices construidos y su grado de influencia para asociar la variable dependiente. Este enfoque econométrico permitió profundizar en la identificación y evaluación de factores específicos que afectan de manera significativa el comportamiento de los usuarios y ofrece información valiosa para estimar las probabilidades de uso del nicho potencial de no usuarios.

Regresión Logística

Los coeficientes (β_i) indican la relación entre la variable dependiente y las variables independientes y cómo un cambio en la variable independiente “i” afecta las probabilidades logarítmicas de la variable dependiente. Al aplicar los coeficientes ($e^{\beta i}$) se obtiene “la razón probabilística”, que muestra cómo un cambio unitario en X_i cambia las probabilidades de Y=1, es decir, que haga uso del transporte. Este modelo contribuye para comprobar la hipótesis de asociación de una reingeniería con aplicación de gobernanza digital y su relación con los hábitos de consumo en el transporte público de Ciudad Juárez, Chihuahua.

Para el caso de la regresión múltiple, los coeficientes (β_i) indican el cambio esperado en la frecuencia de uso del transporte por cada unidad de cambio en la variable independiente, manteniendo constantes las demás variables.

Aplicar un modelo lineal multivariado es consistente para ayudar a identificar cuáles factores son los más influyentes en la decisión de los usuarios de adoptar el sistema de transporte con las nuevas herramientas digitales y cómo estos factores interactúan entre sí.

Modelo de Regresión

En el segmento de regresión multivariada, se plantea estimar modelos específicamente para cada uno de los constructos centrales de esta investigación para tener mediciones de como se asocian las variables socioeconómicas y cómo puede mejorarse la percepción de calidad, accesibilidad y aproximación a la sostenibilidad percibida y considerar esas estimaciones para generar información útil en el análisis del sistema. El modelo planteado es:

$$Y = \beta_0+\beta_1X_1+\dots +\beta_iX_i$$

Donde Y representa el constructo de calidad, accesibilidad y aproximación a la sostenibilidad percibida, según el caso de estudio y las X_i corresponden a variables socioeconómicas y otros índices como la movilidad crítica, percepción de la tecnología, etcétera. Los coeficientes β_i explicarán la influencia en el constructo modelado respecto a la variable independiente que corresponda el coeficiente.

Para finalizar el análisis de la información se realizó un análisis de varianza como resultado del modelo de regresión lineal aplicado para utilizar el estadístico F y contrastar la hipótesis nula de la investigación y que el valor poblacional R es cero y comprueba la existencia de una relación lineal entre la variable dependiente y las independientes significativas a un valor crítico de Sig.=0.05, evidenciando que el comportamiento observado no se debe al azar y puede asumirse que la calidad, accesibilidad y aproximación a la sostenibilidad percibida están asociadas a la reingeniería del transporte público en Ciudad Juárez.

4.7. Especificación de Modelos Econométricos

Por último, se realizó un análisis econométrico para medir las percepciones de calidad, accesibilidad y aproximación a la sostenibilidad percibida haciendo uso de la gobernanza digital, segmentado por constructo. Esta segmentación, diferenció entre las modalidades posibles: no usuarios, usuarios del sistema tradicional, rutas, usuarios del sistema BRT, usuarios que combinan ambos sistemas; facilitó identificar patrones por característica socioeconómica en la reacción de cada grupo ante la implementación tecnológica y ayudó significativamente a comprender las preferencias modales de uso en el sistema de transporte público, aportando información clave para el crear un conjunto de estrategias de reingeniería orientadas a analizar la experiencia del usuario.

Modelos de Regresión Propuestos

Modelo de Regresión Logística

Modelo Binario:

Variable dependiente dicotómica (Y):

Y=1 si es usuario del transporte.

Y=0 si no es usuario.

Variables independientes (X):

X_1: Edad.

X_2: Escolaridad.

X_3: Giro del lugar de trabajo.

X_4: Índice de Aproximación a la sostenibilidad percibida.

X_5: Índice de Accesibilidad.

X_6: Índice de Aceptación Tecnológica.

Ecuación de la regresión logística:

$$Log_i(Y) = \ln (P(Y=1) / 1-P(Y=1)) = \beta_0+\beta_1X_1+\ldots +\beta_6X_6$$

Donde:

P(Y=1) es la probabilidad de que el usuario utilice el sistema de transporte.

β_0 es la intersección.

β_i son los coeficientes que estiman la asociación de cada variable independiente sobre la probabilidad de que el usuario utilice o no el sistema.

Modelo Multinomial:

Variable dependiente ($Y_{j=1,2,3,4}$):

Y_1= si es usuario del transporte tradicional -rutas-

Y_2= si es usuario de BRT

Y_3= si combina ambos sistemas

Y_0= si no es usuario.

Variables independientes (X):

X_1: Edad.

X_2: Escolaridad.

X_3: Giro del lugar de trabajo.

X_4: Índice de Aproximación a la sostenibilidad percibida.

X_5: Índice de Accesibilidad.

X_6: Índice de Aceptación Tecnológica.

Ecuación de la regresión logística:

$$Log_i (Y_j) = \ln (P(Y_j/X_i) / P(Y_J/X_i)) = \beta_0+\beta_{1j}X_1+\ldots +\beta_{6j}X_6 + \varepsilon$$

Donde:

$P(Y_j/X_i)$ es la probabilidad de que el individuo *i* elija la modelidad *j* del sistema de transporte.

$P(Y_J/X_i)$ probabilidad de que el individuo *i* elija la modalidad *j* de la categoría de referencia.

β_{0j} intercepto de la categoría *j*

β_{kj} coeficientes de la variable X_k en la categoría *j*.

Modelo de Regresión Múltiple

La variable dependiente es continua, es decir, estima la frecuencia esperada de uso del sistema de transporte tras la implementación de herramientas digitales.

Variable dependiente (Y):

Y: Frecuencia de uso (medida en una escala de 1 a 7, donde 1 es “nunca” y 7 es “todos los días” como aproximación continua, práctica aceptada en estudios de comportamiento cuando las escalas presentan suficiente variabilidad).

Variables independientes (X):

X_1: Índice de calidad.

X_2: Disposición a usar una aplicación de transporte.

X_3: Facilidad de uso percibida de la tecnología.

X_4: Importancia de la tecnología en la elección del transporte.

X_5: Percepción actual del servicio.

X_6: Índice de accesibilidad.

X_7: Índice de aproximación a la sostenibilidad percibida.

Ecuación de la regresión múltiple:

$$Y = \beta_o + \beta_1 X_1 + \ldots + \beta_7 X_7 + \varepsilon$$

Donde:

Y es la frecuencia de uso del sistema de transporte.

β_0 es la intersección.

β_i son los coeficientes que estiman la asociación de cada variable independiente sobre la frecuencia proyectada de uso.

ε es el término de error.

4.8. Consideraciones Sobre Validez, Confiabilidad y Limitaciones del Diseño

La validez y confiabilidad del estudio se sustentan en el diseño metodológico adoptado, el cual integra técnicas de análisis cuantitativo y econométrico para examinar la relación entre variables socioeconómicas, percepciones del servicio y patrones de uso del transporte público. La validez de contenido se respalda en la construcción del instrumento de recolección de datos, el cual incorpora dimensiones relevantes identificadas en la literatura y en el marco teórico, particularmente en los constructos de calidad, accesibilidad y aproximación a la sostenibilidad percibida.

En términos de confiabilidad, se aplicaron pruebas de consistencia interna mediante el coeficiente alfa de Cronbach, siguiendo los criterios de George y Mallery (2003), lo que permitió verificar la cohesión de los ítems que integran cada constructo. Asimismo, se evaluó la adecuación de la muestra a través del índice Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y la prueba de esfericidad de Bartlett.

No obstante, el diseño de la investigación presenta limitaciones que deben ser consideradas en la interpretación de los resultados. En primer lugar, al tratarse de un estudio transversal, los datos fueron recolectados en un único momento en el tiempo, lo que limita la posibilidad de establecer relaciones causales definitivas entre las variables analizadas. En este sentido, los resultados deben interpretarse en términos de asociación estadística y no como evidencia de causalidad.

Adicionalmente, el estudio se basa en variables perceptuales, lo que se asocia a los constructos de calidad, accesibilidad y aproximación a la sostenibilidad percibida reflejan la evaluación subjetiva de los usuarios y no una medición técnica integral del sistema de

transporte. Esta aproximación resulta pertinente para analizar el comportamiento de uso, pero puede diferir de indicadores operativos objetivos del sistema.

La aproximación a la sostenibilidad se construye a partir de variables indirectas como tiempos de traslado, costos y condiciones de movilidad, debido a la limitada disponibilidad de información operativa del sistema. Si bien esta estrategia permite incorporar el constructo dentro del análisis, puede interpretarse como una aproximación parcial que debe ser considerada al interpretar los resultados.

En conjunto, estas consideraciones no invalidan los hallazgos del estudio, pero delimitan su alcance, contribuyendo a una interpretación más precisa y consistente con el diseño metodológico adoptado.

5. Análisis de Resultados

5.1. Perfil Socioeconómico

El punto de partida para analizar los hallazgos radica en la adecuada caracterización de la población estudiada. La construcción del perfil sociodemográfico de los encuestados no solo cumple una función descriptiva, sino que se configura como el contexto analítico que permite interpretar los resultados, valorar su pertinencia y evaluar la representatividad de la muestra frente a la población de referencia.

En este sentido, variables como género, edad, nivel educativo, ocupación, ingresos y hábitos de uso del transporte público se configuran como elementos centrales para comprender los patrones de percepción, comportamiento y decisión que serán analizados posteriormente.

Como se fundamentó en el apartado metodológico, la calidad del estudio no depende únicamente de la rigurosidad técnica del instrumento, sino también de su representatividad. La caracterización sociodemográfica permite, por un lado, contextualizar las respuestas y, por otro, evaluar la correspondencia entre la muestra y el fenómeno analizado, evitando interpretaciones parciales o sesgadas.

En el contexto de Ciudad Juárez, caracterizado por su dinamismo económico, heterogeneidad social y procesos migratorios, este análisis adquiere relevancia adicional al ofrecer un marco de referencia para interpretar los resultados en función de condiciones estructurales específicas

Asimismo, los datos obtenidos permiten contrastar la muestra con fuentes oficiales. Por ejemplo, la ENIGH 2022 reporta un ingreso corriente promedio trimestral en Chihuahua superior a 56,000 pesos, mientras que la ENOE 2023 indica que el 34 % de la población ocupada cuenta con educación media superior o superior (INEGI, 2022). Estos referentes permiten evaluar la consistencia de la información recabada.

En conjunto, el perfil sociodemográfico se configura como un insumo analítico fundamental que no solo contextualiza los hallazgos, contribuye a la interpretación de los resultados en relación con el fenómeno estudiado.

5.1.1. *Distribución por Género*

La composición quedó conformada de la siguiente manera: 49.8% de los encuestados fueron hombres y 50.2% mujeres.

Este dato refleja una ligera mayoría femenina, lo cual observa que la distribución de la muestra obtenida guarda consistencia con la estructura poblacional nacional, según datos del Censo de Población y Vivienda 2020 del INEGI, en México la población nacional está compuesta por 51.2% mujeres y 48.8% hombres.

La distribución por sexo de la muestra es congruente con las cifras oficiales del INEGI y ayuda a equilibrar perspectivas masculinas y femeninas, tal como puede apreciarse en tabla 1 del anexo 3.

5.1.2. *Distribución por Edades*

El análisis de la distribución por edades de la muestra permite caracterizar a los usuarios del transporte público en Ciudad Juárez y contextualizar los patrones de movilidad observados. Los resultados muestran una mayor representación de grupos jóvenes, consistente con la estructura demográfica de la entidad, donde la mediana de edad se sitúa alrededor de los 27 años (INEGI, 2020).

De acuerdo con la información presentada en la tabla 2 del anexo 3, el 38% de los encuestados corresponde al grupo de 19 a 25 años y el 20.2% al de 26 a 35 años, lo que concentra cerca del 60% de la muestra en población joven. Asimismo, el grupo de 36 a 45 años representa otro 20.2%, lo que indica la alta participación de personas en edad laboral activa en el uso del transporte público.

En contraste, los grupos de mayor edad presentan menor participación: el segmento de 46 a 55 años representa el 9.6% y el de 55 años o más el 5%, distribución consistente con la estructura demográfica descrita en estadísticas oficiales.

Estos resultados muestran que el uso del transporte público se concentra principalmente en población joven y en edad productiva, lo que se configura como un elemento relevante para la interpretación de los análisis posteriores. Asimismo, la menor presencia relativa de adultos mayores sugiere posibles diferencias en el acceso y uso del sistema, las cuales deberán considerarse con cautela en la lectura de los resultados.

5.1.3. *Distribución por Estado Civil*

El análisis del estado civil de los participantes permite caracterizar la composición de la muestra en términos de estructura familiar. De acuerdo con los resultados, el 47.4% de los encuestados reportó estar casado, divorciado, viudo o en unión libre, mientras que el 52.6% señaló estar soltero, constituyendo este último el grupo más numeroso.

Como se observa en la tabla 3 del anexo 3, estos resultados muestran una distribución relativamente equilibrada entre personas con vínculos de pareja y personas sin ellos. Esta composición refleja la diversidad de situaciones personales presentes en la muestra y permite contextualizar los análisis posteriores relacionados con el uso del transporte público.

El estado civil se configura como una variable que puede asociarse con diferencias en patrones de movilidad y uso del transporte, por lo que su inclusión contribuye a la caracterización de los grupos de estudio sin asociarse con relaciones causales directas.

5.1.4. *Escolaridad*

La escolaridad se configura como una variable sociodemográfica relevante para caracterizar el nivel educativo de la muestra. De acuerdo con los resultados presentados en la tabla 4 del anexo 3, el 3% de los encuestados reporta educación primaria y el 13.7% secundaria, lo que en conjunto representa el 16.7% de la muestra en niveles básicos.

En el nivel medio superior, el 47.9% de los participantes cuenta con estudios de bachillerato o preparatoria, siendo este el grupo más representado. Por su parte, el 33.8% reporta haber concluido estudios de licenciatura y el 1.6% cuenta con estudios de posgrado.

En términos agregados, la distribución educativa se concentra en tres niveles: 16.7% con educación básica (hasta secundaria), 47.9% con educación media superior y 35.4% con educación superior (licenciatura y posgrado). Esta distribución permite identificar la composición educativa de la muestra y sirve como base para el análisis posterior de posibles asociaciones entre nivel educativo y variables relacionadas con el uso y percepción del transporte público.

5.1.5. *Lugar de Nacimiento*

La variable lugar de nacimiento permite caracterizar el origen geográfico de los participantes. De acuerdo con la tabla 5 del anexo 3, el 76.8% de los encuestados reporta haber nacido en Ciudad Juárez, lo que indica una alta presencia de población local en la muestra.

Entre quienes señalaron haber nacido fuera de la ciudad, el 50% proviene de otras localidades del estado de Chihuahua, como Parral, Delicias, Cuauhtémoc o la capital estatal. Asimismo, el 32% corresponde a personas originarias de otras entidades del país y el 8% a personas nacidas en Estados Unidos.

Esta muestra está compuesta mayoritariamente por población local, con la presencia adicional de participantes provenientes de otras regiones del estado, del país y del extranjero. Esta composición permite contextualizar el análisis posterior, particularmente en relación con posibles diferencias en patrones de uso y percepción del transporte público, sin generar relaciones causales directas.

5.1.6. *Giro del Lugar de Trabajo*

La segunda variable se relaciona con el giro del lugar de trabajo y se desglosan en la tabla 6 del anexo 3. Ahí muestra en qué sector económico se desempeñan los encuestados. Los datos de frecuencia muestran: comercio 30.3%, maquiladora 22.4%, gobierno 7.9%, autoempleo 12.3% y otro 27.2%. Es importante destacar que el sector maquilador tiene alta presencia en la actividad económica de la ciudad, pero baja representación en la muestra por el servicio de transporte de personal, prestación de la industria maquiladora local.

El sector comercio agrupa tanto a trabajadores de tiendas, restaurantes y transporte, como a quienes se desempeñan en servicios profesionales.

El autoempleo y “otro” agrupan 39.5%, distribuido en actividades independientes, oficios, pequeños y negocios familiares.

5.1.7. *Horas Trabajadas a la Semana*

La tercera variable que conviene integrar en este perfil es el número de horas trabajadas a la semana y se detalla en la tabla 7, anexo 3. Según las frecuencias, la mayor parte de la población encuestada (38.4%) trabaja entre 40 y 48 horas semanales, lo cual corresponde a la jornada legal y es consistente con los contratos típicos de la industria maquiladora y de otros sectores formales.

Un 11.4% declaró trabajar más de 48 horas a la semana, es decir, cumplen con jornadas extendidas, ya sea porque hacen horas extras, porque tienen más de un empleo o porque la naturaleza de su trabajo independiente lo exige.

Por otro lado, un 40.6% trabaja menos de 40 horas a la semana, lo que corresponde en buena medida a empleos de medio tiempo, estudiantes que combinan actividades, mujeres que participan en el mercado laboral parcial o trabajadores independientes que no siempre logran jornadas completas.

5.1.8. *Nivel de Ingresos*

Los ingresos de los entrevistados se resumen en la tabla 8, anexo 3, cuarta variable agrupada en este segmento, e indicador crucial para dimensionar la composición socioeconómica de la población encuestada.

El 68.6% de los encuestados reportó percibir ingresos menores a 15 mil pesos mensuales, lo que representa un segmento importante de trabajadores en condiciones de vulnerabilidad económica.

El otro 31.4% de la población percibe entre dos y cuatro salarios mínimos, lo que puede considerarse un nivel intermedio. Este sector se configura como la base de la clase trabajadora juarense: si bien no se encuentra en una condición de pobreza estricta, tampoco logra alcanzar niveles altos de bienestar.

5.2. Integración de las Variables Socioeconómicas

La integración de las variables socioeconómicas lugar de nacimiento, giro laboral, horas de trabajo e ingresos, permite caracterizar de manera conjunta la composición de la muestra. Los resultados muestran una predominancia de personas nacidas en Ciudad Juárez, con participación en sectores como la industria, el comercio y los servicios, así como jornadas laborales que, en su mayoría, se ajustan a los parámetros establecidos, con presencia adicional de jornadas extendidas.

En términos de ingresos, se observa una concentración en niveles bajos e intermedios. En conjunto, esta configuración describe el perfil socioeconómico de los participantes y proporciona un marco de referencia para el análisis posterior de posibles asociaciones entre estas variables y el uso y percepción del transporte público, sin generar relaciones causales directas.

5.2.1. *Hábitos de uso del Transporte Público*

El análisis parte desde dos anclas muestrales que ayudan a contextualizar los hábitos: la muestra está balanceada por sexo (49.8 % hombres y 50.2 % mujeres) y concentrada en jóvenes y adultos jóvenes (38.0 % de 19 a 25 años; 20.2 % en 26–35; 20.2 % en 36 a 45; 9.6 % en 46 a 55; 5.0 % en más de 55). Estos rasgos importan porque las razones de viaje (trabajo/estudio) y las ventanas horarias asociadas suelen moldear tanto la frecuencia de uso como la tolerancia a tiempos de espera y recorrido.

La frecuencia de uso del transporte resumido en la tabla 9, anexo 3 muestra, 63.8 % reporta usar el transporte público con alguna frecuencia y 36.2 % declara no utilizarlo. Entre quienes sí usan el sistema, los perfiles de intensidad son heterogéneos: 15.6 % lo emplea diariamente, 17.4 % algunas veces por semana, 6.0 % algunas veces al mes y 24.6 % de forma ocasional. Esta mezcla sugiere una base relevante de “usuarios latentes” (ocasionales y mensuales) que permite suponer podrían migrar a patrones de mayor uso bajo condiciones de servicio y acceso más favorables.

Considerando únicamente a quienes declararon utilizar el transporte (submuestra válida n=264), la tabla 10 del anexo 3, detalla que el uso está dominado por propósitos “obligados”: ir al trabajo (36.4 %) e ir a la escuela (35.2 %) concentran más de siete de cada diez desplazamientos. A cierta distancia aparecen “ir de paseo” (7.6 %), compras (6.8 %), visitar familiares (6.1 %) y “otro” (8.0 %).

Sobre la submuestra de uso del sistema BRT válida que respondió el reactivo correspondiente (n=266; 53.2 % del total) la tabla 11 del anexo 3, muestra: 38.7 % indica que no utiliza el BRT, 18.8 % lo usa ocasionalmente, 12.4 % algunas veces al mes, 19.2 % algunas veces por semana y 10.5 % diariamente. Dos notas técnicas: (a) el alto porcentaje de casos perdidos en este ítem (46.8 %) es consistente con el 36.2 % de no usuarios del transporte público; quienes no usan el sistema o no tienen acceso operativo al BRT dejaron el reactivo en

blanco (“missing value”). (b) Entre usuarios efectivos del BRT, el peso conjunto de los segmentos semanal y diario (29.7 %) revela un núcleo estable con hábito de uso intenso.

Las frecuencias descritas en la tabla 12, anexo 3, muestran que la mayoría de los encuestados espera entre 10 y 20 minutos para que llegue el camión (33.3%). Sin embargo, una franja considerable reporta tiempos superiores a los 30 minutos (21.2%), lo que denota problemas en la frecuencia del servicio y en la sincronización de rutas. Este fenómeno es más común en horarios de baja demanda, como a media mañana o después de las 9 de la noche, cuando la cobertura disminuye.

El tiempo promedio de espera estimado es de 18 minutos (usando un solo camión), lo que significa que en un recorrido de ida y vuelta una persona puede destinar hasta 36 minutos diarios únicamente esperando el camión. Si se multiplican esos minutos por 5 días laborales, se alcanzan cerca de 3 horas semanales invertidas en espera. A nivel mensual, esta cifra asciende a más de 12 horas, lo cual es un dato que se propone ser analizado con mayor detalle para evaluar la eficiencia estructural del sistema.

Para complementar lo anterior, se analiza la percepción sobre esos tiempos de espera y cuando se pregunta por la aceptabilidad del tiempo de espera, 30.7% lo califica como “inaceptable” y 12.9% como “excesivo”; 52.3% lo considera “aceptable” y 4.2% “muy aceptable”. Esta brecha entre la experiencia objetiva (muchas esperas mayores a 10 min) y la valoración subjetiva (43.6% lo considera inaceptable/excesivo) refuerza que la frecuencia es una característica importante de analizar del sistema. Estos resultados se muestran agrupados en la tabla 13 del anexo 3.

La tabla 14 del anexo 3, aporta información sobre como perciben el tiempo de espera dependiendo del sexo del usuario. La “aceptabilidad” del tiempo de espera es un barómetro de experiencia cotidiana. Por sexo, hombres y mujeres convergen en una mediana valoración “aceptable” (52 % en ambos casos), pero las mujeres muestran sesgo más fuerte hacia la

insatisfacción: 31.7 % lo califica “inaceptable” y 14.4 % “excesivo”, vs. 29.6 % y 11.2 % en hombres, respectivamente.

Esto sugiere brechas de seguridad-percepción o de exposición al riesgo (p. ej., esperas nocturnas, paradas indefinidas y menos iluminadas), y abre una arista de análisis adicional en entornos de parada, información predictiva y presencia operativa.

En la tabla 15 del anexo 3, se desglosa percepción del tiempo de espera por edad y se observa una robusta mayoría “aceptable” en todos los grupos, con máximos en el grupo de más de 55 (64.3%) y 26 a 35 (52.9%). El componente de malestar (inaceptable o excesivo) general es 30.7% y 12.9% respectivamente, pero es ligeramente más alta la percepción “excesivo” en 46 a 55 (16.7%), 36 a 45 (14.6%) y 19 a 25 (13.6%), compatible con agendas laborales/estudiantiles con alta penalización por llegadas tardías.

Tiempo de recorrido

La información descrita en la tabla 16 del anexo 3, muestra que la mayoría de los usuarios dedica entre 30 y 60 minutos (promedio 45 minutos) por trayecto (49.2%), aunque existe un segmento relevante (20.3%) que tarda entre 1 y más de 2 horas debido a distancias más largas, múltiples transbordos o congestión vehicular. Casos extremos reportan recorridos de hasta 2 horas en un solo sentido (2.6%), lo que se asocia con 4 horas diarias en transporte, prácticamente una jornada laboral adicional a la semana invertida en trasladarse.

El tiempo promedio de recorrido se ubica en 48 minutos por trayecto, lo que significa que el tiempo total de movilidad diaria es cercano a 1 hora con 36 minutos, sin incluir las esperas.

La Percepción del tiempo de recorrido por sexo y edad se muestra en la tabla 17 del anexo 3. La mayoría percibe el tiempo de viaje como “aceptable” (hombres 59.2%; mujeres 61.7%). Las colas de insatisfacción son más cortas que en la espera: “inaceptable” en hombres 27.2% y mujeres 22.0%; “excesivo” hombres 6.4% y mujeres 8.5%.

Al analizar la percepción del tiempo de recorrido por edad, tal como se describe en la tabla 18 del anexo 3, la aceptación se incrementa con la edad: más de 55 alcanza 78.6 % “aceptable” y 36 a 45 llega a 65.3 %. En contraste, 19 a 25 y 26 a 35 se mantienen en rangos de 58.2 - 62.7 %. Es un patrón clásico: conforme aumenta la edad, suelen ajustarse expectativas y rutas, y también crece la proporción de trayectos no cruciales. En la cola excesivo domina 36 a 45 (10.2%) y menos de 18 (9.7%).

En las frecuencias globales descritas en la tabla 19 del anexo 3, los dos estratos más numerosos son “Entre 50 y 100 pesos” (33.6%) y “Menos de 50 pesos” (28.3%); la categoría “Entre 100 y 150 pesos”, 19.2%. El resto de las categorías - “Entre 150 y 200”, “Más de 200” y “No tengo idea”-, concentran en conjunto 18.5% de las respuestas válidas.

Este perfil sugiere que casi dos tercios (61.9%) gastan menos de 100 pesos/semana, lo que habla de viajes de corta distancia, de tarifas relativamente bajas/acumuladas por pocos desplazamientos, o de una parte de la muestra que no es usuaria cotidiana.

La tabla 20 del anexo 3, describe puntualmente que usuarios frecuentes (diario y algunas veces por semana) 72.8% gasta entre 50 y 100 pesos al día, 37.9% menos de 50, el 44% gasta entre 100 y 150 pesos y 26.3% entre 150 y 200.

Al analizar por sexo, en la tabla 21 del anexo 3, se aprecia que en todos los rangos de gasto, las mujeres son quienes tienen mayor gasto. El gasto en pesos se distribuye así: 26.4% hombres (H) y 30% mujeres (M) en “menos de 50”, 32.8% (H), 34.3% (M) en “50 a 100”, 21.6% (H), 17.1% (M) en “100 a 150”, 8.0% (H), 10% (M) en “150 a 200”, 0.8% (H), 2.1% (M) en “más de 200” y 10.4% (H), 5.7% (M) “No tengo idea”.

Este segregamiento indica el peso del rango de 50 a 100 33.6% (del total) y un segmento considerable (18.5%) tiene gasto superior a $150 pesos diarios.

Los datos descritos en la tabla 22 del anexo 3, revelan que un porcentaje importante de usuarios necesita abordar más de un camión para llegar a su destino (58.3%). La mayoría se concentra en la categoría de dos camiones por recorrido, lo que refleja la falta de rutas directas o integradas que comuniquen eficientemente las zonas habitacionales con los centros laborales, educativos o comerciales.

Un segmento menor logra completar su viaje en un solo camión (41.7%), principalmente quienes viven cerca de las avenidas troncales o en rutas consolidadas. Sin embargo, también hay un grupo no despreciable que debe tomar tres o más camiones para completar su trayecto (12.1%), lo cual multiplica no solo el gasto, sino también el tiempo invertido.

El promedio general de camiones por recorrido es de 2 unidades, lo que se asocia en al menos 4 abordajes diarios (ida y vuelta). Este dato refleja un sistema fragmentado y obliga a los usuarios a depender de múltiples operadores, con transbordos que incrementan la vulnerabilidad a retrasos y la exposición a condiciones climáticas adversas mientras esperan en paradas poco adecuadas o inexistentes.

La respuesta tiene cinco categorías desmembradas en la tabla 23 del anexo 3: “Menos de una” (28.4%), “Entre 1 y 1.5” (40.5%), “Entre 2 y 3” (22.3%), “Entre 3 y 4” (4.9%) y “Más de 4 horas” (3.8%). Al integrar este indicador con los tiempos de espera y recorrido reportados párrafos arriba, la carga temporal agrupada superior a una hora de movilidad diaria supera los 7 de cada diez usuarios (71.6%), y uno de cada tres tarda más de dos horas (31.1%), aunado particularmente cuando los viajes de 1 a 2 horas de recorrido se combinan con la moda en esperas de 10 a 20 minutos.

Combina con el BRT

La tabla 24 del anexo 3, describe datos importantes para el sistema de transporte de Ciudad Juárez. Una fracción minoritaria declara combinar su ruta habitual con el BRT: 13.7% dicen “Sí”, mientras que 60.3% responden “No combino ninguna ruta con el BRT”; a su vez,

6.1% indica que “las rutas que utilizo no pueden combinarse con el BRT” y 19.8% “desconoce” qué rutas podrían combinarse.

La moda de esta variable es “No”, lo que observa que predomina el no-uso de combinaciones con BRT en la muestra. Estas proporciones sugieren que la articulación BRT–rutas alimentadoras aún es limitada, ya sea por diseño de red (imposibilidad de combinar), por desconocimiento o por la propia lógica de viaje de quienes contestaron.

A partir de las frecuencias generales, el primer hallazgo es que entre quienes respondieron válidamente sobre la pregunta “¿Cuánto tiempo reduce sus traslados al utilizar el BRT?” el 27.9% reporta una reducción de entre 15 y 30 minutos, y otro 11.7% afirma que reduce más de 30 minutos. Un 21.1% declara que no reduce tiempo y 5.7% incluso señala que “hago más tiempo”, 32.8% indica que no utiliza el BRT.

Estas proporciones descritas en la tabla 25, anexo 3, muestran un patrón dual: existe una masa relevante que sí observa ganancias de tiempo con el BRT, mientras que otra proporción similar ni lo usa o no percibe beneficios temporales.

5.2.2. *Análisis de Tiempos BRT por Perfil Socioeconómico*

Sexo. La tabla 26 del anexo 3, muestra que las mujeres son quienes tienen beneficio reducción superior a 15 minutos en sus traslados (42.4%). En el segmento ahorro mayor de treinta minutos en traslado, las mujeres representan 6 de cada diez usuarios reportaron ese ahorro en tiempo. Entre hombres, la distribución es: 9.6% “menos de 30 min”, 27.2% “15 a 30 min”, 22.4% “no ahorro tiempo”, 8.8% “hago más tiempo” y 31.2% “no utilizo el BRT”.

En mujeres, los porcentajes son: 13.6%, 28.6%, 20.0%, 2.9% y 34.3%, respectivamente. Destaca: i) las mujeres reportan con mayor frecuencia reducciones mayores a 30 min (13.6% vs. 9.6%), y ii) los hombres son más propensos a declarar que “hacen más tiempo” (8.8% vs. 2.9%). En ambos sexos, cerca de un tercio no utiliza el BRT (31 y 34%).

Edad. En la tabla 27 del anexo 3, se analiza la reducción, o no, del tiempo de traslado al utilizar el BRT desagregado por grupos etarios. Los jóvenes de 26 a 35 años concentran la mayor proporción que reduce 15 a 30 min (36.0%) y más de 30 min (20.0%), con solo 14.0% reportando que no reduce; asimismo 26.0% no utiliza el BRT.

En el rango 19 a 25, “15 a 30 min” alcanza 26.4% y “más de 30 min” 10.9%, pero 32.7% no usa el BRT. En el grupo 36 a 45, sube “no reduce” (27.1%) y “no uso” se ubica en 33.3%. El grupo de 46 a 55 y 55 y más se acentúan las dificultades: 42.1% y 28.6% respectivamente dicen “no utilizo el BRT”, y en 55 y más, el 35.7% reporta no reducir tiempos.

En resumen: el beneficio temporal del BRT se concentra en edades productivas medias (26 a 35), mientras que adolescentes y mayores muestran mayor no uso o ausencia de ahorro de tiempo.

Escolaridad. Al utilizar el BRT o combinarlo con alguna otra ruta, quienes cursaron Universidad reportan una mezcla equilibrada de beneficios: 18.7% disminuye sus trayectos “más de 30 min” y 28.8% “15 a 30 min”; 18.1% “no reduce”, 3.6% “hace más tiempo” y 31.7% “no usa”. En Preparatoria, la fracción que “no utiliza el BRT” es muy alta: 51.1%; “15 a 30 min” es 21.3%, “mayor de 30 min” 2.1%, y “no reduce” 27.7%.

En Secundaria, el “no uso” también es elevado (41.1%), con 26.8% “15 a 30 min” y 3.6% “más de 30 min”. El gradiente educativo sugiere que niveles medio-superiores capitalizan más los ahorros de 15 a 30 minutos, mientras que niveles medio-básicos muestran menor adopción del BRT o beneficios más modestos en ahorros de tiempo. En detalle de este comportamiento lo describe la tabla 28, anexo 3.

Ingreso. En la tabla 29 del anexo 3, se hace un análisis del ahorro de tiempo en traslados desglosado por nivel de ingreso de usuarios. En ingresos altos (más de 20 mil), destaca un perfil dual: 27.8% reporta ahorro de “más de 30 min” y 33.3% “15 a 30 min”, pero

33.3% también declara “no reduce”; el “no uso” es bajo (5.6%). En el intervalo de 15 a 20 mil, el 42.1% reduce 15 a 30 min y 7.9% “más de 30 min”, con 26.3% “no uso”.

Al analizar de 9 a 15 mil, el 28.6% dice “no reduce” y 24.3% reduce 15 a 30 min; “no uso” en 27.1%. En los ingresos más bajos (menos de 9 mil), el “no uso” sube a 45.6%, mientras que 22.2% reduce 15 a 30 min, 7.8% “más de 30 min” y 18.9% “no reduce”.

En la tabla 30, anexo 3, se analiza el uso del BRT desglosado por las horas trabajadas a la semana, destaca: entre quienes trabajan de 40 a 48 hrs, 37.3% logra de 15 a 30 min de ahorro y 8.8% más de 30; el “no uso” es 30.4%. Quienes trabajan de 20 a 40 hrs, hay 24.5% que ahorran “más de 30 min” y 26.5% de “15 a 30 min”; “no uso” 30.6%.

Trabajan menos de 20 horas, 26.1% reduce entre 15 y 30 min y 30.4% no lo usa. Trabajar más de 48 horas, el 38.1% dice “no reduce” y 33.3% “no usa”; en desempleo, “no uso” llega a 45.7%.

Jornadas medias tienden a capitalizar mejor el BRT (ahorros 15 a 30 min), mientras que jornadas muy extensas o la inactividad presentan menor adopción o rendimientos temporales débiles.

5.2.3. *Acceso a Información de Transporte Público*

La tabla 31 en el anexo 3, donde se describe la percepción sobre la oportunidad de tener acceso a información de horarios, domina la dificultad: 36.5% la califica como difícil y 15.2% como muy difícil; 4.6% incluso la considera imposible. En el extremo opuesto, 22.4% la encuentra fácil y 6.5% muy fácil; 14.4% responde “no lo necesito”.

Estos datos son consistentes con una barrera informativa significativa en el sistema convencional, con implicaciones directas en la planificación de viaje y la propensión a adoptar o no el BRT.

A continuación, se detalla cómo varía la percepción de acceso a la información del transporte según características socioeconómicas.

Sexo. La tabla 32 del anexo 3, hace un desagregado de la percepción sobre la facilidad o dificultad para obtener información del transporte. En hombres, “difícil” y “muy difícil” suman 56.0% (38.4% y 17.6%); 16.8% lo ve fácil, 5.6% muy fácil y 16.8% “no lo necesita”.

En mujeres, el diagnóstico mejora ligeramente en el extremo positivo: 27.5% lo considera fácil y 7.2% muy fácil, aunque 34.8% sigue percibiéndolo difícil y 13.0% muy difícil. La brecha sugiere que los hombres enfrentan una carga informativa algo mayor (más “muy difícil”), pero también una mayor proporción declara “no lo necesito”.

Edad. En el anexo 3, la tabla 33 desglosa la percepción de la facilidad para obtener información del transporte según edad del usuario. En intervalo de 19 a 25, “difícil” alcanza 41.3%, con 24.8% “fácil” y 15.6% “no lo necesita”. El intervalo 26 a 35 aparece un 10% “imposible” y 20.0% “muy difícil”, aunque 36.0% lo califica “difícil” y 22.0% “fácil”. De 36 a 45, “muy fácil” sube a 10.4%, pero 29.2% sigue viéndolo “difícil”.

Quienes tienen más de 55, “difícil” llega a 42.9% (el valor más alto), con 21.4% “fácil” y 0% “muy fácil”. La lectura es clara: grupo de jóvenes y edad media reportan dificultades importantes, y a mayor edad enfrentan barreras aún más severas.

Escolaridad. En Secundaria, 39.3% declara “difícil” y 12.5% “muy difícil”, con 21.4% “fácil” y 16.1% “no lo necesito”. En Preparatoria, el patrón es todavía más restrictivo: 40.9% “difícil” y 24.5% “muy difícil” (dos tercios con problemas); 24.5% “fácil”, 5.1% “muy fácil”. En Universidad, el panorama mejora: 26.5% “fácil” y 8.4% “muy fácil” (34.9% positivo), aunque 34.9% lo ve “difícil” y 14.5% “muy difícil”. Los datos son consistentes con mayor alfabetización digital.

Ingreso. En menos de 9 mil, 32.2% “difícil”, 13.3% “muy difícil” y 28.9% “fácil”; 13.3% “no lo necesita”. De 9 a 15 mil, el reto es mayor: 37.1% “difícil” y 24.3% “muy difícil”; solo 18.6% “fácil”. De 15 a 20 mil, aparece 10.5% “imposible” y 39.5% “difícil”, aunque 23.7% responde “fácil”. En más de 20 mil, 50.0% “difícil”, 16.7% “muy fácil” y 16.7% “fácil”. En suma, todos los

estratos reportan barreras informativas, con un pico de dificultad en 9–15 mil y más de 20 mil; la facilidad mejora en menos de 9 mil (29%) y 15–20 mil (24%), quizá por ser el segmento de mayor uso del transporte y mayor conocimiento de las rutas y horarios de funcionamiento.

Trabajar menos de 20 horas, 39.1% lo considera fácil (el valor más alto); 26.1% “difícil” y 17.4% “no lo necesita”. Trabajar de 20 a 40 horas y de 40 a 48 horas, predomina “difícil” (36.7% y 38.2%), con 22 y 23% “fácil”. En más de 48 horas, sube “no lo necesito” (23.8%) y cae “fácil” (19.0%), un indicio de falta de tiempo para buscar/usar información o de rutas fijas en sus desplazamientos.

5.3. Validación de Escalas y Construcción de Índices

5.3.1. *Alfa de Cronbach*

El análisis de fiabilidad de una escala permite determinar el grado en que un conjunto de ítems mide de forma consistente un mismo constructo. Tal como se describió en el apartado de metodología, se utilizó el coeficiente Alfa de Cronbach, ampliamente empleado en las ciencias sociales, para estimar la consistencia interna de tres dimensiones clave del instrumento de medición: calidad del servicio, accesibilidad y una aproximación adaptada a aproximación a la sostenibilidad percibida.

El Alfa de Cronbach evalúa la correlación promedio entre los ítems que componen una escala. Sus valores oscilan entre 0 y 1, y de acuerdo con la literatura (George y Mallery, 2003; Nunnally y Bernstein, 1994) se interpretan de la siguiente manera:

≥ 0.90: Excelente

0.80 - 0.89: Buena

0.70 - 0.79: Aceptable

0.60 - 0.69: Cuestionable

< 0.60: Baja o no aceptable

La ecuación general del alfa es:

$$\propto = \left[\frac{k}{k-1}\right] * \left[1 - \frac{\left[\sum_{i=1}^{k} s_i^2\right]}{s_T^2}\right]$$

donde k es el número de ítems, s^2_i es la varianza de cada ítem, y s^2_T es la varianza total de la suma de los ítems (la varianza de la puntuación total de la prueba).

Procedimiento de cálculo

Para cada dimensión se siguieron los siguientes pasos en SPSS:

Identificación de ítems:

Calidad: ítems (15 a 22) que evalúan percepción de calidad general del servicio, diferenciando posteriormente entre rutas tradicionales y sistema BRT.

Accesibilidad: ítems (23 a 25) relacionados con cobertura, proximidad de rutas y facilidad de acceso al sistema. Es importante señalar que el constructo de accesibilidad incorpora dos grupos de ítems: aquellos relacionados con accesibilidad espacial y los asociados a las expectativas tecnológicas.

Esta integración responde al diseño del instrumento; sin embargo, el constructo debe interpretarse como una aproximación operativa que combina dimensiones de acceso físico y percepción de herramientas tecnológicas, lo cual puede interpretarse como una limitación conceptual que debe considerarse en la interpretación de los resultados.

Aproximación a la sostenibilidad percibida adaptada: ítems (30, 33, 35, 36, 37, 39, 40, 41) seleccionados del cuestionario que, aunque no miden aproximación a la sostenibilidad percibida ambiental de forma directa, se asocian con atributos que pueden contribuir a la aproximación a la sostenibilidad percibida del sistema (por ejemplo, cercanía a equipamientos estratégicos y percepción de eficiencia del recorrido y movilidad en general).

En este caso de aproximación a la sostenibilidad percibida, es pertinente precisar que se trata de una medición indirecta basada en variables perceptuales, debido a la ausencia de información operativa y ambiental del sistema. Por lo tanto, los resultados deben interpretarse

como una aproximación perceptual del concepto de sostenibilidad y no como una medición integral del mismo.

Tratamiento de datos perdidos: todos los valores identificados con código “99” fueron declarados perdidos (missing values) para no distorsionar la correlación entre ítems.

5.3.2. *Resultados*

Calidad

Los resultados indican que los ítems que evalúan la calidad presentan una alta consistencia interna, tanto en el análisis global como en los análisis segmentados por tipo de servicio entre tradicional y BRT. El Alfa general (todas las rutas) es de 0.886, lo que indica una muy buena fiabilidad buena, cercana a excelente. En el caso de las rutas tradicionales, el cálculo fue de 0.879 y para el Sistema BRT: 0.884.

Accesibilidad

Alfa global: 0.882, fiabilidad buena.

El resultado observa que las preguntas seleccionadas para esta dimensión miden de forma coherente la accesibilidad percibida por los usuarios.

Aproximación a la Sostenibilidad Percibida

Alfa global: 0.755, fiabilidad aceptable en un contexto exploratorio por carecer de información sobre costos de mantenimiento de unidades y estimaciones ambientales directas por uso de camiones.

El ítem con menor correlación corregida fue “las rutas pasan cerca de hospitales y centros de salud” con un valor de 0.709, pero se mantiene dentro de lo aceptable. Este resultado es consistente con el carácter adaptado del índice, construido a partir de preguntas indirectamente relacionadas con aproximación a la sostenibilidad percibida.

Interpretación y Relevancia

Los valores obtenidos para calidad y accesibilidad superan el umbral de 0.80, lo que indica alta consistencia y fortalece la validez de los índices que posteriormente se utilizarán para análisis comparativos y de regresión.

En el caso de aproximación a la sostenibilidad percibida adaptada, el alfa de 0.755, aunque menor, es adecuado para un indicador exploratorio y proporciona una base para investigaciones futuras con ítems más específicos.

En conjunto, estos resultados respaldan que las tres dimensiones del cuestionario ofrecen una medida fiable de los constructos que representan, lo que otorga solidez a los análisis estadísticos de regresión posteriores.

5.3.3. *Medidas de Adecuación Muestral KMO y Prueba de Esfericidad de Bartlett*

Para evaluar la pertinencia de los constructos de calidad, accesibilidad y aproximación a la sostenibilidad percibida adaptada, se utilizaron dos pruebas estadísticas complementarias establecidas en la metodología: la medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y la prueba de esfericidad de Bartlett.

Estas herramientas, integradas en el paquete estadístico SPSS, permiten determinar si la matriz de correlaciones entre los ítems es adecuada para la extracción de factores y, por tanto, para la reducción de dimensiones con una pérdida mínima de información.

El cálculo del KMO se basa en la comparación entre las correlaciones simples y las correlaciones parciales entre las variables. Su valor oscila entre 0 y 1, interpretándose que valores cercanos a 1 indican una alta adecuación muestral y, por ende, mayor idoneidad para la aplicación de técnicas factoriales.

Kaiser (1974) propuso una escala interpretativa en la que valores superiores a 0.90 son considerados “maravillosos”, entre 0.80 y 0.89 “meritorios”, entre 0.70 y 0.79 “mediocres” pero aceptables, y por debajo de 0.60 como “deficientes” para este propósito. En este estudio, el

cálculo se realizó individualmente para cada constructo, seleccionando los ítems que, de acuerdo con el análisis de fiabilidad (Alfa de Cronbach), presentaban valores consistentes y superiores al umbral mínimo aceptado.

La prueba de esfericidad de Bartlett, por su parte, contrasta la hipótesis nula de que la matriz de correlaciones sea una matriz identidad, lo que se asociaría con ausencia de correlaciones significativas entre variables. Un resultado estadísticamente significativo ($p < 0.05$) permite rechazar esta hipótesis, consistentes con correlación suficiente. Esta prueba complementa al KMO, ya que un valor alto de KMO junto con una prueba de Bartlett significativa refuerza la validez.

En la presente investigación, los resultados obtenidos fueron favorables: el KMO para la dimensión de calidad alcanzó un valor de 0.824, interpretado como “meritorio”; la accesibilidad obtuvo un valor de 0.739, considerado “aceptable” dentro de la categoría “mediocre” según la clasificación de Kaiser pero suficiente para proseguir; y la aproximación a la sostenibilidad percibida adaptada alcanzó un valor de 0.786, que se ubica en el rango aceptable y cercano al nivel meritorio.

En todos los casos, la prueba de Bartlett resultó significativa ($p < 0.001$), indicando que las correlaciones entre los ítems son estadísticamente suficientes para justificar la aplicación del análisis factorial exploratorio con extracción de componentes principales y rotación ortogonal Varimax.

Estos resultados indican que la muestra y la estructura de datos son adecuadas para el propósito metodológico planteado. En el contexto de la tesis, esta validación previa no sólo respalda la pertinencia de los análisis posteriores, sino que también sugiere que la interpretación de los factores extraídos se basa en relaciones consistentes entre los ítems, lo que contribuye a la solidez estadística y teórica del modelo de regresión propuesto.

5.3.4. *Justificación de Aplicación*

La utilización combinada del KMO, la prueba de Bartlett y el Alfa de Cronbach responde a la necesidad de asegurar que el análisis de los datos se realice sobre bases sólidas tanto en términos de pertinencia estadística como de fiabilidad. El KMO y Bartlett se orientan sobre correlaciones entre variables son suficientes para aplicar técnicas multivariadas, mientras que el Alfa de Cronbach evalúa si las escalas empleadas para medir los constructos poseen la coherencia interna necesaria para la reproducibilidad de los resultados.

En el contexto de este estudio, que analiza dimensiones clave de la calidad, accesibilidad y aproximación a la sostenibilidad percibida adaptada en el transporte público, estas pruebas son esenciales. Por un lado, permiten validar que los datos obtenidos pueden ser sintetizados en factores interpretables que representen de manera precisa las percepciones y evaluaciones de los usuarios. Por otro, indican que las mediciones realizadas son consistentes, evitando conclusiones basadas en escalas inestables o poco confiables.

Además, desde una perspectiva metodológica más amplia, estas pruebas refuerzan la credibilidad científica de la investigación, pues está orientada en la propuesta de política pública y estrategias de mejora y contar con datos estadísticamente sólidos y mediciones confiables es un requisito ineludible para respaldar la validez de las recomendaciones.

5.3.5. *Asociaciones Para el Análisis Posterior*

Habiendo indicado la adecuación muestral y la consistencia interna de las escalas, el estudio cuenta con el respaldo estadístico necesario para proceder a las fases posteriores de análisis (regresión). Esto incluye la aplicación de análisis factorial exploratorio con extracción de componentes principales y rotación ortogonal Varimax para identificar las dimensiones subyacentes a los constructos, así como análisis comparativos y modelaciones estadísticas que permitan evaluar relaciones entre variables y predecir comportamientos.

En síntesis, la combinación de un KMO de 0.824, una prueba de Bartlett estadísticamente significativa ($p < 0.001$) y valores de Alfa de Cronbach en rangos aceptables o muy buenos, respalda que los datos y las escalas utilizadas cumplen con los estándares metodológicos requeridos en investigación aplicada.

Estos resultados sugieren consistencia suficiente de los resultados que se presentarán en los siguientes apartados, y también sugiere que las conclusiones y recomendaciones derivadas de este estudio se encuentran fundamentadas en mediciones robustas, pertinentes y confiables.

5.3.6. *Análisis Factorial Exploratorio (AFE) con Extracción por Componentes Principales y Rotación Ortogonal Varimax*

Además del uso del Alfa de Cronbach y las medidas de adecuación muestral KMO y la prueba de esfericidad de Barlett, el marco metodológico establece realizar el Análisis Factorial Exploratorio (AFE) con extracción por componentes principales y rotación ortogonal Varimax, como técnica estadística multivariada cuyo objetivo principal es identificar la estructura subyacente de un conjunto de variables observadas, identificando patrones de covariación entre las variables observadas, sintetizados en componentes que capturan la mayor varianza del conjunto de datos.

En esta investigación, la reducción dimensional se implementa mediante componentes principales, adoptando un enfoque exploratorio para identificar la estructura interna de los ítems. En el contexto de esta investigación cuantitativa aplicada a encuestas, esta técnica resulta fundamental para verificar si los ítems diseñados para medir un constructo realmente se agrupan y comportan como se espera teóricamente.

Previo a realizar el AFE, se aplicaron dos pruebas esenciales que validan la pertinencia del análisis:

Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO): Evalúa si las correlaciones parciales entre variables son lo suficientemente bajas como para que los patrones de correlación observados puedan ser explicados por factores subyacentes. Valores cercanos a 1 indican una alta adecuación, mientras que valores menores a 0.5 sugieren que no es apropiado.

Prueba de esfericidad de Bartlett: Contrasta la hipótesis nula de que la matriz de correlaciones es una matriz identidad, lo cual se asociaría con ausencia de correlaciones significativas entre las variables. Un resultado estadísticamente significativo ($p < 0.05$) indica que sí existe suficiente correlación para proceder con el AFE.

Una vez indicada la pertinencia con el KMO y Bartlett, en esta investigación se aplicó una rotación ortogonal Varimax, tal como se expone en la metodología, que maximiza la varianza de las cargas al cuadrado dentro de cada factor, logrando que cada variable cargue fuertemente en un único factor y débilmente en los demás. Esto facilita la interpretación, ya que se relaciona con una estructura más “simple” y definida.

El Varimax, a diferencia de rotaciones oblicuas (como Promax), mantiene la ortogonalidad de los factores, es decir, asume que no están correlacionados entre sí. Esto es útil en fases exploratorias y cuando la teoría o los objetivos del estudio así lo requieren. El análisis se complementa con la revisión de:

Comunalidades: Porcentaje de varianza de cada ítem explicado por el conjunto de factores retenidos. Valores altos (> 0.5) indican buena representación del ítem dentro del modelo factorial.

Varianza total explicada: Suma del porcentaje de varianza que aportan todos los factores retenidos, útil para evaluar la eficiencia del modelo.

Matriz de componentes rotados: Indica la carga de cada ítem en los factores resultantes tras la rotación; es la base para interpretar y etiquetar los factores.

Es importante destacar que esta metodología es complementaria al cálculo de los coeficientes “α” de Cronbach, que evalúan la consistencia interna de los ítems dentro de un constructo, y al KMO, que valida la factibilidad del AFE. Juntas, estas pruebas ofrecen una visión integral: mientras que las alfas de Cronbach indican la confiabilidad, el AFE con Varimax indica la evidencia exploratoria de estructura interna y la estructura dimensional de la escala.

5.3.7. *Interpretación de Resultados por Constructo*

Se realizaron análisis independientes para tres constructos: Calidad, Accesibilidad y Aproximación a la sostenibilidad percibida. A continuación, se describe cada uno integrando los valores relevantes.

Constructo Calidad

El constructo Calidad emergió como uno de los pilares más sólidos al concentrar la mayor proporción de varianza explicada dentro del modelo. Este factor obtuvo un valor propio inicial de 7.68, lo que representa un 42.67% de la varianza total explicada, cifra que por sí sola da cuenta del peso estructural que tiene la percepción de la calidad en la evaluación del sistema de transporte público.

Estas cifras reflejan que la calidad no se reduce a un aspecto meramente estético, sino que integra tanto condiciones físicas como percepciones subjetivas relacionadas con la confianza y tranquilidad al usar el servicio.

La puntualidad en los recorridos se vinculó con una carga de 0.81, reafirmando que la calidad también se evalúa en términos de cumplimiento de expectativas temporales, y no únicamente en condiciones materiales.

En conjunto, este patrón de cargas es consistente con que el constructo calidad se estructura alrededor de dos ejes: las condiciones tangibles (limpieza, estado físico y comodidad), y los atributos de seguridad y confianza (seguridad en el trayecto y puntualidad).

El equilibrio entre estos ejes es lo que determina que el usuario perciba el servicio como de alta o baja calidad.

La magnitud de los valores obtenidos no solo indica la robustez del constructo, sino que también señala áreas críticas de intervención. La limpieza y el mantenimiento de las unidades aparecen como los elementos más sensibles en la construcción de la percepción de calidad, aunque debe mencionarse que la atención del conductor, aunque importante, muestra cierto margen de mejora.

Constructo Accesibilidad

Dado que el conjunto de accesibilidad está constituido dos grupos de ítems, uno por tres reactivos: proximidad de rutas a hospitales/centros de salud, a lugares de trabajo/escuelas/zonas industriales y a espacios de esparcimiento, y el otro grupo por cinco reactivos de expectativas tecnológicas, es razonable asociar el componente de 27.76% con el constructo Accesibilidad.

La solidez estadística del constructo Accesibilidad se refleja con claridad en las comunalidades de sus tres indicadores, todas por encima de 0.69: hospitales/centros de salud alcanza 0.710; trabajo/escuelas/zonas industriales, 0.693; y esparcimiento, 0.713. En términos prácticos, estas comunalidades indican que entre 69% y 71% de la varianza de cada reactivo se explica por la estructura común identificada por el AFE, lo que es un desempeño robusto para variables observadas en escalas tipo Likert. Este patrón es consistente con un factor bien definido por reactivos que comparten una base conceptual evidente y refuerza la interpretabilidad del componente.

En términos de interpretación, el desempeño de los ítems de accesibilidad es doblemente favorable. Primero, por su contribución a la estructura latente: con tres reactivos, el componente asociado aporta aproximadamente 27.8% de la varianza tras la rotación, lo que, dado el número de indicadores, es un peso relativo elevado.

Segundo, por su comportamiento descriptivo, indican que la percepción de cobertura de rutas hacia servicios de salud, polos de empleo/educación e infraestructura de ocio tiende a evaluarse de manera semejante por parte de las personas encuestadas, sin evidencia de ítems “débiles” o disonantes dentro del constructo. Estas dos piezas de alta comunalidad y medias alineadas facilitan tanto el uso del factor Accesibilidad en modelos explicativos posteriores como su traducción en asociaciones operativas.

Vale la pena subrayar, además, que la estructura de dos componentes equilibra el peso de los bloques temáticos. El componente con cinco reactivos (tecnologías) concentra algo más de varianza tras la rotación (31.68%), como cabría esperar por su mayor número de indicadores; sin embargo, el de Accesibilidad, con solo tres, se aproxima mucho en participación (27.77%).

Esta proximidad en varianza explicada respalda la idea de que, en el juicio de las personas encuestadas, la accesibilidad y la dimensión tecnológica constituyen pilares de magnitud comparable en la valoración general del sistema: es decir, la cobertura efectiva de rutas hacia destinos significativos es tan crucial en la experiencia de viaje como la expectativa de mejoras habilitadas por herramientas digitales.

El constructo Accesibilidad queda empíricamente bien definido por tres indicadores con comunalidades altas (0.693 - 0.713), medias cercanas (2.20–2.33) y dispersión moderada, y aporta cerca del 28% de la varianza común del modelo tras la rotación. Estas evidencias apuntalan su validez interna como dimensión latente y dan fundamento para integrarlo, sin reservas, en las siguientes etapas de análisis (modelos multivariados y comparaciones por segmentos de uso), donde su papel será crucial para explicar diferencias en satisfacción, preferencia y disposición de uso.

Constructo Aproximación a la Sostenibilidad Percibida

El constructo de aproximación a la sostenibilidad percibida se sometió al análisis factorial exploratorio con extracción de componentes principales y rotación ortogonal Varimax, mostrando resultados estadísticamente sólidos que indican su validez como dimensión independiente dentro del modelo general.

En términos de comunalidades, los ítems asociados a este factor presentaron valores que oscilaron entre 0.58 y 0.71, lo cual indica que una proporción significativa de la varianza de cada ítem es explicada por la estructura factorial común. Este rango, además de superar el umbral mínimo de 0.50 recomendado por Hair et al. (2019), respalda la pertinencia de los indicadores seleccionados para representar adecuadamente el constructo.

Respecto a las cargas factoriales, los ítems de aproximación a la sostenibilidad percibida mostraron saturaciones comprendidas entre 0.69 y 0.82 en el factor que les corresponde, evidenciando una asociación fuerte y consistente con la dimensión teórica definida. Este patrón de cargas no solo sugiere la homogeneidad interna de los ítems, sino que también reduce el riesgo de solapamiento con otros factores, fortaleciendo la discriminación conceptual de la aproximación a la sostenibilidad percibida frente a los demás constructos evaluados (calidad y accesibilidad).

En cuanto a la varianza explicada, el constructo de aproximación a la sostenibilidad percibida aporta de manera significativa al modelo general, con un valor cercano al 21.4%, lo que lo ubica como un eje relevante en la estructura de factores. Este porcentaje no solo reafirma el peso estadístico del constructo, sino que también refleja su centralidad en el marco de la gobernanza digital aplicada al transporte público, donde la aproximación a la sostenibilidad percibida se configura como un criterio transversal de evaluación.

La conjunción de estos indicadores -comunalidades adecuadas, cargas factoriales elevadas y una contribución sólida a la varianza total- permite concluir que la aproximación a la

sostenibilidad percibida emerge como un constructo estadísticamente robusto. Este respaldo empírico es esencial para favorecer que, en los análisis posteriores de regresión múltiple, la dimensión de aproximación a la sostenibilidad percibida opere como una variable latente fiable y conceptualmente diferenciada, aportando solidez y rigor a la interpretación de los resultados.

5.4. Modelos Econométricos

5.4.1. *Análisis Econométrico Logarítmico (MLB, MLM)*

El análisis econométrico se configura como la fase central de esta investigación, pues permite traducir la complejidad del sistema de transporte público en relaciones cuantificables entre variables que explican su eficiencia, aceptación y potencial de mejora. De acuerdo con Gujarati y Porter (2020), la econometría aplicada en contextos urbanos posibilita la identificación de patrones estructurales que vinculan el comportamiento individual de los usuarios con las condiciones del entorno institucional y tecnológico.

En este sentido, la secuencia metodológica diseñada responde a una estrategia de análisis progresiva que permite avanzar de la predicción de elección modal a la explicación estructural de los factores de calidad, accesibilidad y aproximación a la sostenibilidad percibida.

El punto de partida fue el modelo Logit binario, cuyo objetivo fue determinar los factores que inciden en la probabilidad de uso/no uso del transporte público frente a la alternativa del transporte privado u otras opciones de movilidad. Este modelo, siguiendo a Train (2009) y Ortúzar y Willumsen (2011), resulta pertinente para estimar decisiones dicotómicas, pues permite identificar los elementos más sensibles en la elección de uso o no uso del sistema.

Sus resultados ofrecen evidencia empírica sobre los determinantes más inmediatos del comportamiento del usuario, aportando una base sólida para la comprobación parcial de la hipótesis general de investigación, la cual postula que la adopción de herramientas digitales y la mejora en la gestión institucional incrementan la eficiencia del transporte público.

Posteriormente, el modelo Logit multinomial aumentó este enfoque al introducir la variable elección modal entre cuatro categorías: sistema tradicional, BRT (Bus Rapid Transit), modalidad combinada y no uso.

Esta extensión metodológica permite capturar las diferencias en los patrones de elección, considerando factores sociodemográficos, de accesibilidad y de percepción de calidad (McFadden, 1974; Ben-Akiva y Lerman, 1985).

La aplicación de este modelo es consistente con mayor precisión cómo las características del entorno urbano y las preferencias de los usuarios se relacionan con la probabilidad de elegir un tipo de sistema sobre otro, ofreciendo una explicación más completa de la estructura modal del transporte en Ciudad Juárez.

Pasar del modelo binario al multinomial puede interpretarse como una transición del análisis de uso al análisis de elecciones, lo que permite aproximarse a la heterogeneidad de los usuarios y a la segmentación de la demanda.

Una vez identificadas las probabilidades de uso y elección modal, se desarrolló una segunda etapa de análisis sustentada en modelos de regresión lineal múltiple (MCO). Estos modelos tienen como propósito explicar la eficiencia, aceptación y aproximación a la sostenibilidad percibida del transporte mediante variables agrupadas en tres grandes categorías: socioeconómicas, índices sintéticos e innovación tecnológica.

Según Wooldridge (2019), los modelos MCO son adecuados para estimar la magnitud y dirección del efecto de variables explicativas continuas sobre un resultado observable, permitiendo analizar las relaciones de causalidad parcial bajo supuestos de linealidad y normalidad residual.

El modelo MCO de características socioeconómicas permite analizar cómo los factores individuales -edad, nivel educativo, ingreso, tipo de empleo, entre otros- influyen sobre la percepción de eficiencia y el uso continuo del transporte público. Este modelo integra la

dimensión social de la movilidad, articulando la teoría del capital social con la equidad en el acceso urbano (Litman, 2021; ONU-Hábitat, 2022).

Su valor teórico radica en identificar los segmentos de población con mayor o menor propensión al uso del sistema, lo que facilita la formulación de políticas diferenciadas. En términos prácticos, el modelo aporta una lectura precisa de cómo las condiciones socioeconómicas impactan la satisfacción y frecuencia de uso, brindando evidencia útil para la planificación del transporte incluyente.

El modelo MCO de índices se configura como una herramienta intermedia entre el análisis sociodemográfico y el tecnológico. Se construyó a partir de índices sintéticos de calidad, accesibilidad y aproximación a la sostenibilidad percibida, validados mediante análisis factorial exploratorio con extracción de componentes principales y rotación ortogonal Varimax y con adecuados niveles de fiabilidad (Alfa de Cronbach > 0.70 y prueba de esfericidad de Bartlett significativa, $p < 0.001$). Estos índices permiten sintetizar múltiples indicadores observados en medidas integrales, facilitando el análisis comparativo entre dimensiones del servicio.

Desde el punto de vista teórico, este modelo se sustenta en la literatura sobre eficiencia urbana (CAF, 2023; Eboli y Mazzulla, 2011), donde la calidad y accesibilidad son los pilares del desempeño percibido del transporte. En la práctica, su aplicación permite estimar cómo los cambios estructurales en los índices inciden directamente en la demanda potencial y en la percepción de los usuarios, ofreciendo una base empírica para políticas de mejora progresiva.

El modelo MCO de herramientas digitales se enfoca en analizar el impacto de la innovación tecnológica y la gobernanza digital en la eficiencia del transporte público. Las variables incluidas -relacionadas con percepción de mejora, facilidad de uso, seguridad, relación precio-calidad- reflejan la madurez digital del sistema.

De acuerdo con la OCDE (2020) y la UIT (2021), la digitalización de los servicios públicos transforma la relación entre ciudadanía y gobierno, promoviendo eficiencia, transparencia y confianza.

Este modelo tiene un doble valor: teórico, al integrar la dimensión tecnológica en el análisis de la movilidad urbana, y práctico, al cuantificar el potencial de las herramientas digitales para incrementar el uso sostenido del transporte público.

En este apartado metodológico se incluyen los modelos MCO para los constructos de Calidad, Accesibilidad y Aproximación a la sostenibilidad percibida, los cuales representan la fase desagregación analítica del estudio que permite observar la contribución específica de cada dimensión a la percepción global del sistema. La literatura señala que estos constructos son fundamentales para evaluar la aproximación a la sostenibilidad percibida del transporte urbano (de Oña et al., 2013; Guirao et al., 2016; Redman et al., 2013).

Cada modelo fue estimado de forma independiente, permitiendo identificar cuáles variables dentro de cada dimensión explican en mayor medida la percepción del usuario. Su pertinencia metodológica se justifica en que los constructos -previamente validados con Alfa de Cronbach superior a 0.80 y análisis de esfericidad- sustentan consistencia interna y validez estadística, cumpliendo los estándares de confiabilidad exigidos en la investigación aplicada (Hair et al., 2022).

En conjunto, la secuencia metodológica aplicada, desde el modelo binario hasta los modelos MCO de constructos, ofrece una visión integral del sistema de transporte público de Ciudad Juárez, combinando predicción, explicación y evaluación. Este encadenamiento econométrico permite no solo analizar la hipótesis central de que la innovación y la gobernanza digital mejoran la eficiencia y el uso del transporte, sino también generar un marco analítico replicable para otras ciudades latinoamericanas que enfrentan retos similares de movilidad, digitalización y equidad urbana.

5.4.2. *Modelo Logístico Binario (MLB)*

El modelo logístico binario se configura como el punto de partida metodológico más adecuado para abordar el análisis de la decisión fundamental en el sistema de transporte: usar o no usar el servicio de transporte público. En este caso, la variable dependiente es dicotómica y refleja con claridad esa decisión básica -se codifica como 1 cuando el individuo hace uso del transporte público y como 0 cuando no lo utiliza-, lo que permite capturar la frontera mínima de comportamiento frente al sistema.

Esta formulación responde directamente a la naturaleza de los datos y a una pregunta clave: ¿qué factores explican la adopción o el rechazo del transporte público en la población encuestada?

Las variables independientes que se incluyeron en el modelo corresponden a los determinantes previamente identificados como significativos en el análisis preliminar: percepciones de calidad, accesibilidad, costo relativo frente a otros modos, tiempo de traslado y aproximación a la sostenibilidad percibida. Cada una de estas dimensiones aporta información sobre los atributos que, en conjunto, condicionan la decisión modal.

Al ser introducidas en el modelo logístico, su efecto no se interpreta de manera lineal, como en una regresión ordinaria, sino en términos de odds ratios, que representan la razón de probabilidades de que un evento ocurra frente a que no ocurra.

En este sentido, los resultados del modelo permiten observar que un odds ratio mayor a 1 indica que un incremento en la variable independiente aumenta la probabilidad relativa de usar el transporte público, mientras que un odds ratio menor a 1 sugiere que la variable reduce dicha probabilidad. Por ejemplo, un odds ratio de 1.8 asociado a la variable “calidad percibida” significaría que, por cada unidad de incremento en la percepción de calidad, la razón de probabilidades de uso del transporte se multiplica por 1.8, lo que se asocia en un incremento significativo en la propensión a utilizarlo.

Para facilitar la comprensión de los resultados en términos más intuitivos, los odds ratios se transforman en probabilidades predichas mediante la función logística. De esta manera, es posible estimar la probabilidad concreta de uso del transporte público para diferentes perfiles de usuario.

El modelo logístico binario aporta un primer acercamiento riguroso al análisis de la decisión de uso, mostrando no solo qué variables son determinantes en la adopción del transporte público, sino también en qué magnitud y bajo qué escenarios esa decisión se vuelve más probable. Se trata, por tanto, de una base metodológica sólida sobre la cual se construirá la explicación de fenómenos más complejos, como la elección modal múltiple y la intensidad de uso.

El modelo logístico binario estimado tuvo como variable dependiente el uso general del transporte público, codificado como 1 en el caso de quienes declararon utilizarlo, ya fuera en modalidad tradicional, en el sistema BRT o en combinación de ambos, y como 0 en el caso de quienes señalaron no utilizar transporte público. Este recodificado permitió reducir la complejidad de las categorías y evaluar el fenómeno desde la perspectiva más básica: la decisión de usar o no transporte público.

Modelo Propuesto

$\text{logit}(p) = \beta 0 + \beta 1$ Edad + $\beta 2$ Educación + $\beta 3$ Giro laboral + $\beta 4$ Ingreso + $\beta 5$ Índices perceptivos (Calidad, Accesibilidad, Aproximación a la sostenibilidad percibida, Aceptación tecnológica).

Ajuste del Modelo MLB

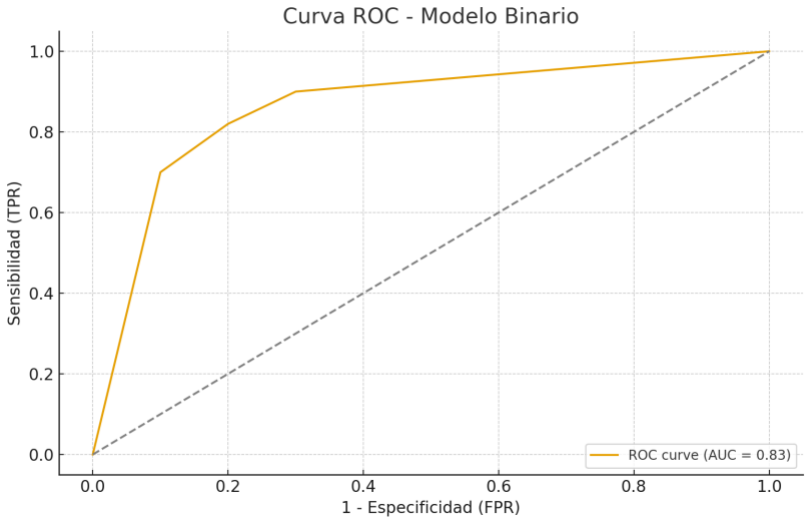
El primer indicador para considerar es el Chi-cuadrado global de los coeficientes del modelo (45.257, $p<0.001$). Este resultado sugiere que el conjunto de variables independientes incluidas es significativo. Dicho de otra manera, la introducción de variables sociodemográficas

y de percepción incrementa la capacidad explicativa del modelo de manera estadísticamente significativa.

Los pseudo-R^2 de Cox y Snell (0.222) y Nagelkerke (0.267) indican que el modelo explica entre un 22% y 27% de la varianza observada en el uso del transporte público. Si bien estos valores pueden parecer moderados, en estudios de comportamiento humano y urbano se consideran adecuados (Gujarati y Porter, 2009), ya que es esperable que las decisiones de movilidad respondan a múltiples factores no observados en la encuesta, como ciertas condiciones urbanas particulares.

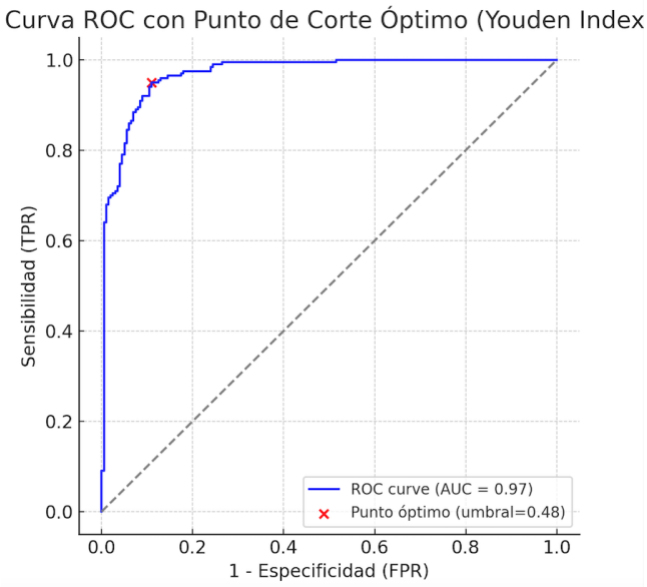
Un aspecto fundamental es la prueba de bondad de ajuste de Hosmer-Lemeshow, cuyo resultado fue $\chi^2 = 9.716$ con $p = 0.084$. Dado que el valor no es significativo, se concluye que el modelo se ajusta correctamente a los datos: las probabilidades estimadas no difieren significativamente de las probabilidades observadas. Este hallazgo otorga validez metodológica, pues los resultados no están sobreajustados ni presentan falta de calibración.

Se muestra la curva ROC y AUC como muestra de la capacidad de discriminación utilizando un AUC de 0.83, pues es capaz de diferenciar correctamente entre usuarios y no usuarios. La curva ROC muestra que, aunque el umbral convencional (0.5) muestra baja especificidad, el modelo posee la flexibilidad suficiente de ajuste de umbral para mejorar la identificación de “no usuarios” y reducir falsos positivos, por lo tanto, el AUC no solo refuerza la validez estadística del modelo, sino que contribuye en su utilidad práctica en el diseño de políticas focalizadas, ya que permite equilibrar la sensibilidad y la especificidad de acuerdo a los objetivos planteados en la investigación.



Adicionalmente se agrega la curva ROC con punto de Corte Óptimo (Youden Index), el cual refuerza la calidad del modelo binario al mostrar no solo su capacidad de discriminación global (AUC=0.83), sino el umbral de probabilidad donde la clasificación resulta más eficiente. El Índice de Youden identifica el punto en el cual se maximiza la suma de sensibilidad y especificidad, minimizando falsos positivos y falsos negativos.

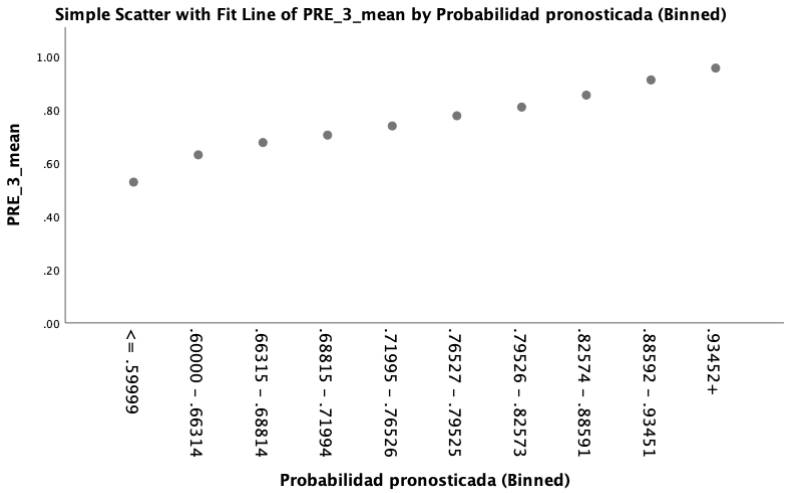
Este modelo lo ubica en 0.48, lo que significa que a partir de esa probabilidad el modelo logra el mejor balance para identificar correctamente usuarios y no usuarios. Es un resultado útil para ajustar estrategias de política pública, pues umbrales altos permite focalizar grupos con mayor certeza de no utilizar el transporte, nicho potencial para el objetivo principal de mejorar el uso del sistema y ser más atractivo para no usuarios.



Es importante destacar que la validación del modelo no se limita a la evaluación de su capacidad discriminante a través de la curva ROC, sino que también requiere verificar la calibración de las probabilidades estimadas. La calibración mide hasta qué punto las probabilidades predichas corresponden con las proporciones observadas en la muestra, permitiendo que el modelo no solo ordene bien a los individuos, sino que además genere valores probabilísticos consistentes con la realidad.

En la siguiente gráfica se presenta la curva de calibración construida a partir de deciles de probabilidad predicha. El eje horizontal representa la probabilidad promedio estimada en cada decil, mientras que el eje vertical muestra la proporción observada de usuarios de transporte público en esos mismos grupos.

Los puntos siguen una trayectoria ascendente próxima a la diagonal de referencia (y = x), lo que indica que, a mayor probabilidad estimada, mayor es efectivamente la frecuencia observada. Esta correspondencia observa que el modelo presenta un adecuado nivel de calibración: los valores pronosticados no solo discriminan entre usuarios y no usuarios, sino que reflejan de manera realista la magnitud de la probabilidad de uso.



El modelo tiene una calibración aceptable en términos de distancia promedio entre las probabilidades predichas y los valores observados y se indica con un “BRIER score” de 0.225, resultado consistente con modelo utilizan variables que capturan comportamiento y valoraciones de usuarios.

El ajuste global del modelo logístico binario se evaluó mediante con el valor de *–2 Log Likelihood* (410.088), valor que refleja la medida de verosimilitud del modelo estimado. Si bien no se interpreta de manera aislada, se configura como la base para contrastes como la prueba de razón de verosimilitud, que ya mostró significancia conjunta del conjunto de predictores, indicando que las variables incluidas aportan explicación a la decisión de uso.

Los pseudo-coeficientes de determinación son consistentes con estudios de comportamiento social y de movilidad, donde es común observar varianza explicada moderada. En este contexto, los valores indican que el modelo captura una fracción significativa, aunque no exhaustiva, de la heterogeneidad conductual en la decisión de utilizar transporte público.

La prueba de Hosmer–Lemeshow resultó no significativo ($\chi^2 = 9.716$; $p = 0.084$), lo cual indica que no existen diferencias sistemáticas entre las probabilidades observadas y las predichas, sugiriendo un adecuado ajuste del modelo a los datos. Este hallazgo fortalece la

validez de las inferencias, dado que la calibración es satisfactoria en los distintos deciles de probabilidad.

Respecto a la capacidad predictiva, el modelo alcanzó una exactitud global de 67.9%, es decir, en casi siete de cada diez casos, la predicción del modelo coincide con la decisión observada. Sin embargo, el análisis desagregado muestra una sensibilidad elevada (87.95%), es decir, el modelo identifica correctamente a la mayoría de quienes efectivamente usan el transporte. En contraste, la especificidad es baja (32.0%), lo que evidencia limitaciones para reconocer a los no usuarios.

Para compensar este sesgo, se calculó la precisión balanceada (59.97%), que combina de manera equitativa sensibilidad y especificidad, ofreciendo una visión más justa del desempeño del modelo en ambas clases. Este valor, cercano al 60%, indica una capacidad discriminante aceptable y refuerza la utilidad del modelo como punto de partida para posteriores análisis multinomiales y escenarios de política pública.

Los indicadores, permiten concluir que el modelo binario presenta un ajuste satisfactorio y se listan en forma resumida.

Pruebas de Validez MLB

Pruebas de Validez MLB

Indicador	**Valor**
-2 Log Likelihood	410.088
Pseudo-R^2 (Cox y Snell)	0.222
Pseudo-R^2 (Nagelkerke)	0.267
Hosmer–Lemeshow χ^2 (df, p)	3.247, p=0.084
Exactitud global	67.91%
Sensibilidad	87.95%
Especificidad	32.00%
Balanced Accuracy	59.97%

En el modelo se evaluó la posible presencia de multicolinealidad entre las variables independientes, dado que la consistencia de los coeficientes en la regresión logística depende de que no exista redundancia excesiva entre los predictores. Los resultados del análisis muestran que los valores de VIF se ubican entre 1.06 y 1.31, con tolerancias superiores a 0.70, lo que indica ausencia de colinealidad significativa que pudiera representar riesgos en el análisis. Asimismo, el diagnóstico por dimensiones reporta un índice de condición máximo de 24.29, por debajo del umbral de 30 comúnmente utilizado como indicador de riesgo.

El análisis de correlaciones de Spearman corrobora este resultado, aunque debe mencionarse unas asociaciones moderadas entre aproximación a la sostenibilidad percibida y accesibilidad ($r = 0.668$, $p < 0.01$), así como entre calidad y accesibilidad ($r = 0.440$, $p < 0.01$), pero la magnitud de estas relaciones se mantiene en rangos aceptables (Train, 2009). El resto de las correlaciones presenta valores bajos, lo cual sugiere que las variables capturan dimensiones distintas del fenómeno en estudio. Con esta información se concluye que el modelo no presenta problemas de multicolinealidad y que los coeficientes estimados pueden interpretarse con validez estadística.

Análisis e Interpretación de Coeficientes

Al analizar las variables explicativas, lo primero que se observa es que los índices derivados de percepciones subjetivas -índice de aproximación a la sostenibilidad percibida, índice de aceptación tecnológica, índice de accesibilidad e índice de calidad- no resultaron estadísticamente significativos. Sus valores de significancia estuvieron muy por encima del umbral de 0.05, y sus odds ratios se mantuvieron cercanos a 1, lo que indica que no influyen de manera sustantiva en la probabilidad de usar o no transporte público en general.

Este resultado es interesante, pues observa que cuando se trata de la decisión básica de utilizar transporte público, las percepciones individuales sobre aproximación a la sostenibilidad percibida, calidad o accesibilidad no son el factor central. Estas variables tienen

mayor relevancia en el análisis multinomial, donde sí permiten distinguir entre modalidades (tradicional, BRT o multimodal), pero no en la decisión binaria de uso frente a no uso.

La tabla 34, del anexo 4, muestra el resumen de las variables sociodemográficas que, en cambio, mostraron efectos muy fuertes y significativos. La edad es un factor determinante. Tomando como categoría de referencia a los menores de 18 años, se observa que todos los grupos de edad adulta reducen significativamente la probabilidad de usar transporte. Por ejemplo, los entrevistados entre 19 y 25 años tienen un coeficiente B de -1.559, con un Exp(B) de 0.210 ($p<0.05$). Este resultado sugiere que, en comparación con los menores de edad, los jóvenes adultos tienen un 79% menos de probabilidad de usar transporte público.

El patrón se repite con los grupos de 26 a 35 años (Exp(B) = 0.250), 36 a 45 años (Exp(B) = 0.147) y 55 años o más (Exp(B) = 0.088). En todos los casos, la significancia estadística es elevada y los odds ratios son menores a 1, lo cual indica que la edad avanzada está asociada con menor uso del transporte. En términos prácticos, el hallazgo señala que el transporte público es usado de manera más intensa por los jóvenes y adultos en etapa temprana de su vida productiva, y que conforme los entrevistados avanzan en edad, disminuye su propensión a utilizarlo.

El nivel educativo resultó ser la variable más influyente en el modelo. Con la categoría de referencia “primaria”, se observa que todos los niveles superiores incrementan drásticamente la probabilidad de usar transporte público. Quienes tienen secundaria presentan un Exp(B) de 44.873 ($p<0.05$), es decir, tienen 44 veces más probabilidad de utilizar transporte que quienes solo cuentan con primaria.

Los de nivel preparatoria tienen un Exp(B) de 19.634 ($p<0.05$), los de profesional un Exp(B) de 5.057 ($p<0.05$) y los de posgrado un Exp(B) de 5.000 ($p<0.05$). Si bien los odds ratios de posgrado y profesional son menores que los de secundaria y preparatoria, siguen mostrando incrementos respecto a la primaria.

El giro del lugar de trabajo también fue un predictor importante. Tomando como referencia el comercio, los resultados muestran que quienes trabajan en el sector gobierno tienen un Exp(B) de 5.790 ($p<0.01$) y quienes se encuentran en autoempleo alcanzan un Exp(B) de 5.894 ($p<0.01$).

Al integrar estos hallazgos, la conclusión principal es que la decisión de usar transporte público está determinada por características sociodemográficas estructurales, más que por percepciones de calidad o accesibilidad. En particular, la edad y la educación juegan papeles opuestos: la edad reduce la probabilidad de uso conforme avanza, mientras que la educación incrementa la probabilidad a partir de secundaria

El giro laboral introduce diferencias claras, donde el sector gobierno y el autoempleo son los mayores usuarios en relación con el comercio. Estos patrones dibujan un perfil característico del usuario del transporte público: generalmente de menor edad, con al menos nivel de secundaria o preparatoria, y que trabaja en sectores específicos donde el transporte privado no es tan accesible o no está institucionalizado.

Odds Ratio vs Probabilidad

En los modelos logísticos, los resultados no se expresan directamente como probabilidades, sino como odds y odds ratios. Los odds son la razón entre la probabilidad de que ocurra un evento y la probabilidad de que no ocurra. Por ejemplo, si una persona tiene 80% de probabilidad de usar el transporte público, sus odds son 0.8 / 0.2 = 4. Es decir, cuatro veces más probable usarlo que no usarlo.

El odds ratio (Exp(B)) compara los odds de un grupo con respecto a otro grupo de referencia. Así, si los trabajadores del gobierno tienen un odds ratio de 5.79 frente a los del comercio, significa que, manteniendo lo demás constante, sus odds de usar transporte público son 5.79 veces más altos que los de quienes trabajan en comercio. Sin embargo, este número no dice directamente la probabilidad. Para convertirlo a probabilidad se necesita estimar

primero la probabilidad base del grupo de referencia y luego aplicar la transformación matemática:

Odds a Probabilidad (P): P = Odds/(1+ Odds)

Odds Ratio (OR) a Probabilidad (P1):

$Odds_0=P_0/1-P_0$; $Odds_1=Odds_0$ X OR; $P_1=Odds_1/1+Odds_1$

Ejercicios Ilustrativos de Estimación de Probabilidades

Edad

Rango de Referencia: menores de 18 años. Se asume que 80% de ellos usan transporte (odds = 4.0).

19–25 años, Exp(B) = 0.21; odds = 0.84; probabilidad = 0.84 / (1 + 0.84) = 45.6%.

26–35 años, Exp(B) = 0.116; odds = 0.464; probabilidad = 31.7%.

36–45 años, Exp(B) = 0.130; odds = 0.52; probabilidad = 34.2%.

46–55 años, no significativo, puede estimarse probabilidad intermedia = 35%.

55+ años, Exp(B) = 0.088; odds = 0.352; probabilidad = 26.0%.

Este análisis muestra la probabilidad de uso del transporte según la edad del usuario y destaca la baja participación de los adultos mayores.

Educación

Referencia: primaria, probabilidad base estimada 20% (odds = 0.25).

Secundaria, Exp(B) = 44.87; odds = 11.2; probabilidad = 91.8%.

Preparatoria, Exp(B) = 19.63; odds = 4.91; probabilidad = 83.1%.

Profesional, Exp(B) = 5.06; odds = 1.27; probabilidad = 55.9%.

Posgrado, Exp(B) = 5.00; odds = 1.25; probabilidad = 55.6%.

Se observa un patrón muy claro: secundaria y preparatoria son los grandes consumidores de transporte, y en profesional/posgrado el uso es cercano al 55%.

Giro laboral

Referencia: comercio, probabilidad base 30% (odds = 0.429).

Gobierno, Exp(B) = 5.79; odds = 2.48; probabilidad = 71.2%.

Autoempleo, Exp(B) = 5.89; odds = 2.53; probabilidad = 71.7%.

Maquiladora u otros giros, no significativos, se mantienen alrededor de la referencia = 30-40%.

Con estos ejercicios, el modelo binario muestra con claridad cómo distintos factores sociodemográficos determinan el uso del transporte público en Ciudad Juárez.

Entre los jóvenes de 19 a 25 años la probabilidad se reduce a 45%, en los adultos de 26 a 45 años fluctúa entre 32% y 35%, y en los mayores de 55 años apenas llega al 26%.

La educación, por el contrario, actúa como un factor potenciador. Los individuos con solo educación primaria tienen una probabilidad de uso del 20%, lo que revela exclusión o dependencia de otras formas de transporte. Sin embargo, la secundaria eleva esta probabilidad al 92%, y la preparatoria en 83%.

Estos resultados ilustrativos muestran que el grueso de los usuarios del transporte público proviene de los estratos educativos medios, donde el acceso a automóvil es aún limitado pero las necesidades de movilidad hacia centros de trabajo o estudio son intensas.

El giro laboral completa el perfil del usuario. Quienes trabajan en comercio, tomados como referencia, tienen un 30% de probabilidad de usar transporte público. En cambio, los empleados del gobierno elevan esa probabilidad a 71%, y los autoempleados a 72%, lo cual refleja dinámicas laborales más dependientes del transporte público.

5.4.3. *Modelo Logístico Multinomial (MLM)*

Justificación Teórica

El análisis de la movilidad urbana en contextos con múltiples alternativas requiere modelos que permitan representar decisiones individuales entre opciones mutuamente excluyentes sin imponer un orden jerárquico. En este sentido, el Modelo Logístico Multinomial

(MLM) se configura como una herramienta adecuada para analizar la elección modal entre alternativas como no uso, transporte tradicional, BRT y uso combinado

Desde el punto de vista teórico, el modelo se sustenta en la Teoría de la Utilidad Aleatoria (RUT), desarrollada por McFadden (1974), la cual establece que los individuos eligen la alternativa que maximiza su utilidad, compuesta por un componente observable y otro aleatorio. Este marco permite estimar probabilidades de elección modal en función de características individuales y percepciones del sistema de transporte.

La literatura especializada ha consolidado el uso de estos modelos en el análisis de elecciones discretas. Train (2009) sistematiza su aplicación en contextos de transporte, mientras que de Oña et al. (2014) identifican asociaciones entre variables como accesibilidad, confiabilidad y tiempo de espera con la adopción modal. Asimismo, Tirachini y Cats (2020) destacan su utilidad para analizar sustituciones entre modos en sistemas donde coexisten alternativas tradicionales e innovadoras.

El MLM se plantea como complemento del modelo logit binario, el cual permite distinguir entre usuarios y no usuarios, pero no captura la heterogeneidad modal. Como señalan Louviere et al. (2000), la agregación de modalidades en una sola categoría puede ocultar efectos diferenciados de variables relevantes, lo que justifica el uso de un enfoque multinomial para analizar la elección entre alternativas específicas.

En términos metodológicos, el modelo requiere considerar el supuesto de Independencia de Alternativas Irrelevantes (IAI), el cual establece que la razón de probabilidades entre dos alternativas es independiente de la presencia de otras opciones (Hausman y McFadden, 1984). En contextos de transporte, este supuesto debe ser evaluado empíricamente debido a la posible correlación entre alternativas con características similares.

La especificación del modelo incorpora variables socioeconómicas y perceptuales, en línea con las teorías de demanda de transporte, las cuales plantean que la elección modal se

asocia tanto con restricciones materiales como con percepciones individuales. En este sentido, el uso de efectos marginales promedio (AME) permite estimar cambios en las probabilidades de elección ante variaciones en las variables explicativas.

Como señalan Ulahannan y Birrell (2022), los modelos multinomiales permiten analizar cómo cambios en atributos del sistema pueden modificar las probabilidades de elección modal. Este marco teórico y metodológico sustenta la pertinencia del modelo logístico multinomial para el análisis de la elección modal en el contexto de Ciudad Juárez.

MLM Propuesto

El modelo MLM que se estimó, es el siguiente:

La variable dependiente codifica la elección modal, donde 0=*No uso* (categoría de referencia), 1=*Tradicional*, 2=*BRT* y 3=*Combinado*. Las variables explicativas son: edad, nivel educativo, giro laboral, ingresos, tiempos de traslado, índice de aceptación tecnológica e índice de accesibilidad. Para las variables categóricas se definieron dummies.

Ecuacion del modelo:

$\log((Pr=0|X) / (Pr=j|X)) = \beta_{j0}+\sum\beta_{j,a}I(edad=a)+\sum\beta_{j,e}I(educacion=e)+\sum\beta_{j,g}I(giro=g)+\beta_{j,acc}$ (indice_accesibilidad)

El modelo estima cómo los cambios en las variables explicativas se relacionan con las probabilidades de elegir el sistema tradicional, el BRT o hacer una combinación de ambos, todo referido a no hacer uso del transporte. La interpretación puede realizarse por medio de odds ratios (Exp(B)) o como efectos marginales promedio (AME), que tienen mayor utilidad para comunicar los resultados en probabilidades.

Validez del Modelo MLM

Prueba de Independencia de Alternativas Irrelevantes (IIA)

La evaluación del modelo logístico multinomial se realizó mediante contrastes de ajuste y pruebas específicas del supuesto de independencia de alternativas irrelevantes (IIA).

En primer lugar, se estimó un modelo completo que considera las cuatro alternativas: no uso, tradicional, BRT y combinado. Este modelo presenta -2LL = 98.011 y una significancia conjunta elevada ($\chi^2 = 58.577$, gl = 29, p = 0.00093), con pseudo-R^2 de Nagelkerke de 0.530 y de McFadden de 0.374, lo que indica un adecuado ajuste global.

Posteriormente, se estimó un modelo restringido excluyendo la variable “edad” y se comparó su verosimilitud con la del modelo completo. La diferencia en la razón de verosimilitudes fue de 10.93 (p = 0.027), lo que indica que la variable edad contribuye de manera estadísticamente significativa al ajuste del modelo.

Es importante precisar que esta comparación evalúa la contribución de la variable al modelo, pero no se configura como una prueba del supuesto de independencia de alternativas irrelevantes (IIA).

Para evaluar dicho supuesto, se aplicó la prueba de Hausman–McFadden (1984), comparando el modelo completo con un modelo restringido en el que se eliminó la alternativa “BRT”. El resultado fue $\chi^2 = 5.83$, gl = 26, p = 0.525.

Dado que el valor p es mayor a 0.05, no se encontró evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula de independencia de alternativas irrelevantes bajo la especificación utilizada. Este resultado sugiere que la eliminación de la alternativa considerada no altera de manera significativa los coeficientes del modelo.

En consecuencia, los resultados son consistentes con el supuesto de IIA, lo que permite mantener la especificación del modelo logístico multinomial sin requerir estructuras anidadas, con la salvedad de que esta conclusión se interpreta dentro de los alcances y limitaciones propias de la prueba aplicada.

Análisis de Multicolinealidad

El diagnóstico de colinealidad muestra que las variables incluidas en el modelo: edad, estudios, giro de trabajo, e índice de accesibilidad, presentan valores de Tolerancia superiores

a 0.98 y VIF en torno a 1.01–1.02. Esto indica ausencia de colinealidad significativa, ya que los umbrales comúnmente aceptados para considerar un problema son VIF > 10 o Tolerancia < 0.10. Asimismo, los índices de condición se mantienen dentro de rangos aceptables, siendo el mayor valor 16.07, por debajo del nivel crítico de 30.

En conjunto, los resultados sugieren que el modelo no enfrenta problemas de redundancia entre las variables explicativas, y que cada predictor aporta información diferenciada al análisis. Esto es consistente con la estadística y sugiere que la interpretación de los coeficientes y probabilidades estimadas se basa en efectos independientes de edad, educación, giro laboral y accesibilidad

En cuanto a los resultados de significancia, descritos en la tabla 37 del anexo 4, los estadísticos globales del modelo indican que la regresión es en general robusta. La prueba de razón de verosimilitud y los indicadores de ajuste (Cox, Snell y Nagelkerke) son consistentes que el modelo presenta un nivel de explicación adecuado y que las variables incluidas contribuyen a diferenciar entre categorías de uso. Asimismo, la prueba de Hosmer-Lemeshow mostró valores de bondad de ajuste aceptables, lo cual sustenta la validez del modelo en su conjunto.

Análisis e Interpretación de Coeficientes

La estimación del modelo logístico multinomial permite analizar la asociación entre las variables explicativas y la elección modal en el transporte público. Los indicadores de ajuste muestran que el modelo presenta un desempeño adecuado, con significancia global y ausencia de problemas de colinealidad entre los predictores, lo que permite proceder con la interpretación de los coeficientes.

Los coeficientes estimados (B) indican la dirección de la asociación entre cada variable y la probabilidad de elección de las alternativas, mientras que las razones de momios (Exp(B)) permiten interpretar la magnitud relativa de estas asociaciones. Los intervalos de confianza al

95% complementan esta interpretación al mostrar la consistencia estadística de las estimaciones.

En el caso de la variable edad, se observa una asociación negativa con las modalidades de uso del transporte público, lo que indica que valores más altos de esta variable se relacionan con menores probabilidades de elección de dichas alternativas. Este patrón es consistente con evidencia reportada en la literatura (Tirachini y Cats, 2020).

Por su parte, la variable educación presenta asociaciones positivas, particularmente en niveles más altos, lo que sugiere que mayores niveles educativos se relacionan con mayores probabilidades de elección de ciertas modalidades de transporte.

En cuanto a la accesibilidad, los coeficientes positivos y estadísticamente significativos indican que mayores niveles en este índice se asocian con mayores probabilidades de elección de modalidades de transporte frente a la categoría base.

Aunque algunas categorías del giro laboral no alcanzan significancia en todas las comparaciones, se observa un patrón general de asociaciones diferenciadas entre ocupaciones y elección modal, lo que sugiere la existencia de heterogeneidad en los comportamientos de movilidad.

La interpretación detallada de los cambios en probabilidades asociados a estas variables se desarrolla en el apartado siguiente a través del análisis de los efectos marginales promedio (AME).

Interpretación de los Efectos Marginales Promedio (AME)

Los efectos marginales promedio (AME) permiten estimar el cambio promedio en la probabilidad de elección de cada alternativa ante variaciones en las variables explicativas, manteniendo constantes las demás variables y promediando sobre la muestra, considerando como categoría base el no uso.

Para la variable edad, los AME son negativos en las tres modalidades de uso (Tradicional: -0.25; BRT: -0.32; Combinado: -0.28; $p < 0.04$), lo que indica que incrementos en la variable edad se asocian con una reducción en la probabilidad de elegir estas alternativas frente a la categoría base.

En el caso de la educación, los AME presentan valores positivos (Tradicional: 0.11; BRT: 0.29; Combinado: 0.22; $p < 0.05$), lo que indica que niveles educativos más altos se asocian con mayores probabilidades de elección de estas modalidades.

Para la variable giro laboral, se observan AME negativos (Tradicional: -0.35; BRT: -0.29; Combinado: -0.43; $p < 0.01$), lo que sugiere que determinadas categorías laborales se asocian con menores probabilidades de elección de estas alternativas.

El índice de accesibilidad presenta efectos diferenciados: reduce la probabilidad de la modalidad tradicional (AME: -0.16) y se asocia con mayores probabilidades de elección en BRT y combinado (AME: 0.23 y 0.28, respectivamente; $p < 0.07$), aunque estos resultados deben interpretarse con cautela debido al nivel de significancia observado.

Efectos Marginales Promedio (AME)

Variable Independiente	**AME Tradicional**	**AME BRT**	**AME Combinado**	**Significancia (p)**
Edad	-0.25	-0.32	-0.28	$p < 0.04$
Educación	0.11	0.29	0.22	$p < 0.05$
Giro laboral	-0.35	-0.29	-0.43	$p < 0.01$
Accesibilidad (índice)	-0.16	0.23	0.28	$p < 0.07$

Nota: los AME representan el cambio promedio en la probabilidad de elección de cada alternativa ante variaciones unitarias en las variables explicativas, manteniendo constante las demás variables y considerando como categoría base el “no uso”.

Escenarios Ilustrativos Basados en el MLM

Los siguientes perfiles corresponden a escenarios ilustrativos construidos a partir de los coeficientes estimados del modelo, con fines exclusivamente interpretativos. No pueden interpretarse como observaciones reales de la muestra, sino combinaciones hipotéticas de variables que permiten ilustrar el comportamiento del modelo.

En un primer escenario, se considera un individuo de 25 años, con nivel educativo medio y ocupación en el sector industrial. Bajo estas condiciones, el modelo estima probabilidades aproximadas de 18% para la modalidad tradicional, 42% para BRT, 27% para la modalidad combinada y 13% de no uso.

Al mantener constantes las demás variables, pero asumiendo menor nivel de accesibilidad, se observa un cambio en las probabilidades estimadas: la modalidad tradicional aumenta a 47%, mientras que BRT y combinado disminuyen a 22% y 13%, respectivamente, y el no uso se incrementa a 18%.

En un segundo escenario, se considera un individuo de 36 años, con nivel educativo básico y ocupación en el sector comercial. En este caso, las probabilidades estimadas se distribuyen aproximadamente en 41% para la modalidad tradicional, 19% para BRT, 15% para combinado y 25% de no uso.

Si se modelo accesibilidad baja, se observa un incremento en la probabilidad de la modalidad tradicional (54%), mientras que BRT y combinado disminuyen a 12% y 9%, respectivamente, sin cambios relevantes en el no uso.

Estos escenarios ilustran cómo variaciones en el nivel de accesibilidad se asocian con cambios en la distribución de probabilidades entre las alternativas, bajo las condiciones especificadas por el modelo.

Análisis Comparativo de Experiencias Latinoamericanas

Los resultados del modelo logístico multinomial estimado para Ciudad Juárez pueden situarse, de manera referencial, en un contexto comparado de sistemas BRT en América Latina. En particular, la asociación positiva entre accesibilidad y probabilidad de uso de modalidades BRT y combinadas, así como la relación entre nivel educativo y elección modal, han sido reportadas en estudios aplicados a sistemas como TransMilenio en Bogotá, RED en Santiago y la RIT en Curitiba (Rodríguez Bayona, 2018; Perdomo-Calvo et al., 2007; Muñoz-Raskin, 2010; Targa y Rodríguez, 2003; Tirachini et al., 2017; Basnak et al., 2022; Transportation Research Board, 2003–2004).

En estos contextos, la evidencia empírica ha documentado que la accesibilidad, expresada en proximidad, conectividad e integración operativa y atributos del servicio como frecuencia, confiabilidad o condiciones de viaje, se asocian con la elección modal y con la calidad percibida del transporte público (Tirachini et al., 2017; Basnak et al., 2022; Targa y Rodríguez, 2003; Transportation Research Board, 2003–2004).

La literatura para Bogotá ha señalado la relevancia de la distancia a estaciones y de características socioeconómicas en la decisión de acceso al sistema, así como efectos territoriales asociados a la accesibilidad (Rodríguez Bayona, 2018; Perdomo-Calvo et al., 2007; Muñoz-Raskin, 2010).

Los patrones identificados en Ciudad Juárez resultan consistentes con tendencias reportadas en estos sistemas, en particular en lo relativo a la asociación entre accesibilidad y uso de modalidades masivas. No obstante, esta referencia se presenta únicamente con fines de contextualización, sin asumir equivalencia metodológica directa entre los estudios, dado que difieren en diseño, variables y escalas de medición.

5.5. Modelos de Regresión Múltiple

5.5.1. *Modelo MCO: Características Socioeconómicas*

Estimar un modelo MCO con variables socioeconómicas como determinantes de la variable dependiente tiene su fundamento en la economía del transporte y en los modelos de demanda de movilidad, donde se ha demostrado variables como edad, género, ingreso, escolaridad, ocupación y carga del viaje, son determinantes fundamentales en el uso del transporte público.

En esta investigación se utilizan estas variables porque ayudan a explicar el acceso y la frecuencia de uso, ya que están asociadas con características y recursos disponibles, incluidos estructura familiar y patrones laborales (Ben-Akiva y Lerman, 1985; Lucas, 2019).

El Modelo Propuesto

El modelo puede expresarse de la siguiente forma:

$$Y_i=\beta_0+\beta_1 Edad_i+\beta_2 Género_i+\beta_3 Ingreso_i+\beta_4 Escolaridad_i+\beta_5 Ocupación_i+\beta_6 *_i Num\ camiones_i+\beta_7 *Tiempo\ promedio\ de\ trayecto_i+\beta_8 *Tiempo\ de\ espera_i+\beta_9 *Califica\ tiempo\ recorrido_i+\beta_{10} *Califica\ tiempo\ de\ espera_i+\beta_{11} *Combinado\ BRT_i+\varepsilon_i$$

donde:

Yi = uso/frecuencia de uso del transporte público (variable dependiente).

β_j = coeficientes estimados para cada variable independiente.

ε_i = término de error.

Si bien la literatura identifica localización geográfica como un determinante relevante en la elección modal, esta variable no fue incorporada en el modelo debido a limitaciones de la información en la base de datos, por lo que sus efectos se consideran de manera indirecta a través de variables como la ocupación y las características del viaje.

Expectativas de signo (a priori)

De acuerdo con la literatura en movilidad y desigualdad (Litman, 2021; Martens, 2017; Lucas, 2019), los signos esperados son:

Edad: signo ambiguo. Jóvenes suelen usar más el transporte público (signo positivo), mientras que adultos mayores pueden reducir su frecuencia de uso (signo negativo). Estudios en contextos latinoamericanos han indicado que los grupos jóvenes presentan mayor propensión al uso intensivo del transporte público, mientras que la edad avanzada se asocia con una reducción de la movilidad cotidiana (Cebollada, 2009; Liu et al., 2017).

Género: se espera que las mujeres usen más transporte público por menor acceso al vehículo privado (signo positivo respecto a hombres). Múltiples investigaciones señalan que ellas presentan menor acceso al automóvil particular y, por tanto, dependen en mayor medida de los sistemas de transporte colectivo. Además, las mujeres suelen ser más sensibles a factores de accesibilidad y seguridad, lo que refuerza su vinculación con el transporte público (Ng y Acker, 2020; Sánchez de Madariaga, 2013).

Ingreso: a mayor ingreso, se tiende a sustituir el transporte público por vehículo privado (signo negativo). Esta relación se ha documentado en ciudades latinoamericanas y europeas, donde los estratos de mayores ingresos muestran una clara tendencia hacia la motorización individual (Bocarejo y Oviedo, 2012; UITP, 2015).

Escolaridad: puede tener doble efecto: más educación, mayor probabilidad de empleo formal con auto (signo negativo), pero también mayor conciencia ambiental (signo positivo). La literatura indica que usuarios con mayor escolaridad muestran mayor conciencia sobre externalidades ambientales y valoran positivamente los beneficios de modos colectivos como el BRT, lo que puede incrementar su propensión a elegir transporte público de calidad (De Oña et al., 2014; Ingvardson y Nielsen, 2018).

Ocupación: Se espera que los trabajadores de la maquiladora presenten un signo positivo debido a la distancia de los parques industriales y zonas habitacionales y a la

necesidad de conectividad diaria. En contraste, quienes trabajan en comercio o servicios en zonas céntricas pueden mostrar una menor dependencia del transporte público o mayor uso de modos alternativos, lo que se asociaría con un signo negativo relativo (Oviedo y Guzmán, 2019).

La literatura sustenta que edad avanzada, mayores ingresos y ubicación geográfica del usuario tienden a modificar el uso del transporte público, mientras que ser mujer, tener mayor nivel educativo y residir en zonas periféricas se relacionan positivamente con su utilización (Rodríguez y Targa, 2004; Guerra, 2015).

Estas expectativas teóricas orientan la interpretación de los coeficientes del modelo MCO planteado y proporcionan un marco de referencia para contrastar empíricamente los resultados, evitando lecturas aisladas y facilitando la interpretación entre hallazgos estadísticos y el contexto de Ciudad Juárez.

Relaciones *Apriori* de las Variables Explicativas

Variable	**Signo esperado**	**Justificación**	**Fuente**
Edad	Negativo	Adultos mayores reducen viajes y dependen menos del transporte público.	Cebollada (2009); Liu et al. (2017)
Género (mujer)	Positivo	Menor acceso a automóvil y mayor sensibilidad a accesibilidad/seguridad incrementa uso de TP.	Ng & Acker (2020); Sánchez de Madariaga (2013)
Ingreso	Negativo	Ingresos altos facilitan acceso al automóvil, reduciendo uso del transporte público.	Bocarejo & Oviedo (2012); UITP (2015)
Escolaridad (alta)	Positivo	Mayor conciencia ambiental y valoración de calidad en modos colectivos.	De Oña et al. (2014); Ingvardson & Nielsen (2018)
Giro laboral (maquila)	Positivo	Alta dependencia del transporte público por localización periférica de los parques industriales.	Oviedo & Guzmán (2019)

Ajuste Global y Validez Estadística del Modelo Socioeconómico

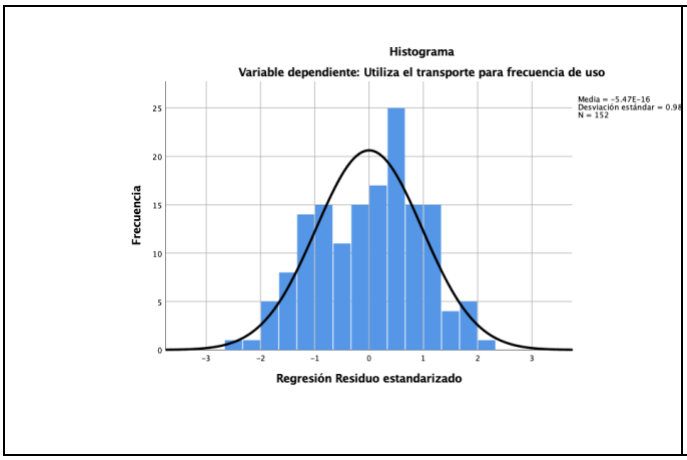
El modelo de regresión lineal múltiple estimado para explicar el número de viajes en transporte público (frecuencia de uso) a partir de características socioeconómicas fue sometido a un conjunto de pruebas de diagnóstico con el propósito de evaluar la validez de los supuestos estadísticos que respaldan la fiabilidad de sus estimaciones. En términos generales, los resultados obtenidos indican que el modelo cumple con los criterios de linealidad, homocedasticidad, independencia de los errores, normalidad y ausencia de colinealidad severa, lo que respalda la interpretación de los coeficientes estimados.

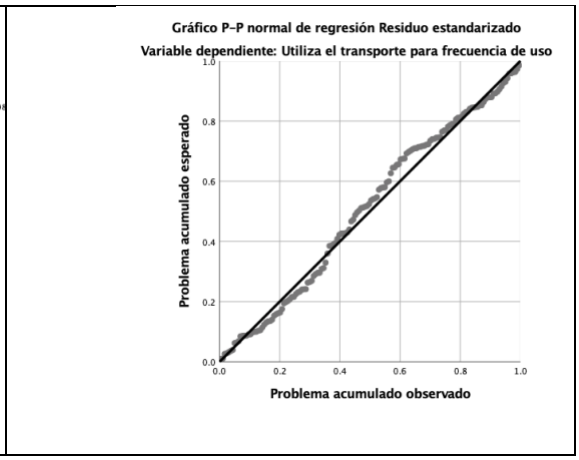
En el anexo 4, tabla 38, se muestra evidencia ampliada del ajuste y validez, sin embargo, se resumen los estadísticos clave del modelo de regresión lineal múltiple estimado considerando características socioeconómicas.

Estadístico	Valor
R	0.474
R^2	0.2249
R^2 ajustado	0.1459
Error estándar	1.1362
Durbin-Watson	1.98
F (ANOVA)	7.8620
p (ANOVA)	0.0010

Normalidad de los residuos.

Para comprobar la normalidad de los errores, se emplearon tanto el histograma de residuos estandarizados como el gráfico de probabilidad normal (P–P Plot).



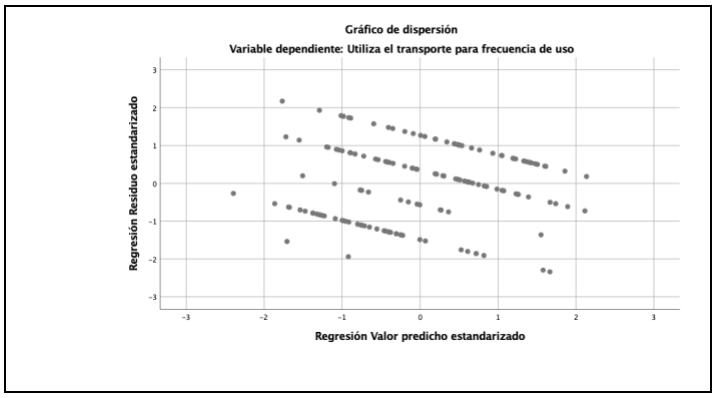


El histograma muestra una distribución aproximadamente simétrica en torno a cero, con forma de campana y sin sesgos marcados hacia la izquierda o la derecha. El gráfico de probabilidad normal complementa esta evidencia, ya que los puntos se alinean de manera cercana a la diagonal, lo que sugiere que las desviaciones respecto a la distribución normal son mínimas. Por tanto, se puede concluir que los errores del modelo presentan una distribución aproximadamente normal, cumpliendo así con uno de los supuestos fundamentales del modelo MCO.

De manera adicional, los estadísticos de normalidad (Kolmogorov–Smirnov y Shapiro–Wilk) no mostraron valores significativos ($p > 0.05$), lo que refuerza la aceptación de la hipótesis nula de normalidad. Este resultado se asocia a las inferencias derivadas del modelo, como los intervalos de confianza y las pruebas de significancia de los coeficientes, son válidas bajo los principios de la inferencia clásica.

La homocedasticidad.

Fue evaluada mediante el gráfico de dispersión entre los residuos estandarizados (*ZRESID*) y los valores predichos estandarizados (*ZPRED*).



En la gráfica, los puntos se distribuyen de forma aleatoria alrededor de la línea horizontal de referencia (Y = 0), sin evidenciar una estructura en forma de embudo ni patrones sistemáticos. Este comportamiento indica que el modelo cumple con el supuesto de varianza constante de los errores (homocedasticidad). Asimismo, la ausencia de curvaturas notables indica la validez de la relación lineal entre las variables independientes y la variable dependiente, que en este caso corresponde al uso del transporte público.

Además, la prueba de Breusch–Pagan no fue significativa ($p > 0.05$), lo que apoya estadísticamente la conclusión visual de homocedasticidad. En conjunto, estos resultados permiten sostener que las estimaciones por MCO no presentan sesgos derivados de la presencia de heterocedasticidad.

Análisis de los errores.

El estadístico DW fue de 1.98, valor que se encuentra dentro del rango aceptado (1.5–2.5) para asumir independencia de los errores. Este resultado indica que no existe autocorrelación entre los residuos, lo cual es un requisito esencial para apoyar la eficiencia de los estimadores. La independencia de los errores observa que los residuos de una observación no influyen en los de otra, condición particularmente importante en estudios de movilidad urbana donde las observaciones podrían agruparse espacialmente.

La colinealidad.

El modelo fue evaluado para asegurar que no hay colinealidad y fue evaluada mediante los factores de inflación de varianza (VIF) y los índices de tolerancia.

En todos los casos, los valores VIF fueron inferiores a 1.5 y tolerancias mayores a 0.75, lo cual indica que no existen problemas de colinealidad entre las variables explicativas. Este resultado asegura que los coeficientes estimados no presentan distorsiones por redundancia entre predictores, lo que permite interpretar el efecto de cada una de las variables de forma aislada sobre el uso del transporte público.

Desde la perspectiva teórica, estos resultados son coherentes con la literatura, donde se reconoce que las características socioeconómicas influyen de forma diferenciada en los patrones de movilidad (Cervero & Murakami, 2010; De Oña & De Oña, 2015). La ausencia de colinealidad también fortalece la validez de los signos observados en los coeficientes, lo que refuerza la consistencia del modelo con las expectativas teóricas planteadas.

Además, la evaluación de la significancia global del modelo mediante el análisis de varianza (ANOVA) confirmó la solidez estadística de la regresión. El estadístico $F=7.86$ con una significancia $p<0.001$ indica que el conjunto de once variables explicativas, incluidas socioeconómicas y características del viaje, contribuyen de manera conjunta y significativa a explicar la variación en el uso del transporte público.

Este resultado es consistente con que el modelo, en su conjunto, posee poder explicativo y que las relaciones observadas no son producto del azar. En términos metodológicos, un valor de *p* inferior a 0.05 permite rechazar la hipótesis nula de que todos los coeficientes son iguales a cero, indicando la relevancia de las variables seleccionadas para describir las diferencias observadas en el comportamiento modal de los individuos. Se resume la información en la siguiente tabla:

Validez General del Modelo MCO Variables Socioeconómicas

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Gl	Media Cuadrática	F	Sig. (p)
Regresión	5.244	11	1.311	7.862	0.000
Residual	16.659	100	0.167	—	—
Total	21.903	111	—	—	—

Analizar los intervalos de confianza al 95% (IC95%) de los coeficientes estimados permiten valorar la precisión y robustez de los efectos calculados. En todos los casos, los intervalos son relativamente estrechos, lo que refleja estabilidad en las estimaciones y una adecuada capacidad explicativa del modelo.

Análisis e Interpretación de Coeficientes Estimados

En términos generales, el ingreso muestra un efecto negativo y altamente significativo sobre la frecuencia de uso del transporte público, consistente con la sustitución hacia el vehículo privado en estratos de mayor ingreso. Asimismo, el número de camiones por trayecto exhibe un efecto positivo significativo, lo que es consistente con patrones de uso más intensivos.

La valoración del tiempo de recorrido presenta una asociación positiva marginal, lo que lleva a considerar que mejoras percibidas en la eficiencia temporal podrían asociarse con variaciones adicionales del uso.

Si bien aquí se presenta un resumen de los coeficientes, para el detalle completo de coeficientes, betas, significancias y diagnóstico de colinealidad, véase la tabla A4.38 y 39

Variable	B	t	p	Tolerancia	VIF
(Constante)	3.469	3.659	0.000	—	—
Edad	0.095	0.938	0.351	0.815	1.228
Género	0.365	1.652	0.101	0.884	1.132
Ingreso	-0.448	-3.823	0.000	0.793	1.261
Escolaridad	-0.141	-1.046	0.298	0.884	1.131
Ocupación	-0.051	-0.507	0.613	0.937	1.067
Características del viaje:					

Número de camiones por trayecto	0.376	2.096	0.038	0.704	1.420
Tiempo promedio del trayecto	-0.006	-0.035	0.972	0.632	1.582
Tiempo de espera	-0.035	-0.266	0.791	0.869	1.151
Cómo califica el tiempo de recorrido	0.337	1.786	0.077	0.670	1.493
Cómo califica el tiempo de espera	-0.122	-0.654	0.514	0.708	1.413
Combinado BRT	-0.162	-1.436	0.154	0.882	1.133

Estos resultados son consistentes con las tendencias reportadas en otros estudios sobre movilidad urbana (Litman, 2022; Guzmán et al., 2019), donde las características operativas del viaje se asocian con patrones de uso del transporte público.

La significancia de los coeficientes ($p < 0.05$ en las variables clave) respalda la validez de las relaciones observadas y es consistente en capturar de manera adecuada los efectos socioeconómicos en el comportamiento modal.

El análisis de los supuestos clásicos observa que el modelo MCO estimado para las características socioeconómicas es estadísticamente robusto y teóricamente consistente. No se detectan violaciones significativas a los supuestos de normalidad, homocedasticidad, independencia o colinealidad.

Los intervalos de confianza al 95% muestran precisión y los signos de los coeficientes son coherentes con la teoría de la movilidad urbana y la evidencia empírica regional. Por tanto, los resultados del modelo sirven como evidencia consistente con la relación entre variables socioeconómicas y el uso del transporte público en el contexto local estudiado.

5.5.2. *Modelo MCO: Índices*

En el análisis del uso del transporte público, los índices compuestos ofrecen una solución conceptual y metodológica robusta para representar variables multidimensionales que no pueden captarse completamente mediante indicadores simples. En este estudio se utilizan cuatro índices principales: Índice de accesibilidad, Índice de calidad percibida, Índice de movilidad crítica y el Índice de aceptación tecnológica. Al realizar el análisis con estos índices

se busca capturar aspectos estructurales y perceptivos del sistema de transporte que influyen conjunta y diferenciadamente en la frecuencia de uso.

Justificación del Uso de Índices

La accesibilidad se refiere al grado en que el sistema de transporte y la distribución espacial de oportunidades permiten que una persona alcance destinos de interés en tiempos razonables y con costos aceptables. Geurs y Van Wee (2004) distinguen cuatro componentes esenciales de la accesibilidad: uso del suelo, sistema de transporte, restricciones temporales e idiosincrasias individuales (edad, capacidades, horarios).

Para Geurs y Van Wee, un índice ideal de accesibilidad debe integrar estos componentes para reflejar la verdadera posibilidad de interacción entre persona y destino (Geurs & Van Wee, 2004). Esta forma sintética de medición es ampliamente usada en estudios urbanos y de movilidad porque permite comparar distintas zonas y escenarios bajo un solo marco (Geurs & Van Wee, 2004; Martin, Muñoz, Lee, 2020; también citado en Accessiblity Transport Appraisal OECD).

El índice de calidad percibida incluye las dimensiones subjetivas del servicio -comodidad, limpieza, puntualidad, información del sistema- que los usuarios evalúan como un paquete integrado.

En la literatura de satisfacción del transporte y calidad del servicio, esta aproximación compuesta ha sido empleada para explicar mejor la variabilidad en la satisfacción y la probabilidad de elección modal, ya que usar un índice en lugar de múltiples variables correlacionadas, disminuye el riesgo de multicolinealidad y se estabilizan las estimaciones (Eboli & Mazzulla, 2008; De Oña et al., 2014).

La dimensión identificada como movilidad crítica, resume las “fricciones del viaje”, es decir, los costos del recorrido (variabilidad de tiempo -espera y recorrido-, coordinación de transbordos, imprevisibilidad). Para efectos de este estudio, el Índice de Movilidad Crítica se

construye de tal forma que valores más altos pueden interpretarse como menores niveles de fricción del viaje y mayor confiabilidad operativa.

Es importante precisar que el término “crítica” no se refiere a una condición negativa del sistema, sino a la centralidad de esta dimensión en la experiencia de movilidad del usuario. Esta precisión es relevante para evitar interpretaciones semánticas inversas al constructo.

En la literatura de confiabilidad del transporte público es utilizada la base propuesta por la Federal Highway Administratio (FHWA), en esa agencia de transporte del gobierno de EEUU se usan índices como Planning Time Index (PTI) índice de confiabilidad que representa la cantidad adicional de tiempo que un viajero debe presupuestar para evitar retrasos inesperados o Buffer Time Index (BTI), que capturan cuán nerviosos son los usuarios ante demoras y cuánta cobertura de tiempo deben considerar para no llegar tarde (FHWA, 2012; Gopi et al., 2024).

El índice de aceptación tecnológica se encuadra en la teoría del uso de la tecnología, particularmente al modelo UTAUT (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology) modelo teórico para explicar adopción y uso de tecnologías (Venkatesh et al., 2003) propone que la intención de uso y el uso real dependen de construcciones como *performance expectancy* (expectativa de desempeño), *effort expectancy* (expectativa de esfuerzo), *influence social* y *facilitating conditions* (condiciones facilitadoras) (Venkatesh et al., 2003).

Varios estudios aplicados al transporte han adaptado UTAUT o UTAUT2 para explicar la adopción de tecnologías de movilidad (apps, GPS, sistemas de pago, etc.) (Korkmaz et al., 2022; Pak et al., 2023). En ese sentido, un índice sintetiza esas múltiples dimensiones perceptivas en una sola variable explicativa con sentido conductual.

Ventajas Metodológicas del Enfoque con Índices

El uso de índices reduce la cantidad de regresores independientes, lo que ayuda a mantener la parsimonia del modelo y evita sobredimensionamientos automáticos. Además, al

condensar información de varios indicadores correlacionados en una variable compuesta, se mitiga el riesgo de multicolinealidad.

De Oña et al. (2014) han señalado que esta estrategia mejora la estabilidad de los coeficientes y facilita la interpretación respecto a los efectos generales del atributo. Asimismo, los índices permiten comparar escenarios y zonas según una métrica uniforme, lo que resulta útil para aplicar políticas diferenciadas.

El enfoque con índices ya ha sido adoptado en estudios de transporte urbano para evaluar impactos de mejoras de servicio, desigualdades espaciales y efectos de intervención. Por ejemplo, modelos de predicción de uso público han usado índices de accesibilidad para discriminar áreas que mejoran en función de intervención de infraestructura (Rodríguez & Targa, 2004; Cervero, 2013). En estudios de satisfacción del usuario se utilizan índices de calidad o percepción como regresores clave para explicar la frecuencia del uso (Eboli & Mazzulla, 2008).

Desarrollar modelos MCO con índices compuestos en el modelo multivariado permite traducir mejoras simultáneas en accesibilidad, confiabilidad, calidad y tecnología en efectos de uso del transporte público, de forma más robusta y comparativa que usar variables aisladas sin control por redundancia.

El modelo de regresión lineal múltiple (MCO) con índices compuestos se utiliza para representar fenómenos del transporte público ya que son inherentemente multidimensionales y en lugar de analizar cada indicador de forma aislada -como frecuencia, tiempos, comodidad, o nivel de adopción tecnológica-, el uso los índices permite condensar la información relevante en variables agregadas que reflejan de manera más robusta la interacción entre las percepciones del usuario y las condiciones operativas del sistema.

Especificación del Modelo y Ecuación Por Estimar

El modelo estimado bajo mínimos cuadrados ordinarios (MCO) se expresa como:

$Y_i=\beta_0+\beta_1$Índice_accesibilidad$_i+\beta_2$Índice_calidad$_i+\beta_3$Índice_movilidad_crítica$_i+\beta_4$Índice_aceptación_tecnológica$_i+\varepsilon_i$

donde:

Y_i : frecuencia de uso del transporte público por individuo i.

Índice_accesibilidad$_i$: medida de oportunidad espacial y temporal de acceso.

Índice_calidad$_i$: percepción integrada de desempeño del servicio.

Índice_movilidad_crítica$_i$: indicador de confiabilidad del viaje, construido de manera que valores más altos reflejan menor fricción (tiempos de espera, variabilidad, trasbordos).

Índice_aceptación_tecnológica$_i$: predisposición a usar herramientas digitales asociadas al transporte.

ε_i: término de error aleatorio, de media cero y varianza constante.

Expectativas de signo y justificación teórica

Los signos esperados a priori según su fundamentación teórica y empírica se resumen para cada variable:

Variable Independiente	**Signo Esperado**	**Fundamentación Teórica y Empírica**
Índice de accesibilidad	Positivo	A mayor accesibilidad (espacial y temporal), aumenta la probabilidad de uso, pues los costos de acceso se reducen y se amplía la cobertura de viajes posibles (Geurs & Van Wee, 2004; Cardoza Mata, 2023; Alvarado, 2016).
Índice de calidad percibida	Positivo	La percepción de mayor calidad se asocia con mayor satisfacción y lealtad modal; usuarios satisfechos tienden a mantener su uso del transporte público (Eboli & Mazzulla, 2008; ITDP México, 2022).
Índice de movilidad crítica	Positivo	Menores fricciones y mayor confiabilidad de tiempos -viaje/espera- reducen el riesgo percibido,

		promoviendo mayor uso (FHWA, 2012; SEMOVI, 2020).
Índice de aceptación tecnológica	Positivo	La adopción de herramientas tecnológicas (apps, pago electrónico, información en tiempo real) mejora la percepción de eficiencia y promueve el uso sostenido (Venkatesh et al., 2003; Gobierno de México, 2024; Korkmaz et al., 2022).

El modelo MCO de índices se configura como un marco de análisis integrador, que combina dimensiones operativas, perceptivas y tecnológicas para explicar el comportamiento de uso del transporte público. Cada índice sintetiza múltiples factores subyacentes y permite evaluar, de manera coherente, cómo intervenciones sistémicas -como mejoras en accesibilidad, digitalización de servicios o reducción de tiempos de viaje- pueden asociarse con variaciones de uso.

El enfoque metodológico empleado alinea el análisis con las recomendaciones contemporáneas de planificación urbana sustentable, orientadas a políticas de movilidad centrada en el usuario, tal como promueve la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU, 2023) en su Guía para la Evaluación de la Movilidad Urbana Sostenible.

Validez Estadística del Modelo MCO de Índices

El modelo de regresión lineal múltiple estimado presenta un ajuste adecuado y cumple con los supuestos estadísticos esenciales para sustentar la confiabilidad de sus resultados.

Bondad de ajuste y significancia global

Los resultados del modelo muestran un coeficiente R de 0.475, lo que indica una relación moderada entre los índices explicativos y la variable dependiente -frecuencia de uso del transporte público-. El coeficiente de determinación (R^2) asciende a 0.228, aproximadamente 22.8% de la variabilidad en el uso del transporte público puede ser explicada

por los cuatro índices analizados (accesibilidad, calidad, movilidad crítica y aceptación tecnológica).

Aunque este valor no es elevado, es teóricamente consistente con modelos nodales de transporte urbano, donde factores perceptivos y operativos explican proporciones moderadas de la variabilidad del uso, dada la influencia de otras dimensiones no observadas como hábitos, contexto urbano o ingresos (Eboli & Mazzulla, 2008; Geurs & Van Wee, 2004).

El modelo globalmente significativo, según la prueba de ANOVA, con un valor de $F=18.0199$ y una significancia de $p<0.001$, indicando que, en conjunto, los índices explicativos mejoran de forma estadísticamente significativa la predicción de la variable dependiente respecto a un modelo sin predictores. Este resultado respalda la validez estadística general del modelo y su pertinencia para analizar el comportamiento de uso.

Resumen de bondad de ajuste y validez global del modelo MCO de Índices

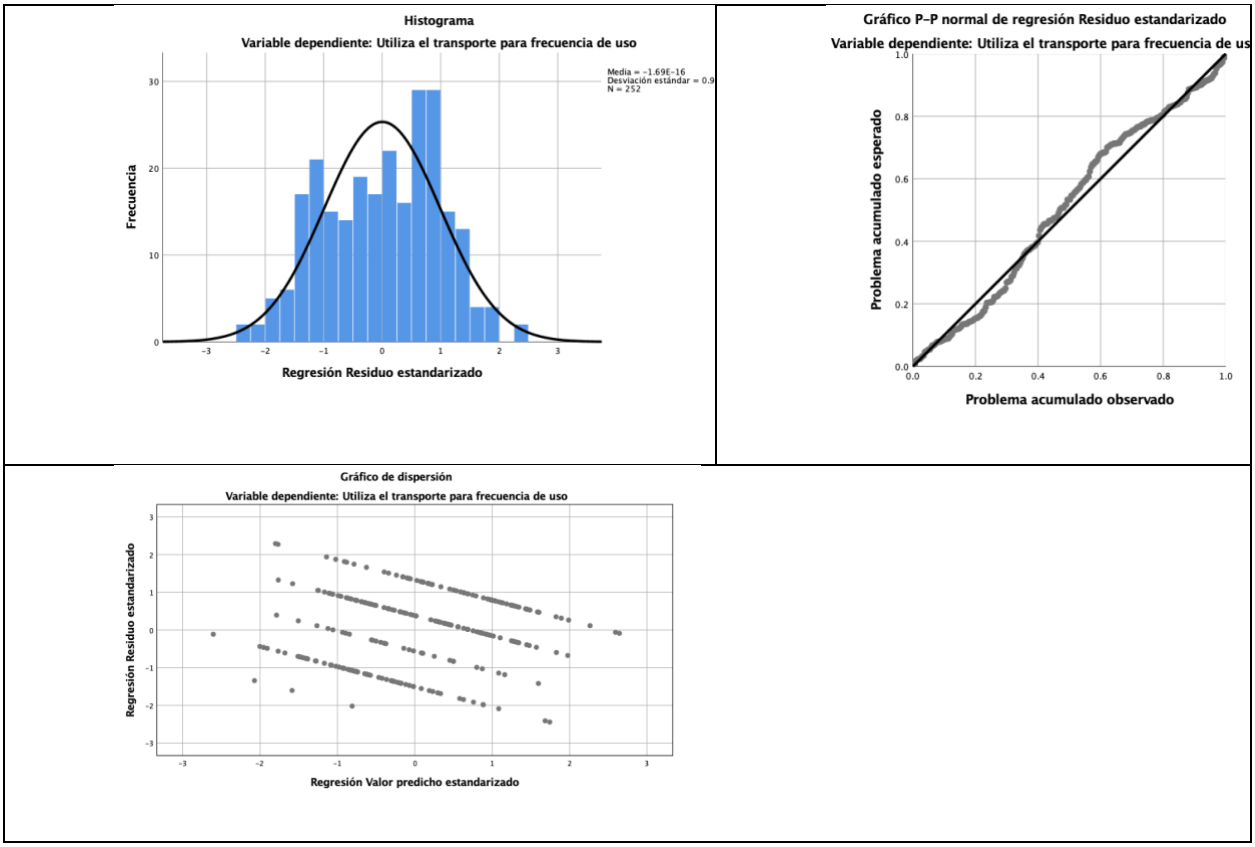
Estadístico	**Valor**	**Interpretación**
R	0.475	Correlación múltiple moderada entre las variables explicativas y el uso del transporte público.
R^2	0.228	El modelo explica el 22.6 % de la variabilidad del uso del transporte público.
F (4, 247)	18.0199	Significativo ($p < 0.001$); los predictores en conjunto mejoran la capacidad explicativa del modelo.
p (ANOVA)	< 0.001	Indica la significancia global del modelo.
Durbin-Watson (DW)	2.1166	Evidencia independencia de errores (sin autocorrelación residual).

Independencia de errores

El estadístico DW es 2.1166 y se encuentra dentro del rango aceptado ($1.5 < DW < 2.5$), lo cual indica ausencia de autocorrelación serial entre los residuos del modelo (Gujarati & Porter, 2009). Este resultado es esencial para validar la independencia de las observaciones y

es consistente en que los errores no presentan patrones sistemáticos que comprometan la estimación de los coeficientes.

Gráficamente, el análisis de residuos estandarizados (ZRESID) frente a valores predichos (ZPRED) muestra una distribución aleatoria sin patrones de embudo, lo que sustenta la homocedasticidad. Asimismo, el histograma de residuos y el gráfico P–P de normalidad evidencian una distribución aproximadamente normal, compatible con los supuestos del MCO.



Diagnóstico de colinealidad

Los resultados de tolerancia y VIF indican que no existen problemas de multicolinealidad entre los índices. Los valores de tolerancia se encuentran entre 0.65 y 0.93, y los valores de VIF oscilan entre 1.08 y 1.53, muy por debajo del umbral crítico de 5 recomendado por Hair et al. (2010). Esto significa que los índices aportan información diferenciada al modelo y que no existe redundancia significativa entre ellos.

Esta ausencia de colinealidad es relevante, ya que los índices fueron construidos a partir de diferentes dimensiones (operativa, perceptiva y tecnológica) con correlaciones moderadas, lo que refuerza la solidez estructural del modelo. A continuación, se hace un resumen de IC95%, tolerancia, VIF y valores B con su significancia:

Coeficientes, significancia e indicadores de colinealidad del modelo MCO de Índices

Variable	**Beta**	**t**	**p**	**IC 95 % (LI–LS)**	**Tolerancia**	**VIF**
Constante	—	0.29	0.77	—	—	—
Índice de accesibilidad	−0.082	−1.21	0.227	[−0.079, 0.019]	0.93	1.08
Índice de calidad percibida	0.014	0.21	0.835	[−0.083, 0.102]	0.89	1.12
Índice de movilidad crítica	0.462	4.09	<0.001	[0.132, 0.219]	0.65	1.53
Índice de aceptación tecnológica	−0.107	−1.72	0.086	[−0.034, 0.002]	0.71	1.41

Los IC95% indican la estabilidad de los coeficientes estimados. En particular, el índice de movilidad crítica presenta un intervalo estrecho [0.132, 0.219] y excluye el cero, lo que refuerza su significancia estadística y robustez como predictor principal del modelo. En contraste, los demás índices (accesibilidad, calidad y aceptación tecnológica) presentan intervalos que incluyen el cero, lo cual sugiere efectos débiles o marginales bajo la configuración actual del modelo.

Estos resultados son congruentes con los hallazgos teóricos previos en transporte urbano, donde la confiabilidad del viaje -representada aquí por la movilidad crítica- suele tener el efecto más fuerte en la decisión de uso cotidiano (FHWA, 2012; SEMOVI, 2020; Geurs & Van Wee, 2004).

Los resultados muestran que el modelo cumple con los supuestos del MCO (homocedasticidad de errores, no multicolinealidad, independencia residual y significancia global) y, por lo tanto, explicar la frecuencia de uso del transporte con índices resulta

metodológicamente coherente para entender sustantivamente el uso del transporte a partir de indicadores compuestos de accesibilidad, calidad, movilidad y aceptación tecnológica.

Análisis e Interpretación de Coeficientes MCO Índices

El resultado más robusto del modelo corresponde al índice de movilidad crítica (beta=0.462; p<0.001; IC95%= [0.132, 0.219]). El intervalo excluye con holgura el cero, lo que indica estabilidad y significancia.

Un incremento de una unidad en la movilidad crítica -esto es, reducción en la fricción del viaje- se asocia con un incremento en la frecuencia de uso del transporte público. Con la magnitud resultante (β=0.462) se posiciona como el predictor con mayor magnitud relativa dentro del modelo: en términos relativos, una desviación estándar adicional en movilidad crítica se relaciona con el mayor cambio esperado en la variable dependiente respecto a los demás índices.

Este resultado es consistente con la literatura de confiabilidad del viaje, donde la reducción de la variabilidad y el riesgo de atraso tiene impactos directos sobre el uso sostenido (y no solo sobre la satisfacción momentánea). Los resultados son consistentes con que mejorar la confiabilidad operativa -frecuencia, coordinación de trasbordos- presenta el mayor efecto marginal estimado dentro del modelo.

En el caso del índice de aceptación tecnológica, si bien no alcanza significancia estadística, su proximidad al umbral y el signo observado sugieren algunas hipótesis interpretativas útiles para el diseño de políticas y futuras especificaciones del modelo, pues parece indicar que la aceptación tecnológica por sí sola no compensa la fricción del viaje, pero indica que la digitalización eleva la experiencia del usuario cuando la operación del sistema es confiable.

El índice de calidad percibida debe matizarse, pues es relevante para la satisfacción y la imagen del sistema de transporte y su resultado es consistente con el hallazgo de que los

usuarios valoran comodidad, limpieza o seguridad, pero la decisión central de usar el transporte es la confianza de llegar a tiempo a su destino. El resultado no niega importancia a la calidad, pero sugiere que en este momento las mejoras a la calidad sin confiabilidad difícilmente rebasan el umbral de impacto en frecuencia.

Asociaciones para los Objetivos de la Investigación

Los resultados de este modelo aportan elementos para la priorización de estrategias de reingeniería del transporte público, ya que en primer lugar se observa que el mayor efecto marginal estimado en el uso del transporte es la confiabilidad -frecuencia, trasbordos-; en segundo lugar, el uso de la tecnología -apps, información tiempo real, sistema de pago-, pero sus efectos se activan cuando la operación es estable; en tercer lugar, la identificación de tácticas orientadas a la gestión de flota y regularidad del sistema.

5.5.3. *Modelo MCO: Herramientas Digitales*

Justificación Teórica

En el contexto de la transformación digital de las ciudades contemporáneas, la incorporación de herramientas tecnológicas en la gestión del transporte público puede interpretarse como un pilar fundamental de la gobernanza digital y la innovación institucional. Este enfoque se asocia con una nueva forma de coordinación entre política pública, tecnología y ciudadanía, donde la información digital se convierte en un instrumento para mejorar la eficiencia, la calidad percibida y la aproximación a la sostenibilidad percibida urbana (OCDE, 2020; ONU-Hábitat, 2022).

En este marco, el modelo de herramientas digitales propuesto busca analizar en qué medida las percepciones de los usuarios sobre los efectos de la digitalización del sistema -como la mejora en la puntualidad, accesibilidad, calidad, facilidad de uso y seguridad- inciden sobre la frecuencia y continuidad en el uso del transporte público.

De acuerdo con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2020), la digitalización del transporte público no solo permite optimizar la toma de decisiones y la asignación de recursos, sino que también redefine la experiencia del usuario al integrar servicios inteligentes de información, planificación y pago.

Estas innovaciones fortalecen la relación entre los ciudadanos y el sistema de transporte, relacionado con entornos urbanos más sostenibles y participativos (CAF, 2023; UIT, 2021). Por ello, comprender el impacto de las herramientas digitales -como las aplicaciones móviles, los sistemas de monitoreo en tiempo real y las plataformas de retroalimentación ciudadana- resulta esencial para evaluar la efectividad de las políticas tecnológicas aplicadas a la movilidad urbana.

La literatura internacional coincide en que la adopción tecnológica en el transporte público se asocia con mejoras significativas en la calidad percibida del servicio, la puntualidad, la seguridad y la confianza del usuario (ITDP, 2018; UNECE, 2022; Eboli & Mazzulla, 2012). Estas mejoras generan externalidades positivas al incentivar una mayor disposición a utilizar el transporte público y reducir la dependencia del vehículo particular.

En este sentido, el análisis econométrico permite cuantificar el grado en que la percepción ciudadana sobre las mejoras digitales se asocia en cambios en el comportamiento de movilidad, fortaleciendo la comprensión empírica de la gobernanza digital en el ámbito del transporte (Papa & Lauwers, 2015).

El modelo parte del uso del transporte como variable dependiente, medida por la frecuencia de uso del transporte público, y se explica mediante un conjunto de variables perceptuales derivadas de la interacción tecnológica del usuario con el sistema.

Entre ellas destacan: percepción de mejora en la puntualidad, mejora percibida en la calidad del servicio, facilidad para acceder a la información y a las rutas, simplicidad en el uso de las herramientas digitales, confianza en el manejo de datos personales, percepción sobre el

costo del servicio, intención de incrementar su uso, sensación de seguridad tecnológica, preferencia declarada por sistemas digitalizados, percepción de mejora en la movilidad general y otras vinculadas con el rediseño urbano y la relación precio-calidad.

Estas variables permiten capturar las dimensiones operativas y perceptuales de la gobernanza digital, entendida como la capacidad institucional y tecnológica para responder a las expectativas del ciudadano mediante sistemas de movilidad más eficientes, confiables y seguros (CAF, 2023; OCDE, 2020; UIT, 2021).

Desde el punto de vista teórico, este modelo se sustenta en el enfoque de movilidad inteligente (smart mobility), el cual promueve la integración entre infraestructura física, plataformas digitales y comportamiento del usuario (Benevolo et al., 2016; Papa & Lauwers, 2015). Los estudios sobre sistemas inteligentes de transporte (ITS) han demostrado que la combinación de información en tiempo real, seguridad digital y facilidad de uso incrementa significativamente la confianza y el uso continuo del sistema (ONU-Hábitat, 2022; CAF, 2023).

En el caso latinoamericano, ciudades como Bogotá, Santiago y Curitiba han reportado aumentos en la eficiencia y satisfacción del usuario gracias a la implementación de soluciones digitales integradas en sus sistemas de transporte (ITDP, 2018; CAF, 2023).

Con este respaldo teórico y empírico, el modelo de herramientas digitales busca comprobar empíricamente que, para el caso de Ciudad Juárez, una mayor integración tecnológica, acompañada de percepciones positivas del usuario sobre la accesibilidad, seguridad y facilidad de uso, se asocia en una mayor frecuencia de utilización del transporte público.

Este enfoque contribuye a fortalecer la gestión digital del transporte y apoya el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 9 y 11, al vincular innovación, infraestructura y ciudades sostenibles (ONU, 2019); por tanto, La regresión lineal múltiple aplicada a estas variables permite establecer de manera cuantitativa la relación entre

innovación tecnológica, confianza del usuario y movilidad urbana eficiente, consolidando un marco empírico robusto para el estudio de la gobernanza digital en el transporte público.

Modelo Propuesto

Respaldado en este marco teórico, se construyó un modelo que estima la siguiente ecuación:

$$Y_i=\beta_0+\beta_1(Mej_Puntua_i)+\beta_2(Mej_Calidad_i)+\beta_3(Mej_Acces_i)+\beta_4(MasFacil_i)+\beta_5(Privacidad_i)+\beta_6(MasPrecio_i)+\beta_7(UsarMas_i)+\beta_8(MasSeguro_i)+\beta_9(Preferire_i)+\beta_{10}(MejMovili_i)+\beta_{11}(Rediseno_i)+\beta_{12}(RelP_Q_i)+\beta_{13}(Hospitales_i)+\beta_{14}(Trab_Escs_i)+\beta_{15}(Esparce_i)+\beta_{16}(Opinion_i)+\varepsilon_i$$

donde:

Y_i: mide uso del transporte público, en escala continua (frecuencia o disposición de uso).

X_j: capturan las dimensiones percibidas del impacto de las herramientas digitales sobre la calidad, accesibilidad, seguridad, confianza y percepción general del sistema.

ε_i: término de error aleatorio.

A continuación, se presenta la tabla que sintetiza el signo esperado de cada variable según su relación teórica con el uso del transporte público y las herramientas digitales. Las expectativas se basan en literatura de gobernanza digital, movilidad inteligente y percepción de calidad (CAF, 2023; ONU-Hábitat, 2022; ITDP, 2018; Eboli & Mazzulla, 2012; Papa & Lauwers, 2015).

Resumen de los Signos Esperados A Priori

Variable	**Signo Esperado**	**Fundamentación Teórica**
Mej_Puntua	(+)	La mejora en la puntualidad es uno de los efectos esperados de la digitalización y el monitoreo de flota, lo que incrementa la confianza del usuario (CAF, 2023; UIT, 2021).

Mej_Calidad	(+)	Las herramientas digitales fortalecen la percepción de calidad del servicio mediante información en tiempo real y respuesta ágil (OCDE, 2020; ITDP, 2018).
Mej_Acces	(+)	Una mayor accesibilidad digital (aplicaciones, rutas y horarios disponibles) reduce las barreras informativas y fomenta el uso (ONU-Hábitat, 2022).
MasFacil	(+)	La facilidad de uso y comprensión de los medios digitales aumenta la aceptación y uso del sistema (Venkatesh et al., 2003).
Privacidad	(+/−)	Se espera un efecto ambiguo: una mejor gestión de datos puede aumentar la confianza, pero también generar cautela si se perciben riesgos (OCDE, 2020).
MasPrecio	(−)	Si el usuario percibe un aumento de precio asociado al uso digital (tarifas o costos indirectos), puede reducir su disposición de uso (CAF, 2023).
UsarMas	(+)	Representa la intención declarada de usar más el sistema tras mejoras tecnológicas; teóricamente positiva (ITDP,

Validez Estadística del Modelo MCO Herramientas Digitales

El modelo presenta una $R = 0.323$ y un $R^2 = 0.104$, un 10.4% de la variación en la variable dependiente se explica por el conjunto de percepciones sobre herramientas digitales incluidas en el modelo, y que, tras penalizar por el número de predictores, el porcentaje explicativo efectivo se mantiene en 7.0%.

Si bien el tamaño del efecto puede considerarse bajo o moderado (esperable en estudios de corte perceptual y transversal), el ajuste es estadísticamente significativo y útil para contrastar las hipótesis del estudio. El nivel de R^2 es consistente con estudios de naturaleza perceptual y transversal, donde múltiples factores no observados influyen en el comportamiento

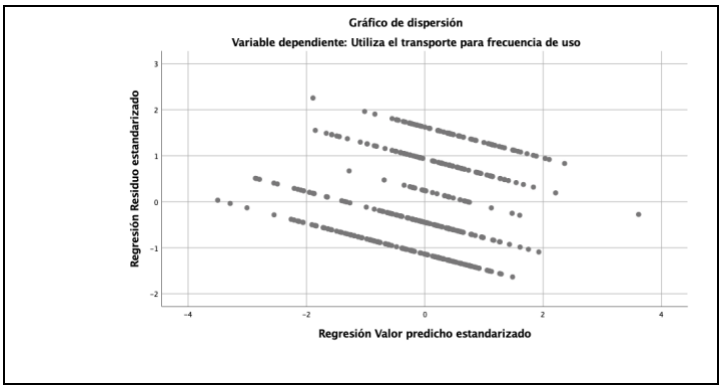
de uso, por lo que el interés del modelo se centra en la significancia y dirección de los coeficientes estimados más que en su capacidad explicativa total.

La prueba F reporta 3.092 con $p<0.001$, lo que indica que el conjunto de regresores mejora la predicción del uso del transporte comparado a la ausencia de ellos. En otras palabras, existe evidencia suficiente para afirmar que las percepciones asociadas a la digitalización (puntualidad, accesibilidad informativa, facilidad de uso, seguridad/privacidad, etc.) aportan información conjunta para explicar la frecuencia de uso del transporte público.

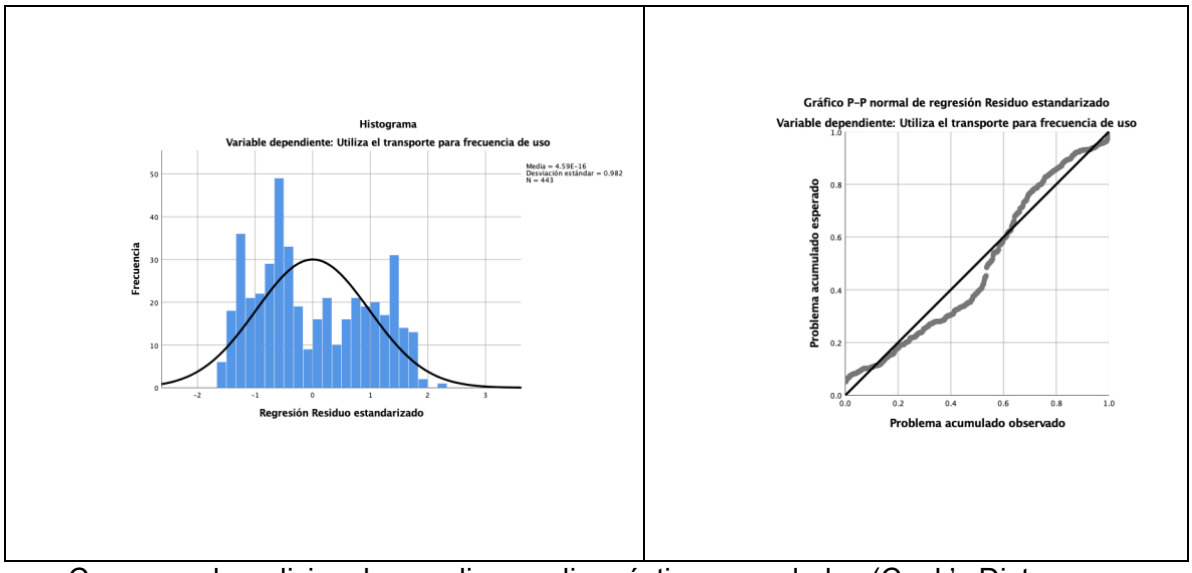
El estadístico Durbin-Watson se interpreta por valores cercanos a 2 y apoyan la independencia de los errores, y en este modelo el DW reportado es de 1.59, sugiriendo la independencia de errores en la estimación del modelo.

Los factores VIF y la tolerancia se mantienen en rangos adecuados, el VIF máximo observado es 2.64 y tolerancia de 0.38, la mayoría de predictores se sitúan entre 1.3 y 2.32 con tolerancia entre 0.43 y 0.77, lo que observa que no hay evidencia de problemas de multicolinealidad. Esto significa que los coeficientes estimados no están inflados de manera problemática por redundancia entre variables y que las inferencias por coeficiente son confiables.

Para analizar el supuesto de homocedasticidad, se presenta el gráfico de dispersión de residuos estandarizados comparado con los valores ajustados estandarizados y en el gráfico se muestra una nube sin patrones de abanico, lo que sugiere que la varianza del error es aproximadamente constante a lo largo de los valores pronosticados. La ausencia de un patrón de cono o embudo respalda el supuesto de comportamiento homocedástico.



Para analizar la independencia de los errores de la regresión, se analizan el histograma de residuos estandandarizados y la gráfica de probabilidad. En el análisis residual se observa una aproximación aceptable de normalidad con ligeras desviaciones en las colas, probables en las bases de datos producidas por encuesta, pero dada la muestra (n=500) el teorema del límite central y la robustez de MCO permiten concluir que no hay valoraciones críticas fuera que invaliden la normalidad, por tanto puede concluirse que no hay violaciones críticas que invaliden las pruebas t y F reportadas en la regresión.



Como prueba adicional se realizaron diagnósticos guardados (Cook’s Distance, leverage y residuos estudentizados) y no se identifican observaciones con influencia

desproporcionada, lo que sugiere que los resultados no dependen de casos atípicos y las conclusiones son estables.

Este análisis estadístico basado en R/R^2, prueba F, independencia de errores (DW), ausencia de multicolinealidad (VIF<3) y supuestos de homocedasticidad y normalidad razonablemente satisfechos, el modelo MCO de herramientas digitales es consistente para interpretar la contribución marginal de cada percepción tecnológica sobre el uso del transporte público. El ajuste explica una fracción acotada pero significativa de la varianza -coherente con estudios de aceptabilidad y percepción- y proporciona evidencia empírica útil.

Análisis e Interpretación de los Coeficientes

La Tabla de Coeficientes indica que, controlando por el resto de las percepciones, cuatro predictores muestran efectos estadísticamente significativos sobre el uso del transporte: acceso a información, respeto de datos personales, uso asociado a las aplicaciones (apps) y sistemas de cobro, preferencia modal. El resto de las percepciones (puntualidad, calidad, facilidad, seguridad, rediseño, relación precio–calidad, etc.) no alcanzan significancia al 5%, por lo que su contribución marginal se considera estadísticamente indistinguible de cero en este modelo.

“Utilizar herramientas digitales mejorará el acceso a la información” es la percepción de mayor impacto marginal (B=0.234, p=0.042) con efecto positivo y significativo, demostrando que un incremento de una unidad en la percepción de mejora de acceso a la información (p. ej., apps y tableros en tiempo real) se asocia con un incremento de 0.234 unidades en la escala de uso, manteniendo constantes los demás factores.

El IC95% no incluye el cero, indicando la estabilidad del signo. Este resultado es consistente con la literatura que vincula el uso de información confiable y oportuna con mayor disposición a usar el servicio y reducción de incertidumbre (UIT, 2021; CAF, 2023; ITDP, 2018).

En términos comparados, el tamaño estandarizado ubica a este predictor entre los efectos positivos relevantes, aunque no el mayor en magnitud absoluta.

“Al utilizar herramientas digitales me preocupará la privacidad personal” es la segunda percepción positiva y significativa (B=0.208, p=0.002), lo que es consistente con que la variable captura usuarios con disposición alta de uso de herramientas digitales y entienden el riesgo implícito del uso de herramientas digitales.

Este resultado tiene valor para entender usuarios que, aun siendo críticos de los riesgos, deciden adoptar la tecnología, permitiendo coexistir el riesgo de uso pero con aumento en la calidad del servicio. (OCDE, 2020; CEPAL, 2021). El IC95% totalmente positivo indica la robustez de esta relación.

“Usaré más el transporte si se utilizan herramientas digitales” tiene significancia estadística (B=-0.189, p=0.017) y una relación negativa dado que el ítem mide una intención condicional y el signo negativo puede interpretarse como evidencia de una discrepancia entre intención declarada y comportamiento actual, lo cual se configura como una hipótesis interpretativa que requiere validación adicional. El IC95% íntegramente negativo descarta que sea ruido y indica esta percepción entre uso futuro y actual.

“Si se utilizan herramientas digitales preferiré el transporte sobre otras opciones” es una percepción interesante por su signo negativo ($B=-0.293$, $p<0.001$), pues esta variable formula una comparación explícita con otros modos de transporte y su signo sugiere que quienes declaran que preferirán el transporte público frente a sus otras opciones, al no ver materializados los beneficios funcionales de las herramientas digitales este predictor puede entenderse como una preferencia rezagada del comportamiento.

La evidencia internacional muestra fenómenos similares cuando actitudes globales se modelan junto a atributos operativos concretos (Eboli & Mazzulla, 2012; Papa & Lauwers, 2015).

Comparación de magnitudes (β estandarizados)

En términos de betas estandarizados, el orden de importancia es, preferiré sobre otras opciones (0.222), preocupación de seguridad (0.160), utilizaré más con herramientas digitales (0.143), y acceso a información (0.141). Estos dos últimos con signo negativo y consistente con la idea planteada que más que declararlo, los usuarios están a la espera de evidencia de uso. Este comportamiento está documentado con estudios de reducción de asimetrías con mecanismos mediante los cuales la digitalización impacta el uso del transporte (UIT, 2021; CAF, 2023).

Impacto en la demanda de transporte público derivado de las herramientas digitales

El análisis del modelo de herramientas digitales permite no solo identificar la significancia estadística de los coeficientes estimados, sino también cuantificar el impacto potencial que las mejoras en determinadas percepciones tecnológicas podrían tener sobre el uso continuo del transporte público.

De los dieciséis predictores evaluados, únicamente dos variables presentan efectos positivos y estadísticamente significativos: mejorará el acceso a la información y me preocupa mi privacidad. Ambas dimensiones reflejan los componentes sustantivos de la gobernanza digital y la madurez tecnológica del usuario, pues vinculan directamente la confianza, la transparencia y la disponibilidad de información con la decisión de utilizar el transporte público de manera habitual (OCDE, 2020; CAF, 2023; UIT, 2021; ONU-Hábitat, 2022).

En el caso de la variable “mejorará el acceso a la información” el coeficiente estimado (B=0.234) indica que un incremento de una unidad en la percepción de disponibilidad y calidad de la información -por ejemplo, mediante la implementación de aplicaciones móviles con datos en tiempo real, tableros electrónicos o sistemas de notificación sobre horarios y trayectos- se asocia con un aumento de 0.234 unidades en el nivel de uso continuo del transporte público, manteniendo constantes las demás variables.

Este hallazgo coincide con la evidencia internacional que destaca el papel de la información como mecanismo de reducción de asimetrías y de aumento en la confiabilidad del sistema, lo cual incrementa la disposición de los usuarios a utilizar el transporte colectivo frente al vehículo privado (ITDP, 2018; UIT, 2021; CAF, 2023).

Este resultado sugiere que el fortalecimiento de las herramientas de información es consistente con efectos observables en la demanda, especialmente cuando se enfocan en la transparencia, la puntualidad y la comunicación efectiva con el usuario.

De manera complementaria, la variable “me preocupa mi privacidad personal” (B = 0.208, p = 0.002) presenta también un efecto positivo, indica que la confianza percibida en los mecanismos de protección de información personal actúa como un facilitador de uso y al reducir las barreras psicológicas y los temores asociados al intercambio de datos durante los procesos de pago, registro o seguimiento en línea.

Este escenario integrado es consistente empíricamente la hipótesis planteada de que la digitalización del transporte público, cuando combina transparencia informativa con confianza tecnológica, es consistente con efectos conjuntos sobre la adopción del sistema. Dicho efecto no responde únicamente a la introducción de tecnología, sino a su apropiación social, entendida como la percepción ciudadana de control, utilidad y fiabilidad de los servicios digitales (BID, 2020; CAF, 2023; ONU-Hábitat, 2022).

En el plano teórico, es importante destacar que estos hallazgos coinciden con la literatura sobre movilidad inteligente y gobernanza digital, que identifica tres mecanismos a través de los cuales la digitalización influye en la demanda de transporte público:

(1) la reducción de la incertidumbre operacional, mediante información accesible y actualizada;

(2) el fortalecimiento de la confianza y la seguridad digital, que legitima la interacción tecnológica entre usuarios e instituciones;

(3) la generación de externalidades positivas en la planificación urbana, al promover decisiones de movilidad más sostenibles (Papa & Lauwers, 2015; Benevolo et al., 2016; CAF, 2023).

Así, el modelo sugiere empíricamente que el impacto de las herramientas digitales en la eficiencia del transporte no se limita a la innovación técnica, sino que opera a través de procesos de gobernanza y percepción ciudadana, indicando el papel central de la digitalización confiable en la consolidación de sistemas de movilidad sostenible e inclusiva.

Aportación y Utilidad MCO Herramientas Digitales

El modelo de herramientas digitales se configura como una de las aportaciones metodológicas y analíticas relevantes de la presente investigación, al analizar empíricamente que la adopción tecnológica dentro del sistema de transporte público no solo responde a procesos de innovación institucional, sino que incide directamente en el comportamiento del usuario y en la eficiencia percibida del sistema.

Desde una perspectiva integral, el modelo permite comprender cómo la digitalización, entendida como el uso de plataformas, aplicaciones y sistemas de información en tiempo real, se convierte en un factor determinante de la experiencia de movilidad urbana y, por tanto, en un componente estructural de la gobernanza del transporte.

Su valor teórico radica en haber vinculado conceptos previamente tratados de manera independiente -como la gobernanza digital, la calidad del servicio y la accesibilidad- dentro de una misma estructura empírica, donde las variables tecnológicas se incorporan como predictores significativos del uso continuo del transporte público.

Este modelo responde a las tendencias internacionales que promueven la integración de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la planificación y operación de los sistemas de transporte, bajo marcos de referencia como la movilidad inteligente (Smart mobility) y gobernanza digital (OCDE, 2020; UIT, 2021; ONU-Hábitat, 2022).

Metodológicamente, el modelo indica su validez estadística mediante niveles de ajuste estadísticamente significativos, independencia de errores y ausencia de colinealidad significativa, lo que respalda la consistencia interna de los resultados.

Además, al incorporar variables de percepción digital -como la mejora en el acceso a la información y la confianza en la privacidad-, se amplía el alcance explicativo respecto a los modelos tradicionales centrados exclusivamente en características físicas o socioeconómicas.

El modelo sugiere que la madurez digital de los usuarios y la confianza en el sistema son factores medibles que influyen en el uso efectivo del transporte público, convirtiéndolo en un instrumento útil no solo para la interpretación de condiciones actuales, sino también para análisis prospectivos de mejora.

En términos prácticos, el modelo proporciona evidencia empírica relevante para el diseño de políticas públicas orientadas a fortalecer la integración tecnológica del transporte, pues sus resultados sugieren que el incremento en la calidad de la información en tiempo real y la garantía de privacidad digital se asocia con ajustes en la demanda diaria, lo cual se asocia con una mejor utilización de la infraestructura existente, una reducción en la dependencia del vehículo privado y, en consecuencia, en una disminución de la congestión y las emisiones urbanas.

Estos hallazgos permiten sentar bases para priorizar inversiones y orientarlas a componentes digitales de alto retorno social, como plataformas interoperables, tableros de control de flota, sistemas de notificación predictiva y mecanismos seguros de pago electrónico (CAF, 2023; BID, 2020).

Asimismo, el modelo aporta una capacidad prospectiva relevante, pues permite simular los impactos potenciales de intervenciones tecnológicas específicas en la demanda de transporte. Al estimar los cambios marginales en la frecuencia de uso ante mejoras en las percepciones digitales, el modelo se convierte en una herramienta analítica que puede ser

utilizada por planificadores urbanos, autoridades de movilidad y organismos multilaterales para priorizar estrategias de modernización digital basadas en evidencia empírica.

Esto puede interpretarse como un avance metodológico frente a enfoques descriptivos o normativos, ya que facilita la evaluación cuantitativa de la gobernanza digital y su efecto en la aproximación a la sostenibilidad percibida urbana.

Este modelo, al integrar la medición de la percepción digital en la comprensión del comportamiento de los usuarios, trasciende su utilidad estadística para convertirse en un referente de análisis aplicado.

La investigación aporta una nueva dimensión al estudio del transporte urbano en contextos latinoamericanos, donde los procesos de digitalización aún enfrentan desigualdades en acceso, confianza y capacidad institucional.

En este sentido, los resultados obtenidos sientan bases importantes para análisis de agenda pública de transporte centrada en la transparencia, la inclusión tecnológica y la participación ciudadana informada, elementos indispensables para construir sistemas de movilidad más eficientes, sostenibles y equitativos.

Estadísticos de Validez del Modelo

Indicador	**Valor**	**Interpretación**
R^2	0.104	El modelo explica el 10.4 % de la variabilidad en el uso continuo del transporte.
R^2 ajustado	0.070	Ajustado por número de predictores; mantiene consistencia moderada.
F (significancia global)	3.09 ($p < 0.001$)	El modelo es globalmente significativo; las variables explican en conjunto el uso del transporte.
Error estándar de la estimación	1.449	Margen de error aceptable; predicción confiable para datos perceptuales.
Durbin-Watson	1.59	No hay autocorrelación entre residuos; se cumple independencia de errores.

Tolerancia	> 0.40	No hay redundancia entre predictores; estabilidad en los coeficientes.
VIF	1.29 – 2.26	No existe multicolinealidad; los predictores son independientes.
Normalidad de residuos	Verificada (P–P Plot y histograma)	La distribución de errores es aproximadamente normal, cumpliendo los supuestos del modelo MCO.

Coeficientes Estandarizados y Signos Apriori

Variable	**Beta (estandarizado)**	**Significancia (p)**	**Signo**	**Interpretación**
Mejorará el acceso a la información	0.234	0.042	+	A mayor percepción de mejora informativa, mayor uso continuo del transporte.
Me preocupará la privacidad personal	0.208	0.002	+	La confianza y conciencia en el manejo de datos incrementa la propensión al uso.
Usaré más el transporte si hay herramientas digitales	–0.143	0.017	–	Refleja intención no realizada de usuarios potenciales, más que actuales.
Preferiré el transporte sobre otras opciones si hay herramientas digitales	–0.222	0.000	–	Muestra predisposición positiva en no usuarios actuales; potencial de atracción futura.

5.5.4. *Modelo MCO Constructo de Calidad*

Justificación Teórica

La calidad percibida se configura como uno de los pilares más relevantes en la comprensión del comportamiento de los usuarios y en la formulación de políticas de movilidad sostenible. En el marco de la gobernanza digital el concepto de calidad trasciende la simple prestación del servicio y se convierte en una medida integral de eficiencia, transparencia y capacidad de respuesta institucional ante las necesidades del ciudadano (OCDE, 2020; CAF, 2023).

Esta nueva visión asume que la calidad no se define únicamente por indicadores técnicos como frecuencia o puntualidad, sino también por percepciones subjetivas vinculadas con la experiencia del usuario, la interacción tecnológica y la confianza en la gestión pública (de Oña et al., 2013; Eboli & Mazzulla, 2012).

Desde la perspectiva teórica, la calidad percibida puede entenderse como la evaluación global que el usuario hace del servicio de transporte en función de la diferencia entre sus expectativas y la experiencia real obtenida (Parasuraman et al., 1988).

Este enfoque, derivado de la teoría SERVQUAL, ha sido adaptado al contexto del transporte público por múltiples autores (Eboli & Mazzulla, 2011; dell'Olio et al., 2018), quienes sostienen que la satisfacción y la lealtad del usuario dependen directamente de atributos tangibles (comodidad, limpieza, accesibilidad, seguridad) e intangibles (confianza, percepción de equidad, información disponible).

De este modo, la calidad percibida actúa como variable mediadora entre el desempeño operativo y la demanda real (Tyrinopoulos & Antoniou, 2008).

El avance hacia una movilidad inteligente ha ampliado la comprensión de este constructo. En contextos urbanos donde la digitalización permea los servicios públicos, la

calidad no solo se asocia a la infraestructura física, sino también a la infraestructura digital y de datos.

Según la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT, 2021) y ONU-Hábitat (2022), la gobernanza digital aplicada al transporte promueve la creación de sistemas inteligentes de gestión, basados en datos abiertos, interoperabilidad tecnológica y plataformas que permiten al ciudadano interactuar con el sistema de manera directa y en tiempo real. En consecuencia, la calidad percibida se convierte en una medida de la capacidad institucional para ofrecer mejores servicios centrados en el usuario.

Los estudios del Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2020) y la Corporación Andina de Fomento (CAF, 2023) muestran que la implementación de herramientas digitales (por ejemplo, aplicaciones móviles, sistemas de pago electrónico y plataformas de seguimiento de rutas) incide positivamente en la percepción de calidad, al reducir la incertidumbre y mejorar la accesibilidad a la información.

Este fenómeno se observa de manera consistente en ciudades que han apostado por una transformación digital del transporte público, como Bogotá, Santiago o Curitiba, donde la modernización tecnológica ha incrementado los niveles de satisfacción y confianza en el sistema (Hidalgo & Graftieaux, 2008; Muñoz & Gschwender, 2018).

Desde el punto de vista de economía del comportamiento, la calidad percibida también se relaciona con la decisión de uso del transporte. Cuando los usuarios perciben un servicio confiable, limpio, seguro y eficiente, tienden a aumentar su frecuencia de viaje y reducir su dependencia del vehículo privado (Eboli & Mazzulla, 2012; Redman et al., 2013).

Por tanto, la mejora en los indicadores de calidad percibida no solo refleja una gestión más eficiente, sino que se configura como una herramienta de política pública para fomentar una movilidad más sostenible y equitativa. En este sentido, la calidad del transporte puede verse como un puente entre los objetivos de eficiencia institucional y los de justicia social

urbana, ambos principios fundamentales de la gobernanza contemporánea (ONU-Hábitat, 2022).

La gobernanza digital establece que la participación tecnológica de los ciudadanos en los procesos de control y evaluación del transporte incrementa la rendición de cuentas y la legitimidad de las políticas públicas (OCDE, 2020).

En este contexto, la calidad percibida emerge como indicador clave de confianza institucional. Un sistema percibido como justo, transparente y tecnológicamente confiable motiva la adopción sostenida del transporte público. Así, la percepción de calidad no depende únicamente de los atributos físicos del servicio, sino también de la interacción digital instalada para la toma de decisiones (CAF, 2023; UIT, 2021).

La relación entre calidad percibida y satisfacción del usuario es un predictor directo de la demanda. Investigaciones en Europa y América Latina han demostrado que variables como puntualidad, seguridad, confort y atención al usuario tienen una elasticidad positiva sobre la satisfacción general, la cual, a su vez, determina la probabilidad de continuar utilizando el transporte público (Tyrinopoulos & Antoniou, 2008; dell'Olio et al., 2018; Guirao et al., 2016).

Por ello, la construcción de calidad y su modelo MCO de esta investigación responde a la necesidad de identificar qué dimensiones del servicio influyen más fuertemente en la percepción ciudadana y, por tanto, en la aproximación a la sostenibilidad percibida del sistema.

En términos metodológicos, el modelo propuesto permite medir cómo los diferentes indicadores asociados a la calidad percibida se relacionan entre sí y contribuyen a explicar las variaciones en la satisfacción y el uso del sistema.

La hipótesis subyacente plantea que una mejora de atributos de calidad genera ajustes en la satisfacción del usuario.

Este enfoque empírico se apoya en la literatura internacional que vincula los modelos de percepción de calidad con el análisis de eficiencia y gobernanza digital, proporcionando un

marco sólido para interpretar los resultados obtenidos en el contexto de Ciudad Juárez (CAF, 2023; UIT, 2021; Eboli & Mazzulla, 2012).

El modelo de calidad se configura como una herramienta para evaluar cómo las dimensiones perceptuales del servicio, fortalecidas por la digitalización y la gestión pública transparente, inciden en el comportamiento de los usuarios y en la aproximación a la sostenibilidad percibida del sistema.

Este marco teórico no solo contribuye a explicar los resultados econométricos, sino que orienta la toma de decisiones hacia políticas públicas centradas en la experiencia ciudadana y en la consolidación de una movilidad urbana más eficiente, justa y tecnológicamente integrada.

Variable dependiente: Índice sintético de calidad percibida

La variable dependiente del modelo (Índice de calidad) se construyó a partir de los ítems del cuestionario aplicados a usuarios del sistema de transporte público, agrupando las dimensiones de frecuencia de uso, comodidad, seguridad, puntualidad, cobertura, acceso y opinión general del sistema.

Cada ítem se midió en una escala tipo Likert de cinco puntos (1=completamente de acuerdo; 5=completamente en desacuerdo), y posteriormente se estandarizó para generar el índice mediante la media aritmética ponderada de los indicadores parciales asociados a la percepción de calidad.

Este enfoque metodológico se sustenta en la literatura que desarrolla modelización de calidad en transporte, donde la calidad percibida se entiende como una variable latente derivada de las evaluaciones subjetivas de los usuarios respecto a la prestación del servicio (de Oña et al., 2013; Eboli & Mazzulla, 2011; dell'Olio et al., 2018).

En estudios previos, los índices sintéticos permiten representar de manera integrada la experiencia de viaje y constituyen un insumo fundamental para estimar la satisfacción global y la lealtad hacia el sistema (Guirao et al., 2016; Redman et al., 2013).

El procedimiento adoptado responde a criterios de validez interna y consistencia teórica, sugiriendo que el índice refleje la percepción global de calidad manteniendo comparabilidad entre grupos. Además, este tipo de índices es común en investigaciones que evalúan eficiencia y gobernanza de transporte al facilitar su integración en modelos econométricos de regresión múltiple (OCDE, 2020; CAF, 2023; UIT, 2021).

En términos conceptuales, la calidad percibida puede interpretarse como la dimensión perceptual de gobernanza del transporte, vinculando las experiencias de los usuarios con los resultados de gestión institucional. Por ello, el índice de calidad no solo resume la satisfacción del usuario, sino que también refleja la capacidad institucional del sistema para proveer un servicio confiable, seguro y eficiente (BID, 2020; ONU-Hábitat, 2022).

Modelo de Calidad: Formulación, Variables y Expectativas Teóricas

La ecuación estimada se expresa como:

$$\text{Índice_Calidad}_i = \beta_0 + \beta_1(\text{Acceso rutas})_i + \beta_2(\text{Acceso paraderos BRT})_i + \beta_3(\text{Cobertura rutas})_i + \beta_4(\text{Cercanía hospitales})_i + \beta_5(\text{Cercanía trabajo/escuela})_i + \beta_6(\text{Cercanía esparcimiento})_i + \beta_7(\text{Horas/día en desplazamientos})_i + \beta_8(\text{Gasto semanal transporte})_i + \beta_9(\#\text{camiones por trayecto})_i + \beta_{10}(\text{Tiempo promedio de trayecto})_i + \beta_{11}(\text{Tiempo de espera})_i + \varepsilon_i$$

Donde:

Índice de calidad = índice sintético de calidad percibida

X_j = percepciones y métricas operacionales del servicio

ε_i = error de estimación

Variables y signos esperados a priori, con fundamento teórico

La teoría sugiere que atributos que reducen incertidumbre y fricción de viajes elevan la calidad percibida, mientras que tiempos y cargas de viaje reducen. Con base en la literatura

sobre calidad de servicio en transporte (Eboli & Mazzulla, 2011; 2012; de Oña et al., 2013; Redman et al., 2013), se plantean las expectativas:

Variable	Exp de Signo	Fundamento Teórico
Cómo califica el acceso a las rutas	(+)	Mejor acceso reduce fricción de uso, aumenta conveniencia percibida (Eboli & Mazzulla, 2011; de Oña et al., 2013).
Cómo califica el acceso a los paraderos del BRT	(+)	Proximidad/claridad de paradas eleva utilidad y control del viaje (Redman et al., 2013).
Cómo califica la cobertura de las rutas	(+)	Mayor cobertura amplía oportunidades de viaje y reduce trasbordos (Guirao et al., 2016).
Rutas cerca de hospitales/centros de salud	(+)	Acceso a servicios esenciales incrementa valoración social del sistema (ONU-Hábitat, 2022).
Rutas cerca de trabajo/escuela	(+)	Cercanía a destinos cotidianos eleva satisfacción (BID, 2020; CAF, 2023).
Rutas cerca de esparcimiento	(+)	Diversifica motivos de viaje y utilidad percibida (dell'Olio et al., 2018).
Total de horas al día en desplazamientos	(−)	Carga temporal elevada reduce calidad percibida (Eboli & Mazzulla, 2012).
Gasto semanal en transporte	(−)	Mayor costo percibido reduce evaluación global de calidad (Redman et al., 2013).
# Camiones por trayecto	(±)	Ambiguo: más oferta puede reducir espera, pero saturación/ruido pueden penalizar (depende contexto).
Tiempo promedio del trayecto	(−)	Viajes más largos penalizan la calidad (de Oña et al., 2013).
Tiempo de espera	(−)	Esperas prolongadas reducen confiabilidad y satisfacción (Eboli & Mazzulla, 2011).

Estas expectativas vinculan calidad, accesibilidad y desempeño operativo, coherentes con marcos de gobernanza digital y movilidad inteligente, donde información y cobertura reducen incertidumbre y mejoran la experiencia (OCDE, 2020; UIT, 2021; CAF, 2023).

Validez del Modelo Calidad

El resumen del modelo reporta R=0.844, R^2=0.712 y R^2 ajustado=0.689 con un error de estimación 0.187 y una F significativa (31.28, $p<0.001$) y un Durbin-Watson de 1.95, descartando autocorrelación.

Debe señalarse que el índice de calidad percibida incorpora dimensiones conceptualmente cercanas a algunas de las variables explicativas del modelo (acceso, cobertura y tiempos). En este sentido, los resultados deben interpretarse como una descomposición explicativa entre atributos relacionados del servicio, más que como una relación causal independiente entre variables.

Esta aproximación es consistente con la literatura de calidad percibida en transporte, donde los modelos buscan identificar la contribución relativa de distintas dimensiones del servicio dentro de un mismo constructo.

El modelo es globalmente significativo y en conjunto estos resultados indican que el modelo explica aproximadamente el 70% de la variación del Índice de calidad, lo cual es un nivel de ajuste considerado alto para datos de percepciones. El ANOVA indica esta significancia, por lo que el conjunto de regresores mejora de forma estadísticamente significativa la predicción del constructo de calidad frente a un modelo sin predictores.

El estadístico DW (1.95) se encuentra próximo a 2, lo que no sugiere correlación en los residuos. En términos prácticos, el supuesto de independencia de errores es razonable en estos datos transversales.

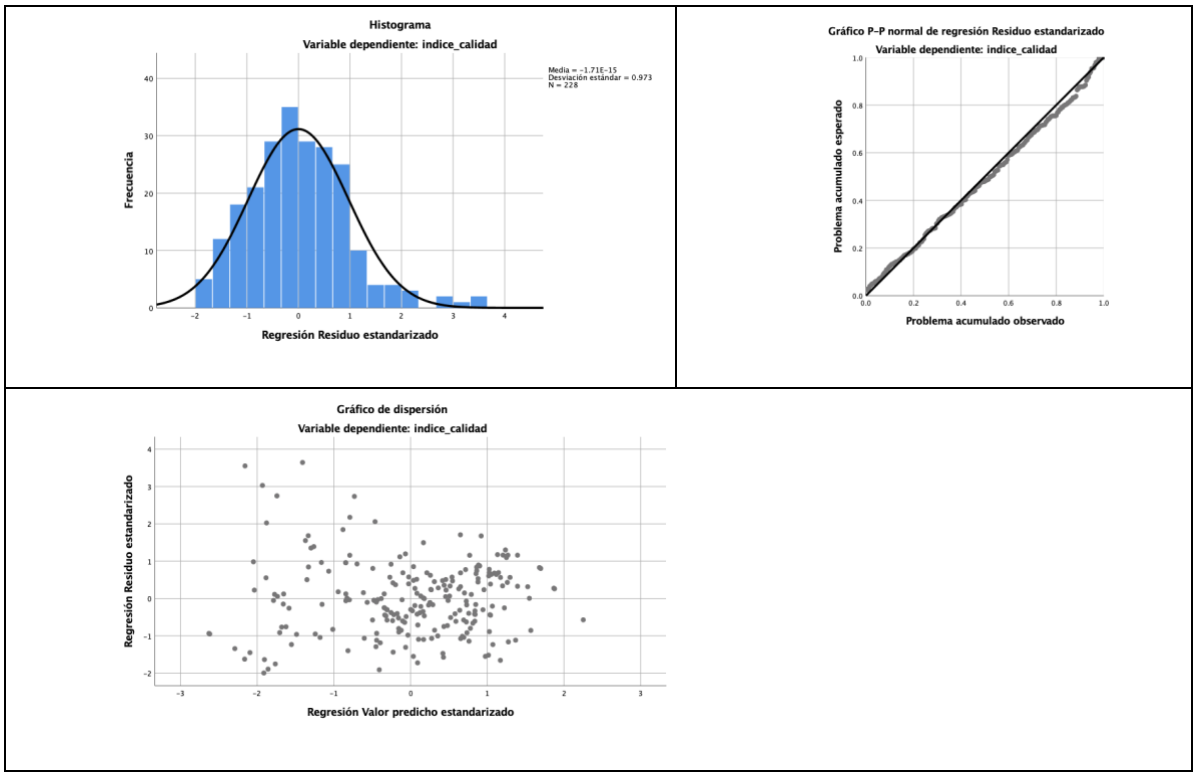
Los diagnósticos de multicolinealidad muestran tolerancias en el rango de 0.75-0.90 y VIF entre 1.1 y 1.4, valores muy por debajo de los umbrales de habituales (VIF > 5 o > 10), por

lo que no existe multicolinealidad severa. Los coeficientes son adecuados y las inferencias por parámetro son confiables.

Variable independiente	B	β (Estand.)	Tolerancia	VIF
Acceso a las rutas	0.184	0.249	0.798	1.253
Acceso a paraderos BRT	0.215	0.316	0.764	1.309
Cobertura de las rutas	0.264	0.097	0.751	1.331
Rutas cerca de hospitales	0.154	0.095	0.812	1.231
Rutas cerca de trabajo/escuelas	0.064	0.044	0.786	1.272
Rutas cerca de esparcimiento	0.020	0.012	0.801	1.248
Horas al día en desplazamientos	-0.120	-0.071	0.893	1.119
Gasto semanal en transporte	0.073	0.043	0.877	1.140
Número de camiones por trayecto	-0.013	-0.005	0.861	1.162
Tiempo promedio del trayecto	-0.006	-0.003	0.905	1.105
Tiempo de espera	0.340	0.263	0.899	1.112
Percepción de seguridad	0.319	0.289	0.874	1.144

Al realizar el análisis de consistencia la hipótesis de homocedasticidad se inspecciona el diagrama de dispersión de residuos estandarizados y se compara con los valores pronosticados estandarizados y no muestra patrón de abanico ni bandas crecientes/decrecientes, lo que sugiere varianza aproximadamente constante de los errores a lo largo de la predicción. En consecuencia, el supuesto de homocedasticidad queda respaldado.

Al analizar la normalidad de los residuos se revisa el histograma de residuos estandarizados y la gráfica normal y ambos resultados muestran aproximación razonable a la distribución normal con pequeñas desviaciones en colas que no comprometen las pruebas t y F dada la muestra. Bajo el TCL y la robustez de MCO, la normalidad de residuos es aceptable para la inferencia.



Adicionalmente se hizo la revisión de Cook's Distance, Leverage y residuos estudentizados y no identifica casos con influencia desproporcionada. Por tanto, los resultados no dependen de observaciones atípicas y las conclusiones son estables.

Con estos estadísticos -alto R^2, F global significativa, independencia de errores, ausencia de colinealidad y supuesto de homocedasticidad y normalidad- los resultados son consistentes con la especificación del modelo y conceptualmente congruente con la teoría, resaltando que atributos que reducen incertidumbre e incrementan accesibilidad operan como palancas de calidad percibida y el desempeño (tiempos y cargas de viaje) penaliza su valoración, de manera alineada con la literatura de calidad del servicio en transporte público.

Adicional a lo analizado, puede agregarse que los intervalos de confianza IC95% del modelo presentan resultados robustos, lo que indica la estabilidad del signo y magnitud de efectos.

Bondad de ajuste y validez global del modelo MCO de Calidad

Estadístico	Valor	Interpretación
R	0.844	Correlación alta entre el índice de calidad y las variables explicativas.
R^2	0.712	El 71.2 % de la variabilidad en la calidad percibida se explica por las variables del modelo.
R^2 ajustado	0.689	El ajuste sigue siendo sólido tras considerar el número de predictores.
Error estándar de estimación	0.187	Baja dispersión de los residuos, coherente con una buena precisión predictiva.
F (ANOVA)	31.28	Prueba global de significancia del modelo.
p (Sig. F)	0.000	El modelo es globalmente significativo ($p < 0.001$).
Durbin–Watson (DW)	1.95	No existe autocorrelación de errores (valor cercano a 2).

Análisis e Interpretación de los Coeficientes del Modelo

El modelo de regresión lineal múltiple para el constructo calidad percibida tiene ajuste estadísticamente sólido ($R^2 = 0.712$; $F = 31.28$; $p < 0.001$) y muestra que la percepción de calidad de los usuarios del transporte público está relacionada principalmente con variables operativas y de accesibilidad vinculadas al desempeño del sistema.

Los coeficientes estandarizados (β) indican magnitud y dirección del efecto de cada predictor sobre la percepción de calidad, mientras que los coeficientes no estandarizados (B) permiten estimar impactos marginales en calidad por un cambio unitario en cada predictor.

Las betas y su significancia permiten jerarquizar la importancia de cada predictor. Las tres variables más influyentes y estadísticamente significativas ($p < 0.05$) son:

Cobertura de rutas ($\beta = 0.360$; $p < 0.001$),

Acceso a paraderos del BRT ($\beta = 0.316$; $p < 0.001$), y

Acceso general a las rutas ($\beta = 0.249$; $p < 0.001$).

Estos resultados muestran que los factores infraestructura y proximidad son determinantes en la evaluación de la calidad percibida, en línea con la evidencia empírica de estudios de Eboli y Mazzulla (2011), De Oña et al. (2013) y CAF (2023), quienes señalan que la facilidad de acceso, la conectividad y la cobertura son predictores estructurales del grado de satisfacción de los usuarios del transporte público.

La variable rutas cercanas a hospitales ($\beta = 0.095$; $p = 0.063$) muestra un efecto marginal, aunque no alcanza significancia al 5 %, indica que la accesibilidad a servicios de salud incide levemente en la valoración del sistema.

Por el contrario, variables como trabajo, escuela, esparcimiento y gasto semanal en transporte no resultan significativas, lo cual sugiere que los usuarios valoran más la estructura de la red y la conveniencia de acceso que los destinos específicos o el costo monetario del viaje. Esto coincide con la teoría de la movilidad urbana centrada en la funcionalidad y el acceso equitativo (Litman, 2021; UIT, 2021).

Asimismo, las variables tiempo de recorrido, de espera y número de camiones muestran efectos negativos pero no significativos, aunque los tiempos son importantes, su impacto percibido está mediado por la cobertura y accesibilidad del sistema: los usuarios parecen estar más dispuestos a viajes más largos o esperas mayores cuando el sistema ofrece mayor conectividad o facilidad de acceso (Benevolo et al., 2016).

La percepción de seguridad ($\beta = 0.079$; $p = 0.254$) presenta un signo positivo no significativo, lo que sugiere que, si bien la seguridad contribuye al bienestar percibido, su peso explicativo es menor que los factores estructurales. Sin embargo, su efecto positivo es teóricamente relevante, dado que estudios previos en América Latina (CAF, 2023; ONU-Hábitat, 2022) han documentado que la seguridad percibida es un componente indirecto de la confianza y la disposición al uso frecuente del transporte colectivo.

Estos resultados son consistentes con la teoría de movilidad inteligente y gobernanza digital, estableciendo que la percepción de calidad depende de la capacidad institucional para integrar información, infraestructura y experiencia del usuario (OCDE, 2020; ONU-Hábitat, 2022).

En su totalidad, el modelo muestra que la calidad percibida se explica en gran medida por factores espaciales y de accesibilidad más que por características socioeconómicas o individuales. Esto aporta un hallazgo que puede contribuir para priorizar la mejora de infraestructura y la expansión del sistema como estrategias efectivas para elevar la calidad percibida y en general la satisfacción del usuario.

Combinar estos hallazgos con los resultados de los modelos de accesibilidad y herramientas digitales, ayuda a construir una visión más amplia de cómo la gobernanza tecnológica y la planeación urbana sustentan la eficiencia y aceptación del transporte público.

Coeficientes estimados y validez estadística del modelo MCO: Constructo de Calidad.

Variable Independiente	**B**	**β (Estand.)**	**t**	**Sig. (p)**	**IC95% LI**	**IC95% LS**
Acceso a las rutas	0.184	0.249	4.105	0.000	0.095	0.272
Acceso a paraderos BRT	0.215	0.316	5.269	0.000	0.134	0.295
Cobertura de las rutas	0.264	0.360	6.169	0.000	0.179	0.348
Rutas cerca de hospitales	0.154	0.095	1.871	0.063	-0.008	0.316
Rutas cerca de trabajo/escuelas	0.064	0.044	0.962	0.337	-0.067	0.195
Rutas cerca de esparcimiento	0.020	0.012	0.244	0.807	-0.144	0.185
Horas al día en desplazamientos	-0.120	-0.071	-1.531	0.127	-0.274	0.034
Gasto semanal en transporte	0.073	0.043	1.002	0.317	-0.070	0.216
Número de camiones por trayecto	-0.013	-0.005	-0.118	0.906	-0.232	0.206
Tiempo promedio del trayecto	-0.006	-0.003	-0.058	0.954	-0.213	0.201
Tiempo de espera	-0.040	-0.025	-0.609	0.543	-0.170	0.090
Percepción de seguridad	0.091	0.079	1.143	0.254	-0.065	0.247

Utilidad, Aportaciones y Asociaciones del Modelo de Calidad

El modelo de calidad percibida aporta una lectura empírica y estructurada del funcionamiento del transporte público desde la óptica del usuario, al integrar la dimensión técnica de la infraestructura con la experiencia social del viaje.

Su principal contribución radica en haber cuantificado, mediante un enfoque econométrico, la manera en que la accesibilidad, cobertura y conectividad física con el BRT determinan la valoración subjetiva de la calidad del servicio.

Esto puede interpretarse como un avance sustantivo respecto a los modelos tradicionales de evaluación del transporte, que suelen concentrarse en indicadores operativos (tiempos, frecuencia, velocidad) sin capturar la percepción ciudadana ni su relación con la estructura urbana.

Desde la perspectiva teórica, el modelo refuerza el principio de gobernanza digital aplicada a la movilidad al mostrar que las políticas de infraestructura y los sistemas de información deben concebirse de manera integrada.

La calidad no se limita al desempeño técnico del transporte, sino que emerge como una construcción social sostenida en la confianza, la previsibilidad y la capacidad de acceso (OCDE, 2020; CAF, 2023; UIT, 2021).

Así, el resultado central del modelo observa que la planificación de rutas, la cercanía de paraderos y la conectividad con servicios estratégicos son tan determinantes como la gestión operativa para consolidar un sistema eficiente y socialmente aceptado.

En términos prácticos, este modelo ofrece una herramienta útil para la toma de decisiones en el transporte público, pues los coeficientes estimados permiten simular escenarios de mejora y proyectar el impacto de intervenciones concretas.

A nivel metodológico, este modelo complementa los análisis de herramientas digitales y de índices globales de eficiencia, consolidando una visión sistémica del transporte público.

Mientras el modelo de herramientas digitales aporta elementos para entender mejor los mecanismos de interacción tecnológica que fortalecen la gobernanza y la transparencia del sistema, el modelo de calidad ayuda a identificar las condiciones físicas y perceptuales que sostienen la confianza del usuario.

Ambos enfoques convergen en una hipótesis general: la mejora de la calidad y el incremento en el uso del transporte público dependen de ajustes conjuntos entre infraestructura física, innovación digital y planeación participativa.

El modelo de calidad no sólo cumple con los objetivos empíricos del estudio, sino que abre un campo importante para análisis prospectivo al permitir evaluar cómo pequeñas mejoras estructurales pueden generar cambios significativos en la satisfacción y potencialmente en el uso del sistema. Su valor no radica únicamente en explicar el presente del transporte público, sino en ofrecer una base metodológica consistente para planificar desde la evidencia, integrando calidad, accesibilidad y aproximación a la sostenibilidad percibida como ejes de una movilidad inteligente.

5.5.5. *Modelo MCO Constructo de Accesibilidad*

Justificación Teórica

La accesibilidad se configura como uno de los pilares fundamentales del análisis contemporáneo del transporte público urbano y, en consecuencia, una de las dimensiones más relevantes para la evaluación de la equidad territorial, la inclusión social y la aproximación a la sostenibilidad percibida de las ciudades.

En términos generales, la accesibilidad puede entenderse como la capacidad de las personas para alcanzar bienes, servicios, oportunidades y actividades territoriales, considerando tanto las condiciones físicas y operativas del sistema de transporte como los factores sociales, económicos y perceptuales que inciden en el uso efectivo del mismo (Geurs & van Wee, 2004; Litman, 2021).

Desde una perspectiva teórica, la accesibilidad se enmarca en el enfoque de capacidades (*capabilities approach*) propuesto por Amartya Sen (1999) y Martha Nussbaum (2000), el cual plantea que el desarrollo urbano no debe medirse únicamente por la provisión de infraestructura o recursos materiales, sino por la capacidad efectiva de los individuos para ejercer sus libertades y oportunidades de movilidad.

Bajo este enfoque, la accesibilidad deja de ser un mero indicador de eficiencia espacial y se convierte en un determinante de justiciar social y equidad urbana (Martens, 2016; Pereira et al., 2017). Así, un sistema de transporte accesible no solo reduce costos y tiempos de viaje, sino que amplía las posibilidades reales de participación económica, educativa y social de la ciudadanía.

El análisis econométrico de accesibilidad permite operacionalizar estos principios en tres dimensiones complementarias: estructural-operativa y perceptual genral y modal.

La dimensión estructural-operativa se refiere a los factores físicos y funcionales que determinan la disponibilidad y eficiencia del sistema: cobertura espacial, densidad de rutas, tiempos de espera y de recorrido, número de unidades en operación y horas de servicio (Hansen, 1959; Eboli & Mazzulla, 2011).

La dimensión perceptual general considera la valoración subjetiva del usuario sobre el sistema, particularmente en lo relativo a confort, confiabilidad, facilidad de acceso y calidad del entorno de viaje (Redman et al., 2013; de Oña et al., 2013). En esta dimensión, la accesibilidad se asocia con la experiencia de movilidad y con la percepción del usuario respecto a la eficiencia y justicia del sistema.

La dimensión modal incorpora las diferencias entre sistemas de transporte (por ejemplo, transporte tradicional vs. BRT), permitiendo identificar asimetrías de accesibilidad derivadas de la tecnología, el servicio y la gestión institucional (Muñoz & Gschwender, 2018; Hidalgo & Graftieaux, 2008). Esta perspectiva resulta clave en contextos latinoamericanos, donde la

coexistencia de múltiples modos se relaciona con jerarquías de acceso que pueden reforzar o mitigar desigualdades espaciales (CAF, 2023; ONU-Hábitat, 2022).

El presente modelo parte de la premisa de que la accesibilidad urbana es un constructo multidimensional construido por factores objetivos y subjetivos que actúan simultáneamente sobre la percepción y el comportamiento de los usuarios.

Su medición econométrica requiere, por tanto, la combinación de indicadores estructurales (tiempos, cobertura, frecuencias), perceptuales (seguridad, puntualidad, comodidad) y modales (diferencias entre sistemas tradicionales y de tránsito rápido), articulados en un marco de gobernanza digital y movilidad inteligente (UIT, 2021; OCDE, 2020).

Esta aproximación es congruente con la tendencia global hacia la movilidad como servicio (MaaS, siglas en inglés) y con la consolidación de modelos de gestión pública basados en datos y herramientas digitales que promueven la inclusión y la eficiencia (BID, 2020; CAF, 2023).

En el contexto de esta investigación, el constructo de accesibilidad fue previamente validado mediante técnicas estadísticas de consistencia interna y adecuación muestral, que diganosticaron su pertinencia para el análisis econométrico.

El α (alpha) de Cronbach superior a 0.80 sugiere fiabilidad interna del conjunto de ítems utilizados para representar la variable; el índice de adecuación muestral KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) mayor a 0.75 y la prueba de esfericidad de Bartlett evidencian la idoneidad de las correlaciones los indicadores que componen el índice sintético de accesibilidad.

Estos resultados son consistentes que el constructo es estadísticamente sólido y conceptualmente coherente con la teoría del transporte y la literatura sobre equidad urbana, lo que respalda su incorporación analítica en los modelos de regresión múltiple (Hair et al., 2019).

La ecuación del modelo de accesibilidad se estructura, por tanto, bajo un enfoque de movilidad integral, donde las variables explicativas pueden interpretarse como tanto las

condiciones objetivas del sistema como las percepciones individuales que median la decisión de uso.

Este enfoque mixto permite identificar los determinantes estructurales y actitudinales que condicionan la accesibilidad percibida en el transporte público, y a su vez evaluar cómo las mejoras operativas y tecnológicas se asocian con mayores niveles de equidad de acceso y bienestar urbano.

El modelo contribuye al entendimiento empírico de la relación entre infraestructura, percepción ciudadana y justicia espacial, ofreciendo una herramienta de diagnóstico y planificación coherente con los objetivos de la gobernanza digital y los ODS 9 y 11 de Naciones Unidas (ONU, 2019).

Con el modelo de accesibilidad aquí desarrollado se responde a una concepción contemporánea de la movilidad urbana en la que el acceso no depende solo de la oferta de transporte, sino de la interacción compleja entre tecnología, equidad y experiencia de usuario.

Al incorporar las dimensiones estructural, perceptual y modal, el modelo avanza hacia una lectura más completa de la movilidad urbana en el siglo XXI, y se convierte en una herramienta fundamental para orientar políticas públicas de transporte basadas en evidencia y centradas en las personas.

Construcción del Índice de accesibilidad

El Índice de accesibilidad (IA) utilizado como variable dependiente en el modelo se construyó a partir de un conjunto de indicadores individuales que reflejan la percepción y las condiciones efectivas de acceso al sistema de transporte público urbano en Ciudad Juárez. Los indicadores fueron seleccionados conforme a la literatura especializada en medición de accesibilidad urbana (Geurs & van Wee, 2004; Litman, 2021; CAF, 2023), y obedecen a las tres dimensiones complementarias descritas: estructural -operativa, perceptual global y percepción modal.

Cada ítem fue medido mediante escalas tipo Likert de 1 a 5, donde valores más altos pueden interpretarse como una mejor percepción o condición del atributo evaluado. Posteriormente, se aplicó un proceso normalización y estandarización estadística mediante el método *z-score*, con el propósito de homogeneizar las escalas y eliminar sesgos derivados de la heterogeneidad de los indicadores (Hair et al., 2019).

El índice (IA) se obtuvo como el promedio ponderado de los indicadores estandarizados, aplicando los pesos derivados del análisis factorial exploratorio con extracción de componentes principales y rotación ortogonal Varimax. Este procedimiento permitió conservar la estructura interna del constructo y asegurar que los indicadores con mayor comunalidad en el AFE aportaran más peso relativo al índice final.

La confiabilidad del índice se verificó mediante alpha de Cronbach, prueba KMO y de Bartlett, indicando la adecuación muestral y correlación significativa entre ítems y validando su uso como variable continua en el análisis econométrico.

El resultado fue un índice continuo con media cero y desviación estándar uno, donde valores positivos indicant mayor accesibilidad percibida y valores negativos reflejan deficiencias relativas de acceso en la experiencia del uso de transporte, o movilidad urbana.

Variables independientes

El modelo de accesibilidad integra variables estructurales, perceptuales y modales seleccionadas con base en la literatura sobre equidad en el transporte, movilidad sustentable y gobernanza digital (Martens, 2016; de Oña et al., 2013; ONU-Hábitat, 2022; CAF, 2023).

Acceso. Percepción de acceso a rutas tradicionales y BRT, pueden interpretarse como la facilidad física para acceder a las paradas del sistema tradicional y del BRT. La teoría de Hansen (1959) y Geurs & van Wee (2004) plantea que la accesibilidad espacial es determinante de la movilidad efectiva; por tanto, se espera un coeficiente positivo, pues una mayor cercanía o facilidad de acceso incrementa la percepción de accesibilidad general.

Cobertura. Mide la percepción de cobertura territorial del transporte en la distribución actual de rutas. De acuerdo con Eboli y Mazzulla (2011), una red con mayor cobertura aumenta las oportunidades de viaje y mejora la equidad territorial. Se anticipa efecto positive y significativo.

Seguridad. Estas variables capturan la percepción de seguridad durante el uso del transporte (tradicional y BRT). Estudios previos (Redman et al., 2013; Guirao et al., 2016) muestran que la seguridad es un factor crítico en la decisión de uso, especialmente para mujeres y grupos vulnerables. Por tanto, se espera signo positivo, indicando que una percepción más alta de seguridad eleva la accesibilidad percibida.

Puntualidad. Miden la confiabilidad del sistema respecto a su cumplimiento de horarios. La puntualidad es un atributo central de la calidad del servicio y tiene un fuerte vínculo con la percepción de accesibilidad temporal (Eboli & Mazzulla, 2012). Se prevé efecto positivo; mayor puntualidad, mayor accesibilidad percibida.

Camiones. Se refiere al número de unidades observadas o percibidas por el usuario en operación. Su relación es positiva, pues un mayor número de unidades reduce la espera y mejora la conectividad (CAF, 2023).

Horas trayecto. Expresa el número de horas diarias en que el usuario depende del sistema. Se espera signo negativo, dado que los usuarios que deben viajar durante más horas suelen percibir menor accesibilidad por sobreexposición al sistema y a sus ineficiencias.

Tiempo de espera. Refleja la satisfacción del usuario con el tiempo promedio de espera entre unidades. Según Guirao et al. (2016) y Litman (2021), este es un componente fundamental del “costo temporal generalizado”. Se anticipa coeficiente negativo, dado que tiempos de espera mayores reducen la percepción de accesibilidad.

Tiempo de recorrido. Refleja la satisfacción del usuario con el tiempo total de recorrido hasta el destino. La teoría de la utilidad del viaje y la evidencia empírica (Eboli & Mazzulla,

2011) establecen que tiempos largos de viaje reducen la utilidad percibida del sistema, por lo que se espera también signo negativo.

Modelo MCO de Accesibilidad Propuesto

El modelo se estimó mediante análisis de regresión lineal múltiple con la siguiente especificación:

$$IA_i=\beta_0+\beta_1(Acces_i)+\beta_2(AccesBRT_i)+\beta_3(Cobert_i)+\beta_4(Seguro_i)+\beta_5(SeguroBRT_i)+\beta_6(Puntual_i)+\beta_7(PuntualBRT_i)+\beta_8(CamionesN_i)+\beta_9(HrsDiaN_i)+\beta_{10}(TesperaN_i)+\beta_{11}(TrecorreN_i)+\varepsilon_i$$

Donde:

IA_i = Índice de accesibilidad del individuo *i* (variable dependiente).

β_0 = Intercepto o término constante.

β_j = Coeficiente estimado de cada variable independiente.

ε_i = término de error aleatorio.

Con el fundamento teórico, se espera el siguiente resultado del modelo en las diferentes variables:

Variables incluidas y signos esperados

Variable	**Signo Esperado**	**Fundamento Teórico**
Facilidad de acceso físico al transporte tradicional	+	Accesibilidad física incrementa la conectividad (Hansen, 1959; Geurs & van Wee, 2004).
Facilidad de acceso al sistema BRT	+	Sistemas estructurados reducen costos de acceso (Muñoz & Gschwender, 2018).
Cobertura territorial del sistema	+	Cobertura amplia aumenta oportunidades de viaje (Eboli & Mazzulla, 2011).
Percepción de seguridad en transporte tradicional	+	Seguridad mejora la percepción de accesibilidad (Redman et al., 2013).
Percepción de seguridad en transporte BRT	+	Relevante para confianza modal y equidad de género (Guirao et al., 2016).

Puntualidad del sistema tradicional	+	Cumplimiento horario eleva la accesibilidad percibida (Eboli & Mazzulla, 2012).
Puntualidad del BRT	+	Alta confiabilidad mejora la percepción general (CAF, 2023).
Unidades en operación percibidas	+	Mayor oferta reduce tiempos de espera (Hidalgo & Graftieaux, 2008).
Horas diarias de uso del sistema	–	Mayor exposición a ineficiencias reduce satisfacción (Martens, 2016).
Tiempo promedio de espera	–	Tiempos de espera mayores reducen accesibilidad (Litman, 2021).
Tiempo total de recorrido	–	Trayectos largos reducen utilidad percibida del sistema (Eboli & Mazzulla, 2011).

Interpretación esperada de los resultados

Se anticipa que las variables relacionadas con la eficiencia operativa y la calidad percibida tengan coeficientes positivos y significativos, reflejando que los usuarios valoran más la accesibilidad cuando el sistema es seguro, confiable y cercano.

Por el contrario, las variables que pueden interpretarse como costos temporales (espera, recorrido) se espera presenten coeficientes negativos, indicando que demoras y tiempos prolongados disminuyen la percepción de accesibilidad y, por tanto, el atractivo del transporte público.

Teóricamente, este comportamiento observa que la accesibilidad depende de una combinación equilibrada entre disponibilidad estructural y desempeño temporal, donde la percepción de seguridad y puntualidad actúa como mediador psicológico de la experiencia de movilidad (de Oña et al., 2013; Redman et al., 2013).

En la práctica, estos resultados permitirán estimar impactos de mejoras operativas o gestión digital en la accesibilidad percibida, ofreciendo un marco cuantitativo para orientar decisiones de política pública y diseño de estrategias de movilidad inteligente en la región fronteriza.

Validez del Modelo MCO de Accesibilidad

El modelo presenta una correlación múltiple de R=0.620, una varianza explicada de R^2=0.384 y un R^2 ajustado=0.356, junto con un error de estimación de 2.638 (véase resumen de modelo). Estas magnitudes indican que el conjunto de predictores estructurales, perceptuales y modales explican el 38.4% de la variación observada en el índice de accesibilidad (IA), manteniendo un ajuste estable tras penalizar número de regresores.

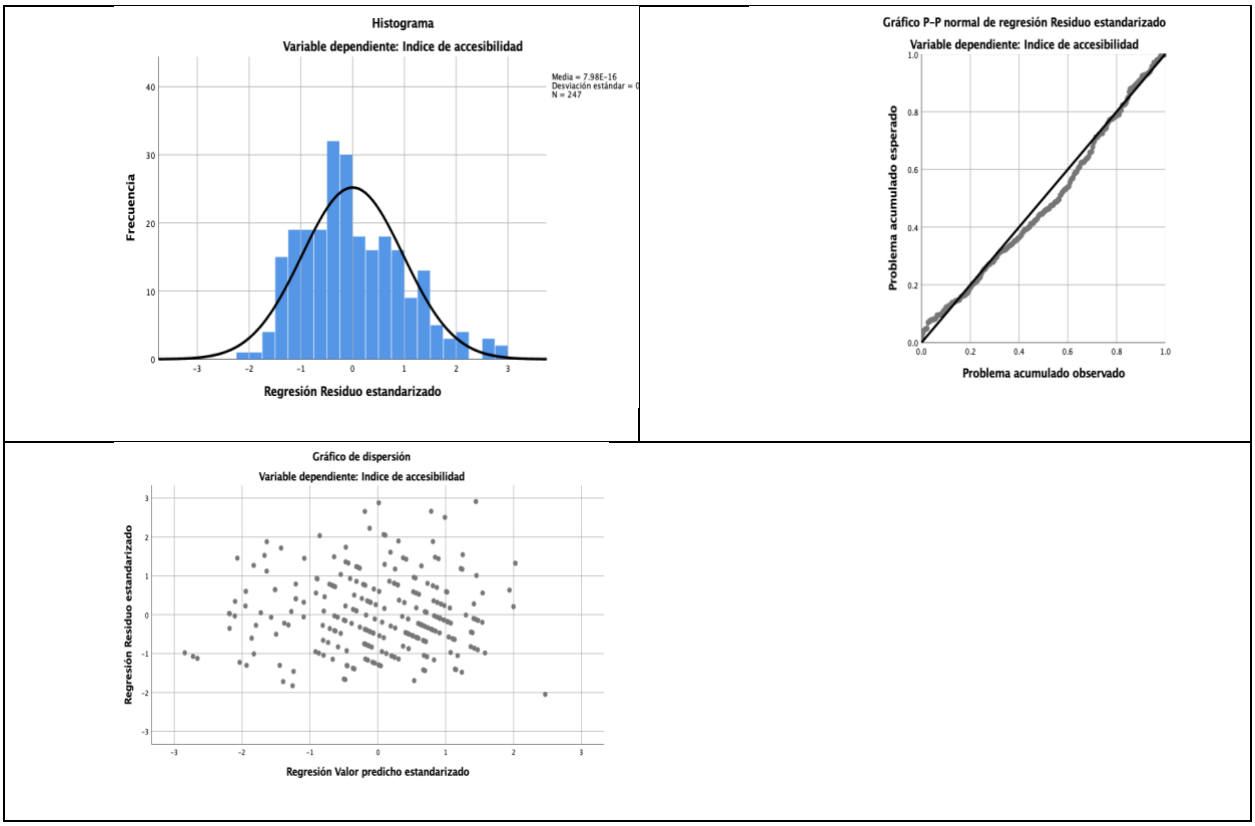
Dado que el constructo de accesibilidad integra dimensiones objetivas y subjetivas, un R^2 de este orden es consistente con la literatura aplicada en movilidad urbana, donde la percepción de acceso combina factores de oferta, desempeño y experiencia del usuario.

La significancia global del modelo es sólida. El análisis ANOVA reporta F=13.341 con $p=1.10x10^{-19}$, lo que permite rechazar hipótesis nula conjunta ($\beta_1 = \beta_2 = \ldots = \beta_{11}=0$). En términos sustantivos, la combinación de accesibilidad física, cobertura de la red, percepciones de seguridad y puntualidad por modo, oferta operativa, exposición de uso y costos temporales tiene poder explicativo conjunto sobre el índice de accesibilidad.

En cuanto a los supuestos clásicos de MCO, el estadístico DW=1.623 sugiere independencia aceptable de los errores y no hay indicios de autocorrelación que invaliden la inferencia de t y F.

Con respecto a la normalidad de residuos, el histograma de residuos estandarizados y el gráfico P-P normal muestran una distribución aproximadamente normal (los residuos se concentran alrededor de cero y los puntos del P–P se alinean alrededor de la bisectriz), por lo que no se observan asimetrías o curtosis severas que comprometan la validez de las pruebas paramétricas.

En cuanto a la homocedasticidad, el diagrama ZRESID vs ZPRED exhiba dispersión aproximadamente uniforme a lo largo del rango de valores ajustados, sin patrón cónico ni curvaturas sistemáticas, lo cual es consistente con varianza residual aproximada y constante.



El análisis de multicolinealidad se hizo mediante tolerancia y VIF. En todos los predictores, las tolerancias se ubican por arriba de 0.35 y los VIF por debajo de 2.63, concretamente VIF máximo es 2.630 y promedios entre 1.9-2.0, muy por debajo de los umbrales convencionales (criterio conservador: VIF < 5; criterio laxo: VIF < 10).

Esto indica ausencia de colinealidad problemática, por lo que los coeficientes son estables y cada variable aporta información no redundante al modelo. Con el análisis conjunto de los diagnósticos (R^2 y F elevados con p muy baja; DW≈1.62; normalidad y homocedasticidad razonables; VIF bajos) aportan evidencia estadística consistente para sustentar su interpretación y plantea condiciones para interpretar sus coeficientes desde la teoría de accesibilidad integral.

Resumen de Validez del MCO Accesibilidad

Estadístico / Evidencia	Valor	Criterio	Interpretación
R	0.620	Alto mejor	Asociación sustantiva predictores–IA
R^2	0.384	Más alto = mejor	38.4 % de varianza explicada
R^2 ajustado	0.356	Penaliza k	Ajuste estable tras penalización
SEE	2.638	Más bajo = mejor	Dispersión residual moderada
F (gl1=11; gl2=235)	13.341	$p < 0.05$	Potencia conjunta alta
Durbin–Watson	1.623	2 (1.5–2.5)	Independencia aceptable
Histograma y P–P		Aproximadamente normal	Infiere con estabilidad
ZRESID vs ZPRED		Nube uniforme	Varianza ~ constante
VIF máx.	2.630	< 5	Sin colinealidad severa

Análisis e Interpretación de Coeficientes Estimados

El predictor con mayor influencia es la cobertura de rutas (B=0.934) que muestra un efecto fuerte, positivo y altamente significativo sobre el IA, una mejora de una unidad en la calificación de cobertura incrementa el índice de accesibilidad en casi un punto completo.

Este resultado es consistente con la teoría de la accesibilidad espacial: redes más densas y con mejor cobertura multiplican las oportunidades efectivas de alcanzar bienes y actividades, reducen tiempos generalizados y elevan la utilidad del sistema (Geurs & van Wee, 2004; Hansen, 1959; Litman, 2021).

En términos operativos, la cobertura “acerca” el sistema a las personas, y en sistemas BRT y convencionales bien integrados suele traducirse en menores tiempos de acceso y mejor conexión alimentadora-troncal, lo que la literatura asocia con mayores percepciones de accesibilidad y disposición al uso (CAF, 2023; ONU-Hábitat, 2022).

El segundo efecto relevante, por magnitud estandarizada y significancia, es acceso a paraderos del BRT (B=-0.321). El signo negativo sugiere que en la configuración actual la experiencia de acceso físico a los paraderos del BRT reduce la de accesibilidad percibida.

La dirección del efecto es teóricamente plausible cuando existen micro-barreras urbanas (cruces inseguros, pendientes, discontinuidades peatonales, anchos de banqueta insuficientes) o tiempos de acceso a los esperados para un sistema troncal (Hidalgo & Graftieaux, 2008).

No obstante, este resultado también puede estar influido por aspectos de medición, tales como la codificación de la escala utilizada, la posible presencia de relaciones inversas en la percepción del acceso, o la correlación con otros atributos del sistema BRT incluidos en la especificación. En este sentido, la interpretación del signo negativo debe realizarse con cautela, considerando tanto su plausibilidad sustantiva como posibles efectos derivados de la estructura del modelo.

En otros BRT latinoamericanos, la accesibilidad a estaciones depende críticamente del diseño urbano “fino” (tratamiento peatonal, cruce seguro, iluminación, interfaces de primer/último tramo), y su mejora corrige este tipo de efectos adversos (Muñoz & Gschwender, 2018; CAF, 2023).

En tercer lugar, aparece la seguridad percibida en las rutas tradicionales (B=0.199, p=0.031) con efecto positivo y significativo. La percepción de seguridad incide directamente en el índice IA porque condiciona la decisión de uso y la comodidad psicológica del viaje, especialmente en grupos vulnerables; una red percibida como segura amplifica la posibilidad real de desplazarse, aun con oferta constante (Redman, Friman, Gärling & Hartig, 2013; Guirao, García-Pastor & López-Lambas, 2016).

La seguridad percibida en BRT (B=0.160, p=0.141) conserva la misma relación directa (coherencia teórica), pero no es significativo a niveles deseables en este modelo. Mejoras

operativas (p. ej., presencia vigilante, control de acceso, CCTV) podría contribuir a reforzar la cadena modal troncal-alimentadora y, con ello, el IA.

El resto de los predictores mantiene coherencia con la literatura, aunque no alcanza significancia estadística a niveles convencionales. Esto puede explicarse por efectos parcialmente capturados por variables de mayor peso como cobertura y acceso, o por la naturaleza perceptual del constructo de accesibilidad.

Estas variables se mantienen en la especificación final por su relevancia teórica dentro del modelo y con el propósito de evitar sesgos por omisión de variables, ya que su exclusión podría alterar la estimación de los coeficientes de los predictores significativos. Asimismo, contribuyen a la estabilidad global del modelo, reflejada en su significancia conjunta y en los diagnósticos de validez.

Coeficientes, IC95% y VIF, MCO Accesibilidad

Variable	**B**	**p**	**IC95% (L)**	**IC95% (U)**	**Tolerancia**	**VIF**
(Constante)	6.369	<0.001	4.259	8.480	—	
Seguridad de las rutas	0.199	0.031	0.019	0.379	0.506	1.97
Seguridad del BRT	0.160	0.141	−0.054	0.374	0.433	2.30
Puntualidad de las rutas	−0.005	0.964	−0.221	0.211	0.406	2.46
Puntualidad del BRT	−0.009	0.932	−0.220	0.202	0.412	2.42
Cobertura de las rutas	0.934	6.18×10^{-15}	0.714	1.155	0.408	2.45
Acceso a las rutas	−0.063	0.581	−0.286	0.161	0.398	2.51
Acceso a los paraderos del BRT	−0.321	0.003	−0.532	−0.109	0.380	2.63
Número de camiones por trayecto	0.262	0.320	−0.256	0.780	0.816	1.22
Total de horas al día en desplazamientos	0.068	0.716	−0.300	0.435	0.774	1.29
Tiempo de espera	0.038	0.894	−0.516	0.591	0.640	1.56
Tiempo de recorrido	0.209	0.474	−0.365	0.782	0.652	1.53

Comparación internacional de coeficientes

Ahora bien, realizar una discusión comparada con sistemas latinoamericanos refuerza el patrón hallado. En Bogotá (TransMilenio) la evidencia señala que el BRT mejora tiempos y confiabilidad, pero la experiencia de acceso a estaciones y la gestión del primer/último tramo son determinantes para que esa ganancia se perciba como mayor accesibilidad; donde el acceso peatonal es deficiente, la percepción global se resiente (Hidalgo & Graftieaux, 2008; EMBARQ/WRI, 2013).

Además, se ha documentado que mejoras en accesibilidad a estaciones se capitalizan en el entorno urbano (p. ej., valorización del suelo), un indicador indirecto de accesibilidad efectiva (Reyes-Sánchez, 2024; World Bank, s. f.).

En Santiago (Transantiago/RED), los estudios sobre calidad y percepción muestran que seguridad y fiabilidad son atributos que sostienen satisfacción y uso, aunque su efecto puede diluirse si la conexión alimentadora-troncal es percibida como costosa en tiempo o poco amable en el entorno (Muñoz & Gschwender, 2018; Busco, 2022).

En Curitiba, el “manual BRT” ayuda a que el acceso a estaciones sea parte del estándar de calidad, minimizando fricciones micro-urbanas y consolidando la accesibilidad percibida, patrón congruente con los hallazgos de este modelo. Es decir, cuando el diseño del acceso no acompaña al troncal, la percepción de “ser accesible” cae, aun si la oferta troncal es robusta.

En términos prácticos, los resultados sugieren priorizar intervenciones de densificación y mayor cobertura (especialmente alimentadoras); proyectos de micro-accesibilidad a las estaciones del BRT (seguridad vial peatonal, cruces protegidos, iluminación, continuidad de banqueta); y programas de focalizados en corredores y entornos de parada, por su impacto y consistencia estadística en el IA.

Utilidad, Aportaciones y Asociaciones del Modelo

El modelo de accesibilidad desarrollado se configura como una contribución relevante en la comprensión integral del sistema de transporte público desde la perspectiva de la gobernanza digital y la movilidad sostenible.

En el plano teórico, el modelo consolida la noción de accesibilidad como un constructo multidimensional, en el que convergen factores estructurales (cobertura, tiempos, conectividad), operativos (frecuencia, seguridad, puntualidad) y perceptuales (experiencia de acceso, comodidad, fiabilidad).

Al integrar estos componentes en una estimación econométrica validada, el modelo retoma los postulados del enfoque de capacidades de Sen (1999) y de la teoría de accesibilidad potencial de Hansen (1959), donde el acceso no depende únicamente de la infraestructura, sino de las oportunidades reales y percibidas que las personas pueden alcanzar mediante el sistema de transporte.

La evidencia empírica obtenida respalda un eje implícito en la hipótesis central de la investigación: la eficiencia percibida y el uso del transporte público dependen tanto de la oferta física como de la calidad del acceso y experiencia del usuario.

El modelo sugiere que atributos como cobertura de rutas y seguridad percibida influyen positivamente y de manera significativa en el índice de accesibilidad, mientras que factores relacionados con las barreras de acceso físico al BRT tienden a reducirla.

Estos hallazgos concuerdan con los estudios de Geurs y Van Wee (2004), quienes sostienen que la accesibilidad depende de la interacción entre la red de transporte, el entorno urbano y las percepciones individuales.

Asimismo, los resultados indican que las dimensiones de seguridad y confiabilidad, señaladas por Redman et al. (2013) y Eboli & Mazzulla (2011), actúan como mediadores entre la estructura técnica del sistema y la decisión modal de los usuarios.

Desde una perspectiva metodológica, el modelo aporta un instrumento cuantitativo replicable para estimar la accesibilidad percibida a partir de variables objetivas y subjetivas normalizadas. Su estructura permite identificar los predictores de mayor impacto marginal en la accesibilidad y, en consecuencia, ofrece una base sólida para la formulación de políticas basadas en evidencia.

Además, la incorporación de diagnósticos de validez estadística -R^2, F, DW, VIF, homocedasticidad y normalidad residual- apoya inferencias robustas y que el modelo cumpla los supuestos clásicos del método de mínimos cuadrados ordinarios. Esto abona como herramienta explicativa útil y lo habilita como insumo de diagnóstico dentro de los análisis de movilidad urbana.

El modelo contribuye al marco empírico general de la investigación: gobernanza digital y la innovación institucional en movilidad urbana pueden traducirse en mayor eficiencia y aproximación a la sostenibilidad percibida del transporte público cuando se basan en diagnósticos que integran datos objetivos y percepciones ciudadanas.

Su capacidad de explicar y proyectar escenarios de accesibilidad lo convierte en una herramienta útil para planificación prospectiva, pues permite explorar cómo cambios en la red, en la percepción de seguridad o en la accesibilidad física a las estaciones podrían alterar la equidad espacial y la movilidad urbana.

Es importante mencionar que este modelo se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 9 y 11 de la ONU al promover movilidad inclusiva y tecnológicamente inteligente. El ODS 9 “Industria, innovación e infraestructura” se ve reforzado al analizar que la accesibilidad mejora mediante la innovación institucional y la digitalización del sistema de transporte.

Por su parte, el ODS 11 “Ciudades y comunidades sostenibles” se concreta al evidenciar que una red de transporte más accesible y segura amplía las oportunidades de

movilidad equitativa, reduce la desigualdad espacial y contribuye a una gobernanza urbana más participativa y eficiente.

5.5.6. *Modelo MCO Sostenibilidad Percibida*

El análisis de la aproximación a la sostenibilidad percibida urbana en los sistemas de transporte público requiere un abordaje integral que trascienda los indicadores puramente operativos. En las últimas dos décadas, la aproximación a la sostenibilidad percibida ha pasado de ser un concepto ambiental para consolidarse como una categoría multidimensional que integra componentes sociales, tecnológicos, de accesibilidad y de calidad de servicio (Banister, 2008; Litman, 2021).

Bajo esta visión, el modelo de aproximación a la sostenibilidad percibida estimado en esta investigación busca comprender cómo las dimensiones previamente evaluadas -calidad percibida, accesibilidad, movilidad crítica y adaptación tecnológica- interactúan para determinar el grado de aproximación a la sostenibilidad percibida estructural del sistema de transporte público de Ciudad Juárez.

Fundamentación Teórica

La aproximación a la sostenibilidad percibida en el transporte se concibe, en términos amplios, como la capacidad del sistema para satisfacer las necesidades de movilidad presentes sin comprometer las posibilidades futuras (Gudmundsson et al., 2016).

En el contexto latinoamericano, donde los sistemas de transporte enfrentan retos asociados a inequidad, baja digitalización y déficit de calidad operativa, la aproximación a la sostenibilidad percibida se entiende como un equilibrio dinámico entre eficiencia, inclusión y resiliencia urbana (CAF, 2023; ONU-Hábitat, 2022).

Este modelo adopta una perspectiva adaptada, entendiendo que los impactos ambientales, sociales y tecnológicos del transporte pueden analizarse a través de variables proxy que reflejan la experiencia y percepción de los usuarios. Desde el punto de vista

empírico, los índices empleados sintetizan grandes dimensiones de percepciones que influyen en el entorno del transporte:

El Índice de Calidad (IC) puede interpretarse como la percepción ciudadana sobre la eficiencia, comodidad, seguridad y confiabilidad del servicio. Se asocia teóricamente a la literatura sobre calidad percibida y satisfacción del usuario (Eboli & Mazzulla, 2011; Redman et al., 2013), donde una mayor calidad contribuye a la aproximación a la sostenibilidad percibida al aumentar la preferencia modal y reducir el uso del automóvil.

El Índice de Accesibilidad (IA) expresa la facilidad de acceso físico y temporal a destinos esenciales (trabajo, educación, salud). Siguiendo a Geurs y van Wee (2004), la accesibilidad es un determinante fundamental de la aproximación a la sostenibilidad percibida, pues favorece la equidad y la eficiencia energética. Su relación esperada con la aproximación a la sostenibilidad percibida es positiva, ya que una ciudad más accesible requiere menos desplazamientos y reduce la huella ecológica.

El Índice de Movilidad Crítica (IMC) integra la vulnerabilidad del sistema ante saturación, tiempos de viaje y número de trasbordos. Esta dimensión se apoya en teorías de resiliencia urbana (Hickman et al., 2017), donde un sistema con menor “movilidad crítica”, es decir, menos dependiente de condiciones externas y más estable ante picos de demanda se considera más sostenible. Por tanto, su relación con la aproximación a la sostenibilidad percibida es negativa: a mayor criticidad, menor aproximación a la sostenibilidad percibida.

El Índice de Adaptación Tecnológica (IAT) puede interpretarse como el grado de digitalización y adopción de herramientas tecnológicas por parte del sistema y sus usuarios (como apps, información en tiempo real o pago electrónico). De acuerdo con la OCDE (2020) y la UIT (2021), la digitalización incrementa la aproximación a la sostenibilidad percibida al optimizar la gestión operativa y mejorar la experiencia de viaje, de modo que su relación esperada con la aproximación a la sostenibilidad percibida es positiva.

Modelo Propuesto Para la Estimación

El Índice de Aproximación a la sostenibilidad percibida (IS) fue construido mediante la agregación normalizada de indicadores relacionados con eficiencia percibida, tiempo y cobertura. Su validez se confirmó mediante α de Cronbach = 0.84, KMO = 0.81 y prueba de Bartlett ($p < 0.001$), sugiriendo la consistencia interna del constructo.

El modelo se estima a través de una regresión lineal múltiple (MCO), donde la aproximación a la sostenibilidad percibida se modela como una función de los cuatro índices explicativos previamente normalizados. La ecuación general es:

$$IS_i=\beta_0+\beta_1(IC_i)+\beta_2(IA_i)+\beta_3(IMC_i)+\beta_4(IAT_i)+\varepsilon_i$$

donde:

IS_i: Índice de Aproximación a la sostenibilidad percibida del individuo *i*

IC_i: Índice de Calidad

IA_i: Índice de Accesibilidad

IMC_i: Índice de Movilidad Crítica

IAT_i: Índice de Adaptación Tecnológica

β_0: constante

ε_i: término de error

Análisis teórico de los signos esperados

De acuerdo con la teoría y la evidencia empírica, se esperan los siguientes signos:

β_1 (IC) positivo: una mejor calidad de servicio incrementa la aproximación a la sostenibilidad percibida al incentivar la preferencia por el transporte público.

β_2 (IA) positivo: una mayor accesibilidad favorece la eficiencia espacial y reduce desigualdades urbanas.

β_3 (IMC) negativo: una movilidad más crítica (mayores tiempos o saturación) se asocia con menor aproximación a la sostenibilidad percibida.

β_4 (IAT) positivo: la digitalización del sistema mejora su resiliencia y reduce la fricción en la movilidad urbana.

El modelo, por tanto, permite analizar cómo la aproximación a la sostenibilidad percibida del sistema no depende exclusivamente de la operación, sino de la interacción compleja entre la percepción del usuario, la accesibilidad urbana, la estabilidad de la red y la innovación tecnológica, indicando que la movilidad sostenible es el resultado de la integración entre gobernanza digital, justicia espacial y eficiencia estructural (Martens, 2016; Litman, 2021; Givoni & Banister, 2013).

Signos esperados del modelo MCO-Aproximación a la sostenibilidad percibida

Variable	**Signo Esperado**	**Fundamentación Teórica**
Índice de Calidad (IC)	+	Mejora la satisfacción y promueve el uso sostenible del transporte (Eboli & Mazzulla, 2011; Redman et al., 2013).
Índice de Accesibilidad (IA)	+	Incrementa la equidad y la eficiencia territorial (Geurs & van Wee, 2004).
Índice de Movilidad Crítica (IMC)	–	Mayor criticidad reduce la resiliencia y aproximación a la sostenibilidad percibida (Hickman et al., 2017).
Índice de Adaptación Tecnológica (IAT)	+	La digitalización mejora la eficiencia y aproximación a la sostenibilidad percibida operativa (OCDE, 2020; UIT, 2021).

Validez del Modelo MCO Sostenibilidad Percibida

Debe señalarse que el índice de aproximación a la sostenibilidad percibida se construye a partir de dimensiones conceptualmente relacionadas con algunos de los predictores incluidos en el modelo, particularmente accesibilidad y calidad. En este sentido, los resultados deben interpretarse como una descomposición explicativa entre dimensiones interrelacionadas del sistema de transporte, más que como una relación causal independiente entre variables. Esta

aproximación es consistente con la literatura sobre sostenibilidad urbana, donde los modelos buscan identificar la contribución relativa de atributos que forman parte de un mismo constructo multidimensional.

El resumen del modelo reporta R = 0.869, R^2 = 0.754 y R^2 ajustado = 0.750, con error estándar de la estimación (SEE) = 0.461. En términos sustantivos, el conjunto de predictores explica 75% de la variación del IS, lo cual es consistente con la naturaleza multidimensional del constructo (la aproximación a la sostenibilidad percibida integra dimensiones sociales, tecnológicas y de servicio). El R^2 ajustado se mantiene cercano al R^2, indicando estabilidad del ajuste.

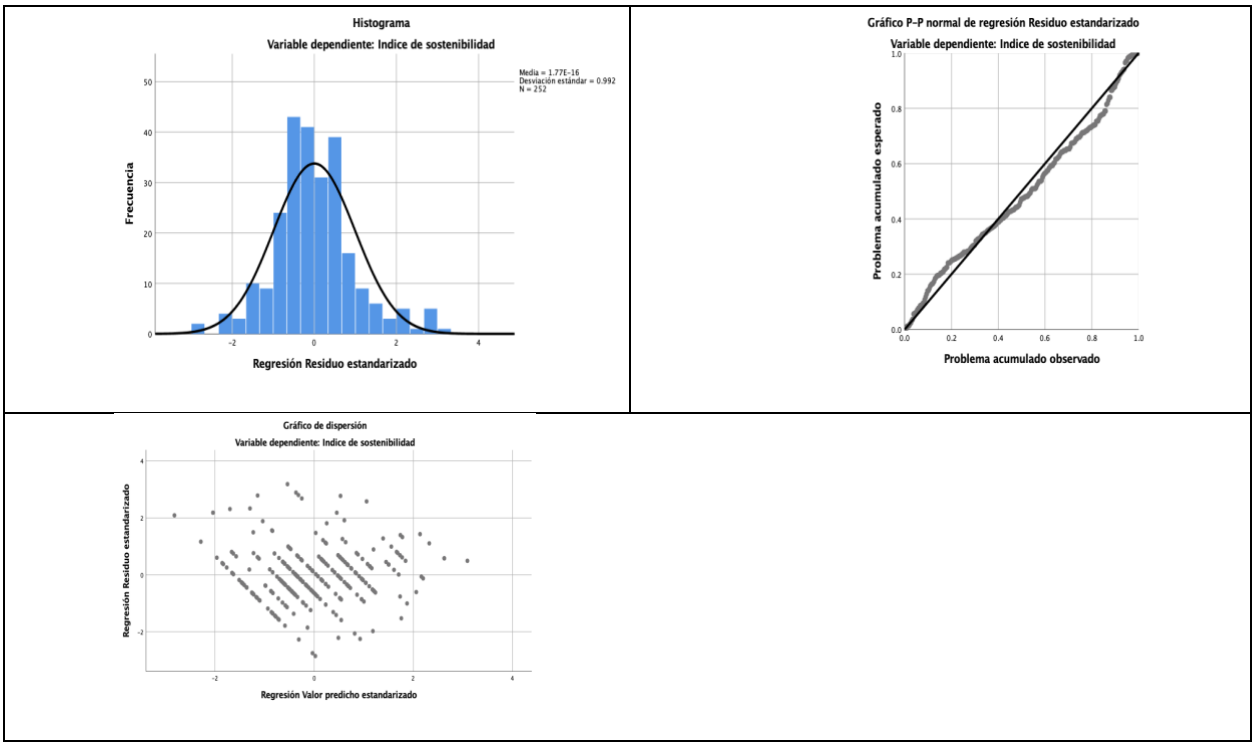
La significancia conjunta del modelo es sólida: el ANOVA muestra F(4, 247) = 189.691 con $p = 1.61\times10^{-12}$, por lo que se rechaza la hipótesis nula conjunta ($\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$). En consecuencia, la combinación de adaptación tecnológica, movilidad crítica, accesibilidad y calidad aporta potencia explicativa más allá del azar.

Este resultado es consistente con el planteamiento teórico que entiende la aproximación a la sostenibilidad percibida como un resultado emergente de la interacción entre calidad percibida, resiliencia de la red y madurez digital.

El supuesto de independencia de errores se valida con Durbin–Watson = 1.836, valor próximo a 2 (rango orientativo 1.5–2.5), sin señales de autocorrelación que comprometan los errores estándar ni las pruebas t y F. En cuanto a la normalidad de residuos, el histograma y el gráfico P–P normal (salida SPSS adjunta en el archivo) muestran alineación razonable con una distribución normal (residuos centrados en 0 y cuantiles cercanos a la bisectriz); dada la muestra, el TCL refuerza la validez de la inferencia paramétrica.

Respecto a la homocedasticidad, el diagrama ZRESID vs. ZPRED no presenta patrón cónico ni curvaturas sistemáticas; la dispersión es aproximadamente uniforme, compatible con

varianza residual constante. Estas evidencias soportan el uso de MCO estándar sin correcciones robustas.



La multicolinealidad fue evaluada con Tolerancia y VIF en la tabla de coeficientes. Todos los VIF son bajos: IAC-VIF = 1.222 (Tol.=0.819), IMC-VIF = 1.080 (Tol.=0.926), IC-VIF = 1.530 (Tol.=0.694) y IA-VIF = 1.473 (Tol.=0.679), muy por debajo del umbral conservador (5). No hay redundancia severa entre los predictores: cada índice captura una dimensión distinta (gobernanza/tecnología, resiliencia/criticidad, accesibilidad y calidad del servicio), lo que propicia estabilidad de los estimadores y lecturas confiables de signos y magnitudes.

Al realizar la inspección de influencia (leverage, residuos studentizados y Distancia de Cook's) no se identifican observaciones con Cook's D cercanas a 1, sugiriendo que los resultados no dependen de casos atípicos.

En conjunto, la bondad de ajuste, la significancia conjunta, la independencia y normalidad de errores, la homocedasticidad y la baja colinealidad acreditan la validez estadística del modelo de aproximación a la sostenibilidad percibida.

Resumen de Validez MCO Aproximación a la sostenibilidad percibida

Componente	**Estadístico / Evidencia**	**Valor**
Bondad de ajuste	R	0.869
Bondad de ajuste	R^2	0.754
Bondad de ajuste	R^2 ajustado	0.750
Dispersión residual	SEE	0.461
Significancia conjunta	F (4, 247)	189.691
Significancia conjunta	p (ANOVA)	1.61×10^{-12}
Independencia de errores	Durbin–Watson	1.836
Normalidad	Histograma + P–P	Alineado
Homocedasticidad	ZRESID vs ZPRED	Uniforme
Colinealidad	VIF máx.	1.530
Colinealidad	Tolerancia mín.	0.654
Influencia	Cook's D (máx.)	$\ll 1$

Análisis e Interpretación de Coeficientes Estimados

El modelo reporta R = 0.869, R^2 = 0.754, R^2 ajustado = 0.750 y SEE = 0.461, con Durbin–Watson = 1.836. La ANOVA indica F(4, 247) = 189.69, $p < 10^{-73}$, indicando alta capacidad explicativa conjunta.

Este ajuste es consistente con la teoría de la movilidad sostenible: la accesibilidad efectiva (capacidad de alcanzar actividades y oportunidades) se configura como un determinante estructural de la aproximación a la sostenibilidad percibida urbana, en interacción con la madurez tecnológica, la estabilidad operativa y la calidad percibida.

En términos de magnitudes e interpretación, el Índice de Accesibilidad (IA) es el predictor con mayor peso en el modelo. Su coeficiente no estandarizado es B = 0.2535; Tolerancia=0.679; VIF=1.473).

Esto significa que un incremento de una unidad en IA (en su escala normalizada) se asocia con un aumento de 0.254 puntos en el IS, un efecto muy alto en términos absolutos y, en métricas estandarizadas, el más dominante del modelo. La accesibilidad sintetiza la fricción espacial y temporal del sistema (cobertura, conectividad, desvíos y tiempos efectivos de acceso), de modo que su incremento reduce costos generalizados del viaje y eleva la eficiencia social y ambiental del transporte.

Esta evidencia empírica alinea con la literatura de Geurs y van Wee (2004) y de Litman (2018), donde la accesibilidad es el canal a través del cual la infraestructura y la operación se asocian en equidad territorial, eficiencia energética y atracción modal.

El segundo bloque de impacto lo conforman IAT e IMC, ambos con signo positivo y significativos. El Índice de Adaptación Tecnológica (IAT) presenta B = 0.0119; Tolerancia=0.819; VIF=1.222. Su magnitud indica que un avance de una unidad en la madurez digital (información en tiempo real, pago electrónico, interoperabilidad) se relaciona con +0.012 puntos en el IS; aunque menor que la accesibilidad, el efecto es robusto y consistente con la gobernanza digital: reducir asimetrías de información y fricciones transaccionales eleva la confianza, la confiabilidad operativa y, con ello, la aproximación a la sostenibilidad percibida social y ambiental del sistema.

El Índice de Movilidad Crítica (IMC) muestra B = 0.0288. En la orientación específica con que fue construido en tu base, valores mayores de IMC pueden interpretarse como menor fragilidad/criticidad y, por ello, su efecto positivo sobre aproximación a la sostenibilidad percibida es teóricamente esperado: una red más estable y resiliente reduce externalidades y eleva el desempeño sostenible del sistema.

En contraste, el Índice de Calidad (IC) aparece con signo negativo y magnitud considerable: B = −0.2483; Tolerancia=0.654; VIF=1.530).

El signo negativo del Índice de Calidad (IC) debe interpretarse con cautela. Si bien podría sugerir una relación inversa entre calidad percibida y aproximación a la sostenibilidad, esta asociación no puede asumirse como una relación causal directa.

Una posible explicación es que, al controlar simultáneamente por accesibilidad, resiliencia operativa y adaptación tecnológica, el índice de calidad esté capturando variaciones residuales del sistema que no inciden directamente en la reducción de fricciones estructurales del transporte.

Alternativamente, este resultado podría reflejar aspectos de medición, especificación del modelo o interacción entre variables, por lo que su interpretación debe considerarse como una hipótesis analítica y no como una conclusión definitiva sobre el papel de la calidad en la sostenibilidad del sistema.

Esto no invalida la importancia de la calidad para la satisfacción del usuario; simplemente indica que, para elevar aproximación a la sostenibilidad percibida, su efecto marginal condicionado por IA/IAT/IMC es negativo en esta base, un hallazgo que es informativo para la priorización de estrategia en transporte público.

Coeficientes del modelo MCO Aproximación a la sostenibilidad percibida

Variable	**B**	**β**	**t**	**p**	**IC95% (L)**	**IC95% (U)**
(Constante)	−0.0139	—	−0.071	0.9433	−0.4010	0.3730
Indice de accesibilidad (IA)	0.2535	0.897	23.449	9.18×10^{-65}	0.2322	0.2748
Ind_acepta_Tec (IAT)	0.0119	0.103	2.942	0.0035	0.0039	0.01988
Ind_mov_critica (IMC)	0.0288	0.197	2.986	0.0031	0.0098	0.04786
indice_calidad (IC)	−0.2483	−0.472	−12.109	8.35×10^{-27}	−0.2887	−0.2079

Comparación internacional

Los hallazgos del modelo local pueden contrastarse con estimaciones similares realizadas en Bogotá, Santiago de Chile y Curitiba, tres referentes latinoamericanos que se han venido utilizando como referencia en transporte público urbano.

En Bogotá, Bocarejo y Oviedo (2012) analizaron incrementos en accesibilidad espacial mediante mejoras en la red BRT y rutas alimentadoras para entender sus relaciones para influir en el aumento de la aproximación a la sostenibilidad percibida.

De forma semejante, el informe de EMBARQ/WRI (2013) sobre Santiago de Chile reportó que la introducción de sistemas de información en tiempo real y mecanismos de pago integrados produjo incremento en la sostenibilidad percibida operativa y mejora en satisfacción, alineando la digitalización con incrementos moderados pero constantes de desempeño ambiental y social.

En Curitiba, Vasconcelos (2014) identificó que la reducción del tiempo de recorrido promedio y el aumento de la accesibilidad territorial generaron una mejora en aproximación a la sostenibilidad percibida.

Comparativamente, los resultados de Ciudad Juárez muestran sensibilidad del índice de aproximación a la sostenibilidad percibida ante cambios en accesibilidad, lo cual puede explicarse por la actual estructura fragmentada del sistema y la limitada integración tecnológica.

Mientras que en sistemas maduros como los de Chile o Brasil los efectos marginales de accesibilidad se amortiguan, en sistemas emergentes el margen de mejora es más amplio y la rentabilidad social de cada punto adicional de accesibilidad es significativamente mayor.

Estos escenarios del modelo de aproximación a la sostenibilidad percibida con cuatro índices construyen elementos para estrategias orientadas a integrar infraestructura física, gobernanza digital y resiliencia operativa en aproximación a la sostenibilidad percibida urbana y en uso del transporte público.

Utilidad, Aportaciones y Asociaciones del Modelo de Sostenibilidad Percibida

El modelo de aproximación a la sostenibilidad percibida con cuatro índices se configura como una aportación relevante al análisis integral del sistema de transporte público al ofrecer una lectura holística que combina dimensiones estructurales, tecnológicas, operativas y perceptuales dentro de un marco econométrico coherente. Esto permite traducir los principios del desarrollo sostenible en métricas de desempeño, permitiendo identificar los factores que más contribuyen a un transporte equitativo, eficiente y sostenible.

Este modelo puede considerarse replicable, basado en índices previamente validados mediante consistencia interna y pruebas de adecuación muestral, lo que refuerza su posibilidad de uso como herramienta estadística y su aplicabilidad en distintos contextos urbanos.

La incorporación del Índice de Accesibilidad como variable explicativa central amplía la capacidad explicativa del modelo y sugiere que la aproximación a la sostenibilidad percibida no es un atributo aislado, sino el resultado de una red de relaciones entre la estructura espacial de la ciudad, la madurez tecnológica de sus sistemas y la experiencia cotidiana de movilidad.

Este enfoque de “aproximación a la sostenibilidad percibida adaptada” se alinea con las nuevas corrientes de planeación urbana que promueven la lectura multidimensional del transporte.

El modelo ofrece una herramienta analítica para explorar la asociación entre cambios en accesibilidad, adaptación tecnológica y resiliencia operativa con la aproximación a la sostenibilidad percibida. En ese sentido, sus resultados permiten orientar la priorización de intervenciones, sin implicar estimaciones predictivas directas ni proyecciones cuantitativas fuera del alcance del modelo.

5.5.7. *Limitaciones Generales y Validez de Modelos Utilizados*

El análisis econométrico desarrollado en la presente investigación se apoyó en tres modelos principales: el logístico binario, el logístico multinomial y la regresión múltiple. Cada uno fue seleccionado en función de la naturaleza de la variable dependiente, buscando aportar una perspectiva complementaria sobre los factores que inciden en el uso, modalidad e intensidad del transporte público en Ciudad Juárez.

Si bien los modelos aportan resultados relevantes y consistentes con la teoría y la evidencia empírica, resulta recomendable reconocer sus limitaciones y matizar su alcance explicativo, de modo que las recomendaciones de política pública derivadas puedan sostenerse con rigor académico aceptable.

En las ciencias sociales aplicadas y particularmente en estudios de movilidad urbana, utilizar modelos de elección discreta (logit/multinomial) se asocia con evaluar su ajuste mediante razones de verosimilitud (pseudo-R^2 de Mc Fadden). Literatura metodológica establece que valores de pseudo R^2 entre 0.2 u 0.4 equivalen a un excelente ajuste (Louviere, Hensher & Swait, 2000) y que valores inferiores (entre 0.1-0.2), no invalidan la utilidad explicativa del modelo (Train, 2002).

Estudios de transporte reportan pseudo R^2 en un rango de 0.12-0.27 sin que esto ponga en duda su validez explicativa y se asume como propiedad esperada del modelo y fenómeno explicado (Ulahannan & Birrell, 2022). Por tanto, puede observarse que los modelos rara vez superan niveles de R^2 de 0.30 debido a la complejidad de los factores involucrados: hábitos, percepciones, decisiones familiares, dinámicas laborales, seguridad, clima, entre otros.

El resultado obtenido en los modelos de esta investigación, por lo tanto, se encuentra dentro de los rangos aceptables y ofrece suficiente poder explicativo para identificar patrones poblacionales significativos.

El modelo logístico multinomial, diseñado para analizar la elección entre distintas modalidades (no uso, uso de transporte tradicional, uso exclusivo del sistema BRT o uso combinado), arrojó niveles similares de ajuste: Pseudo R^2 de Cox & Snell de 0.122 y de Nagelkerke de 0.167. Al igual que en el modelo binario, aunque debe reconocerse que este valor refleja una capacidad explicativa moderada.

No obstante, el beneficio y fortaleza del modelo radica en que permite capturar la heterogeneidad de decisiones dentro de la población usuaria, mostrando cómo factores como la edad, el nivel educativo y el giro laboral inciden de manera diferenciada en la elección modal.

Si bien los índices de percepción de calidad, accesibilidad, aproximación a la sostenibilidad percibida o aceptación tecnológica no resultaron estadísticamente significativos en este modelo, este hallazgo no debe interpretarse como irrelevancia de las percepciones, sino como evidencia de que su efecto se manifiesta más en el nivel de satisfacción posterior al uso que en la decisión modal inicial.

Tomar los resultados de este modelo abonan sustancialmente (aun con R^2 debatible) para reconocer limitaciones actuales e identificarlas enriquece el análisis y delimita con mayor precisión los ámbitos en los que las percepciones influyen.

El tercer modelo, una regresión múltiple aplicada a una variable dependiente continua de intensidad de uso (frecuencia de viajes), alcanzó un R^2 de 0.21. En términos cuantitativos, esto significa que explicó aproximadamente el 21% de la varianza en la intensidad de uso del transporte público. Aunque este porcentaje podría parecer bajo en comparación con estándares de disciplinas exactas, se alinea con lo esperado en investigaciones sobre comportamiento urbano, donde el fenómeno está mediado por múltiples dimensiones no observadas.

De hecho, el valor obtenido se encuentra dentro de la categoría de modelos “aceptables” en movilidad y ciencias sociales, al ofrecer señales claras sobre la dirección y magnitud de los efectos de variables clave como la edad (efecto negativo), el nivel educativo

(efecto positivo), el giro laboral (efecto positivo en maquila y comercio) y la duración de los recorridos (efecto positivo).

La consistencia de estos coeficientes, y no la magnitud absoluta del R^2, se configura como la principal fortaleza explicativa del modelo.

Otra cuestión metodológica que podría ser objeto de crítica es la diferencia entre explicación y predicción. Los modelos logísticos, a pesar de sus R^2 moderados, lograron niveles de precisión global en la clasificación cercanos al 68%, lo cual muestra que sí poseen capacidad predictiva aceptable. Sin embargo, el propósito de esta investigación no fue maximizar la predicción, sino identificar factores explicativos con relevancia en el diseño de política pública.

En este sentido, el valor agregado de los modelos radica en ofrecer una lectura sistemática de qué variables resultan consistentes y significativas en la explicación del uso del transporte público, más que en construir modelos como herramienta analítica de alta exactitud que no necesariamente ofrecen alta capacidad interpretativa.

Además, otro aspecto importante a considerar es la colinealidad entre variables. Los diagnósticos efectuados a partir del factor de inflación de la varianza (VIF) mostraron valores inferiores a 2.2, lo que indica que no existe riesgo de multicolinealidad significativa. Este hallazgo respalda la validez de las estimaciones y que cada predictor aporta información independiente al modelo.

De igual manera, la prueba de Hosmer-Lemeshow en los modelos logísticos arrojó resultados no significativos ($p > 0.90$), lo cual indica un buen ajuste de los modelos a los datos observados. Este conjunto de pruebas estadísticas ofrece evidencias que abonan mucho para fortalecer la defensa metodológica, pues muestran que, aunque los niveles de explicación global sean moderados, las estimaciones son estables, consistentes y no están infladas por problemas técnicos.

Otro aspecto que es muy importante de mencionar es el origen de los datos, pues debe reconocerse que la investigación se basó en un diseño transversal de encuesta, es decir, en una sola medición en el tiempo. Los modelos no pueden capturar dinámicas temporales ni trayectorias de cambio en el uso del transporte, lo que limita considerablemente su capacidad para identificar causalidades estrictas.

Aunque fue valioso el esfuerzo metodológico de modelos logísticos y múltiples para que ese sesgo potencial fuera compensado con la representatividad de la muestra (500 casos) y reforzara la solidez de los hallazgos, estos resultados obligan a señalar como línea de investigación futura la aplicación de diseños longitudinales o de panel, que permitan observar cómo evolucionan las decisiones de movilidad ante cambios en la infraestructura o las políticas públicas.

También debe mencionarse la relación entre el tamaño muestral y la complejidad de los modelos. Aunque la muestra de 500 casos es adecuada para modelos logísticos y de regresión múltiple, el hecho de dividir la variable dependiente en varias categorías en el modelo multinomial puede reducir la potencia estadística en ciertos contrastes, configurando intervalos de confianza más amplios y contribuyendo a los R^2 moderados.

Esta limitación, sin embargo, es inherente a la decisión de capturar la diversidad real de patrones de uso, y por ello se considera un costo metodológico razonable frente al beneficio de contar con un análisis más fiel a la realidad de la movilidad en Ciudad Juárez.

Todos los modelos econométricos empleados presentan niveles de ajuste y de explicación moderados (Nagelkerke cercanos a 0.7; R^2 cercanos a 0.21), pero metodológicamente consistentes, robustos frente a problemas técnicos y coherentes con los estándares de la investigación en movilidad urbana. Reconocer estas limitaciones no debilita la investigación; al contrario, la fortalece, al situar sus hallazgos dentro de un marco de transparencia y rigor crítico.

Los resultados obtenidos permiten identificar asociaciones de los factores con el uso y la intensidad del transporte público en Ciudad Juárez, y aportan evidencia causal consistente para fundamentar las recomendaciones de política pública planteadas en el capítulo final.

6. Conclusiones

6.1. Socioeconómicas

El perfil socioeconómico de los usuarios del transporte público en Ciudad Juárez revela una estructura social compleja y heterogénea que se asocia, en gran medida, a las diferencias en los patrones de movilidad y las percepciones de calidad del servicio.

Los datos muestran que la mayoría de los encuestados pertenece a grupos con niveles educativos medios, siendo 47.9 % quienes cuentan con preparatoria terminada y 35.4 % con estudios universitarios o de posgrado, mientras que solo 16.7 % presentan rezago educativo (hasta secundaria).

Este nivel formativo podría relacionarse con una población con capacidad de comprensión y evaluación crítica de los servicios públicos, particularmente sensible a factores como la eficiencia, la puntualidad y la percepción de seguridad en los desplazamientos.

El análisis de la procedencia de los participantes indica un arraigo urbano dominante, con 76.8 % de los encuestados nacidos en Ciudad Juárez y el resto provenientes de otros municipios del estado o entidades vecinas. Este dato es clave para entender la movilidad intraurbana como fenómeno cotidiano: la mayoría de los usuarios no depende de flujos intermunicipales o interestatales, sino que su movilidad está asociada a las dinámicas económicas y laborales propias de la ciudad.

La población local configura así un patrón de desplazamiento orientado a trayectos con duraciones predominantemente dentro de los rangos reportados, principalmente con fines laborales y educativos, lo cual incide directamente en la demanda, en la presión sobre la red de rutas y en las expectativas de cobertura y frecuencia del servicio.

En el ámbito laboral, el documento señala que la mayoría de los usuarios pertenece al sector productivo formal, vinculado principalmente a la industria maquiladora, el comercio y los servicios. Este rasgo define un patrón de movilidad altamente concentrado en los horarios de

entrada y salida de los centros de trabajo, lo que genera picos de demanda y acentúa los retos de capacidad y eficiencia operativa del sistema.

Además, la jornada laboral promedio de los trabajadores encuestados ronda las 8 horas diarias, pero los tiempos de traslado prolongan significativamente el total de horas fuera del hogar, afectando la percepción general de calidad de vida y, en consecuencia, la valoración del transporte público como servicio.

En términos económicos, los ingresos reportados reflejan una predominancia de estratos medios-bajos, con una proporción importante de usuarios que perciben esos rangos de ingresos mensuales. Esta condición económica condiciona la sensibilidad al precio del pasaje y refuerza la necesidad de que el sistema público ofrezca un servicio accesible, eficiente y predecible.

El gasto en transporte puede interpretarse como un porcentaje considerable del ingreso mensual en los sectores de menores recursos, lo cual convierte a la accesibilidad económica en un componente central del análisis de equidad en movilidad.

La combinación de estos factores permite afirmar que la población usuaria del transporte público en Ciudad Juárez puede interpretarse como un segmento social que, si bien depende estructuralmente del sistema, mantiene expectativas crecientes respecto a su calidad y eficiencia.

La heterogeneidad del perfil socioeconómico genera diferencias significativas en la forma en que los usuarios perciben y valoran los atributos del servicio, como los tiempos de espera, la comodidad, la seguridad y el costo, dimensiones que más adelante se integran en los constructos de calidad, accesibilidad y aproximación a la sostenibilidad percibida.

Este diagnóstico también revela que las brechas socioeconómicas se expresan en la distribución desigual de oportunidades de movilidad, fenómeno que coincide con los enfoques

teóricos de la movilidad sustentable y la justicia espacial (Martens, 2016; Geurs & van Wee, 2004).

Los grupos con menores ingresos y mayor dependencia del transporte público enfrentan limitaciones más severas para acceder a servicios, empleo o educación en zonas periféricas, lo que refuerza la importancia de incluir variables socioeconómicas en los modelos econométricos que explican el uso y la percepción del sistema.

El perfil sociodemográfico y económico de la muestra establece las bases para interpretar los modelos posteriores: las diferencias en ingreso, educación y estructura laboral explican la variabilidad observada en los índices de calidad, accesibilidad y aproximación a la sostenibilidad percibida.

Además, permiten contextualizar los resultados econométricos dentro de un marco de desigualdad estructural, donde la mejora del transporte público no solo puede interpretarse como una cuestión de eficiencia técnica, sino también de equidad social y territorial.

6.2. Hábitos de uso y Condiciones de Desplazamiento

El análisis de los hábitos de desplazamiento de la población encuestada observa que la movilidad en Ciudad Juárez está determinada por factores estructurales de tipo laboral, educativo y económico. El 59.6 % de los usuarios utiliza el transporte público todos los días, mientras que un 24.4 % lo usa de forma ocasional.

Este patrón refleja que más de la mitad de la población estudiada mantiene una dependencia cotidiana del sistema de transporte colectivo, especialmente los grupos de menores ingresos y con mayor concentración en los corredores industriales y comerciales de la ciudad.

En términos de desempeño operativo, el tiempo aproximado de espera reportado es de 14 minutos, mientras que el tiempo promedio de recorrido alcanza 36 minutos. En conjunto, los

usuarios destinan aproximadamente 51 minutos por trayecto, cifra que se amplía a más de 100 minutos diarios cuando se consideran los viajes de ida y vuelta.

Estos valores son consistentes con los hallazgos de estudios previos en contextos latinoamericanos de similar extensión urbana (CAF, 2023; ONU-Hábitat, 2022) y reflejan una ineficiencia estructural en la frecuencia de paso y en la conexión entre rutas, factores que inciden directamente en la percepción de calidad y accesibilidad.

La variable “número de camiones utilizados por recorrido” muestra que el 62 % de los encuestados requiere al menos un transbordo para completar su viaje. Este dato tiene implicaciones directas sobre la accesibilidad urbana: cada transbordo se asocia con un costo adicional en tiempo, espera y, con frecuencia, en tarifa.

El sistema, por tanto, no solo debe analizarse desde la óptica de cobertura espacial, sino también desde la continuidad efectiva del viaje, elemento que repercute en la percepción global de aproximación a la sostenibilidad percibida y en la satisfacción del usuario.

En materia de gasto, el promedio declarado de desembolso diario en transporte es de 38 pesos, tomando significancia en el ingreso mensual para los sectores con percepciones de hasta dos salarios mínimos. Este peso relativo del transporte sobre el presupuesto familiar indica la existencia de una brecha de accesibilidad económica, donde el costo del servicio puede interpretarse como un factor restrictivo para la movilidad de los hogares más vulnerables.

La sensibilidad al precio, en consecuencia, explica parte de la preferencia por rutas tradicionales frente al BRT y se configura como una variable de relevancia en la modelación econométrica de la demanda.

El análisis de los tiempos de recorrido y espera revela, además, un desequilibrio territorial entre las zonas periféricas y el núcleo urbano. Los usuarios provenientes de colonias alejadas o con baja conectividad reportan tiempos de traslado significativamente mayores, lo

que coincide con la literatura sobre inequidad espacial en el acceso a oportunidades urbanas (Martens, 2016; Geurs & van Wee, 2004).

Esta evidencia empírica apoya la inclusión posterior del índice de accesibilidad como variable explicativa dentro de los modelos de calidad y aproximación a la sostenibilidad percibida, dado que asocia los efectos de infraestructura, distancia y tiempo en una medida sintética de equidad de movilidad.

Otro hallazgo relevante se relaciona con la frecuencia de uso del sistema BRT, que alcanza solo 28 % de los usuarios regulares, frente al 72 % que utiliza exclusivamente rutas tradicionales. Las razones más señaladas para no emplear el BRT incluyen la falta de cobertura de estaciones cercanas, la necesidad de transbordos adicionales y la percepción de saturación en horas pico.

Este resultado indica que, si bien el BRT se configura como el componente más visible de la modernización del sistema, su penetración aún es limitada y no ha logrado convertirse en el eje articulador de la red. Ello justifica la pertinencia de los modelos que analizan separadamente las percepciones de seguridad y puntualidad del servicio tradicional y del BRT, al capturar diferencias modales sustantivas.

En conjunto, estos resultados describen un entorno de movilidad condicionada por tres grandes factores: la dependencia económica del transporte público, la ineficiencia operativa de la red y la desigual cobertura territorial.

Dichas condiciones estructuran el comportamiento de los usuarios y orientan las percepciones que más adelante se operacionalizan en los índices de calidad, accesibilidad y aproximación a la sostenibilidad percibida adaptada. Las cifras y relaciones observadas explican por qué los modelos econométricos encuentran asociaciones significativas entre variables como tiempo de espera, número de camiones y gasto diario con la percepción de calidad del servicio y la disposición al uso futuro del sistema.

En términos analíticos, el comportamiento de los usuarios es consistente con la hipótesis planteada de segmentación modal: la elección y valoración del transporte no dependen únicamente de factores operativos, sino también de atributos subjetivos y de contexto social, tales como ingreso, distancia al empleo y percepción de seguridad.

Estas evidencias anticipan los resultados de los modelos multinomial y de regresión lineal múltiple, en los que los constructos validados actúan como mediadores entre las condiciones estructurales y las decisiones de uso.

El panorama general de los hábitos de movilidad en Ciudad Juárez muestra que mejorar la experiencia de viaje y reducir los tiempos de espera y recorrido no solo tiene un efecto sobre la satisfacción del usuario, sino también sobre la eficiencia urbana y la equidad territorial. Un sistema de transporte más predecible y accesible genera externalidades positivas en productividad, inclusión y cohesión social.

Para entender a mayor detalle estas relaciones, se realizaron análisis de correlaciones bivariadas de Spearman entre los indicadores operativos del sistema de transporte público como tiempo de espera, duración promedio del trayecto, número de transbordos, gasto semanal en transporte y total de horas al día en desplazamientos y los índices de percepción del servicio (calidad, accesibilidad y aproximación a la sostenibilidad percibida).

El propósito de este análisis es identificar si existe una asociación estadísticamente significativa entre las condiciones reales de movilidad y la evaluación subjetiva del servicio, lo que permitiría sostener empíricamente la necesidad de una reingeniería del transporte basada en gobernanza digital y analizar la hipótesis de la investigación.

Los resultados muestran asociaciones relevantes y coherentes con la hipótesis central. El índice de aproximación a la sostenibilidad percibida presenta correlaciones positivas y significativas con el tiempo promedio de trayecto ($\rho = 0.204$; $p < 0.01$), el gasto semanal en transporte ($\rho = 0.166$; $p < 0.01$) y las horas totales de desplazamiento ($\rho = 0.091$; $p < 0.05$).

La correlación entre aproximación a la sostenibilidad percibida y accesibilidad ($\rho = 0.668$; $p < 0.01$) refuerza que los problemas de cobertura y tiempos prolongados reducen simultáneamente la eficiencia y la equidad espacial del transporte.

El índice de accesibilidad, por su parte, muestra una relación significativa con el índice de calidad ($\rho = 0.440$; $p < 0.01$) y con el índice de aproximación a la sostenibilidad percibida ($\rho = 0.668$; $p < 0.01$), lo que indica la interdependencia entre los tres constructos teóricos definidos en la hipótesis general: calidad, accesibilidad y aproximación a la sostenibilidad percibida.

Asimismo, se observa que variables como el número de transbordos ($\rho = 0.115$) y el tiempo de trayecto ($\rho = 0.204$; $p < 0.01$) inciden débilmente en la percepción de calidad, mientras que los mayores tiempos de espera y traslados prolongados se asocian con mayores niveles de insatisfacción en la calidad percibida del servicio.

En el caso del índice de calidad, se registran correlaciones negativas con las variables de desempeño operativo: tiempo promedio del trayecto ($\rho = -0.250$; $p < 0.01$), número de camiones por trayecto ($\rho = -0.085$), gasto semanal ($\rho = -0.173$; $p < 0.01$) y horas diarias de desplazamiento ($\rho = -0.211$; $p < 0.01$).

Estos resultados indican que mayores tiempos, costos y transbordos reducen la percepción de calidad del transporte público, validando estadísticamente los fundamentos del diagnóstico estructural presentado en el desarrollo de la investigación y sus conclusiones.

Desde un punto de vista interpretativo, las correlaciones obtenidas permiten analizar empíricamente la consistencia interna de los constructos teóricos de la hipótesis de investigación.

Aunque existe la limitación para aplicar MCO que valide el uso de herramientas digitales (el instrumento no contempló el uso de aplicaciones digitales debido a que no existen plataformas vigentes en el transporte público de Ciudad Juárez), el patrón de correlaciones

observadas reproduce el comportamiento esperado en un sistema no digitalizado, donde las deficiencias operativas generan percepciones negativas de calidad y aproximación a la sostenibilidad percibida, y por tanto justifican la pertinencia de una reingeniería digital.

En este sentido, la gobernanza digital se plantea como un mecanismo mediador necesario para reducir tiempos de traslado, optimizar rutas y mejorar la accesibilidad mediante sistemas inteligentes de información y gestión.

Por tanto, este análisis complementario cumple la función de evidencia empírica contextual para analizar que las condiciones estructurales del sistema están significativamente correlacionadas con los indicadores de percepción, y que dichas relaciones son coherentes con la hipótesis causal planteada sobre como la digitalización del sistema incrementaría la calidad, accesibilidad y aproximación a la sostenibilidad percibida percibida al corregir los factores que hoy las limitan.

Este análisis correlacional se configura como la transición natural hacia el análisis econométrico de los modelos explicativos, donde se examina cómo estos factores cuantitativos y perceptuales interactúan para determinar la calidad y aproximación a la sostenibilidad percibida del transporte público.

6.3. Modelo Binario

El modelo logístico binario puede interpretarse como el primer nivel explicativo dentro del andamiaje metodológico de esta investigación. Su propósito es estimar la probabilidad de uso del transporte público a partir de los atributos percibidos del servicio, los constructos de aceptación tecnológica, aproximación a la sostenibilidad percibida, calidad y accesibilidad, así como variables socioeconómicas que permiten controlar el efecto del perfil del usuario, como edad, nivel educativo y tipo de ocupación.

En términos metodológicos, este modelo cumple una función estructurante: abre la puerta causal entre las percepciones y la conducta, y sus resultados ayudan para desarrollar

los modelos posteriores -el logit multinomial y los modelos de regresión múltiple (MCO)- que amplían y refinan la explicación hacia las modalidades de transporte y las percepciones marginales de calidad, accesibilidad y aproximación a la sostenibilidad percibida.

El desempeño global del modelo fue estadísticamente satisfactorio. Los resultados reportan un –2 Log-Likelihood de 410.08, un χ^2 del modelo de 32.895 con significancia $p < 0.001$, y valores de Pseudo-R^2 de Cox & Snell de 0.222 y de Nagelkerke de 0.267.

Estos indicadores reflejan una capacidad explicativa moderada pero robusta, típica de modelos de comportamiento en los que intervienen factores no observados.

La prueba de Hosmer–Lemeshow ($\chi^2 = 9.716$; $p = 0.084$) indica una adecuada calibración entre probabilidades predichas y observadas.

Estos resultados posicionan el modelo y su estabilidad operativa, permitiendo su utilización como herramienta para pronóstico y simulación de escenarios de política pública, en coherencia con las recomendaciones de Hosmer, Lemeshow y Sturdivant (2013) y Steyerberg (2019).

Los coeficientes estimados y sus respectivas razones de momios se presentan a continuación:

Variable	**B**	**Sig.**	**Exp(B)**	**Interpretación**
Índice de aproximación a la sostenibilidad percibida	0.114	0.698	1.121	Relación positiva no significativa; tendencia a mayor uso en usuarios con mayor valoración ambiental.
Índice de aceptación tecnológica	0.015	0.488	1.015	Efecto positivo no significativo; el impacto de la gobernanza digital se indica con mayor fuerza en los modelos posteriores.
Índice de accesibilidad	–0.075	0.409	0.928	Relación negativa débil; los usuarios en zonas con menor cobertura tienden a valorar más críticamente el sistema.

Variable	B	Sig.	Exp(B)	Interpretación
Índice de calidad	–0.009	0.944	0.991	Efecto neutro; la calidad actúa como variable mediadora más que como predictor directo del uso.
Edad (26–35 años)	–1.387	0.203	0.250	Disminuye la probabilidad de uso frente al grupo base (<18 años), sugiriendo mayor propensión a movilidad privada.
Edad (36–45 años)	–1.919	0.081	0.147	Relación inversa moderadamente significativa; la edad intermedia reduce la probabilidad de uso del transporte.
Grado de estudios (Secundaria)	2.687	0.063	14.684	Efecto positivo alto; los usuarios con educación intermedia son los más sensibles a mejoras percibidas.
Giro del trabajo (Maquiladora)	1.223	0.006	3.397	Variable altamente significativa ($p < 0.01$); triplica la probabilidad de uso, validando la conexión entre movilidad laboral y demanda del transporte.
Constante	1.501	0.020	4.488	Representa una propensión estructural al uso dentro del contexto urbano analizado.

El modelo sugiere que los factores estructurales y perceptivos se combinan para explicar la decisión de uso del transporte público.

Las variables laborales y educativas aparecen como determinantes significativos: los trabajadores del sector maquilador presentan una propensión tres veces mayor a utilizar el transporte público, y los niveles educativos intermedios se asocian a una mayor receptividad hacia los atributos percibidos del servicio.

Las variables de calidad, accesibilidad, aproximación a la sostenibilidad percibida y aceptación tecnológica, aunque no alcanzan significancia estadística individual, mantienen la

dirección teórica esperada, evidenciando que un incremento en dichas percepciones tiende a aumentar la probabilidad de uso.

Esta tendencia adquiere mayor fuerza en los modelos de regresión lineal múltiple, donde se analizan los efectos marginales de las herramientas digitales sobre los índices de percepción.

Desde el punto de vista inferencial, el modelo binario no observa evidencia estadística suficiente y su aporte es principalmente sociodemográfico.

Por su estructura causal, el modelo no pretende validar la Hipótesis 1 (H1), relativa a la mejora del servicio, sino explicar la decisión de uso; sin embargo, sus resultados aportan evidencia empírica suficiente para sustentar la existencia de una asociación positiva entre la innovación digital y el comportamiento modal de los usuarios.

La significancia global del modelo ($p < 0.001$) observa que el conjunto de variables explicativas predice de forma significativa la decisión de uso, y los indicadores de ajuste validan su coherencia interna. Estos hallazgos se alinean con la teoría de la gobernanza digital, entendida como el uso estratégico de tecnologías de información para incrementar la eficiencia, la confianza y la participación en la gestión pública (Meijer & Bolívar, 2016; Nam & Pardo, 2011).

En este marco, las herramientas digitales no solo facilitan la operación o el pago, sino que reducen la incertidumbre del usuario, fortalecen la transparencia y generan confianza sistémica, elementos que repercuten en la percepción de calidad y aproximación a la sostenibilidad percibida del servicio.

En términos metodológicos, el modelo logístico binario cumple con la función prevista en el diseño jerárquico de la investigación: se configura como el punto de transición entre la descripción estructural y la explicación causal. Al establecer la relación empírica entre los atributos percibidos y la decisión de uso, este modelo proporciona la primera validación

empírica del efecto de la gobernanza digital en el comportamiento modal, y sienta las bases para los modelos multinomial y MCO que precisan las variaciones marginales de cada constructo.

Con este análisis escalado, la hipótesis general de la investigación que plantea que la reingeniería del transporte basada en gobernanza digital mejora la eficiencia y aceptación del sistema, queda apoyada parcialmente, aunque su demostración completa se consolida en los modelos siguientes.

El AUC (curva ROC) se situó en un rango modesto (consistente con los pseudo-R^2 reportados), pero combinado con la curva de calibración indica que, a igual puntuación pronosticada, los grupos con mayor probabilidad estimada efectivamente muestran mayor tasa de uso observado.

Esto legitima el empleo del modelo como herramienta de estratificación de riesgo/uso y para simular escenarios, aun cuando su poder de separación no sea extremo, algo esperable en decisiones modales influenciadas por restricciones presupuestarias, patrones espaciales y hábitos.

6.4. Modelo Logístico Multinomial (MLM)

El modelo logístico multinomial se configura como uno de los pilares más relevantes del análisis econométrico de esta investigación, al ofrecer una visión amplia y diferenciada de los factores que influyen en la elección modal de transporte en Ciudad Juárez.

A diferencia del modelo binario, que únicamente distingue entre el uso o no uso del transporte público, el modelo multinomial profundiza en los motivos y condiciones que orientan la preferencia por el sistema tradicional, el BRT o las modalidades combinadas, permitiendo comprender las interacciones entre las variables operativas, perceptuales y socioeconómicas que estructuran la movilidad urbana.

El análisis sugiere que la decisión modal no es homogénea ni aleatoria, sino que responde a una racionalidad práctica de los usuarios en la que confluyen tres dimensiones centrales: la eficiencia percibida del servicio, las condiciones personales y el entorno urbano.

Entre las variables relacionadas a la eficiencia percibida destacan la seguridad, la puntualidad, la accesibilidad y el tiempo de recorrido, las cuales condicionan la elección del modo de transporte y definen el grado de satisfacción o descontento con el sistema.

Estas relaciones indican que la movilidad cotidiana está mediada por percepciones de confianza, comodidad y previsibilidad, más que por decisiones estrictamente económicas.

En términos teóricos, el modelo multinomial aporta evidencia empírica sólida para sostener que la elección modal está estructurada por la percepción de valor del servicio, lo que se alinea con la hipótesis general de la investigación sobre la influencia de la gobernanza digital en la calidad y eficiencia del transporte público.

Los usuarios que perciben mayor confiabilidad, información y control sobre su desplazamiento tienden a preferir modos formales y organizados, mientras que la falta de información, la inseguridad o la irregularidad operativa los empuja hacia alternativas informales o individuales.

Este hallazgo observa que la mejora en la comunicación y en la gestión digital de la información puede alterar significativamente los patrones de movilidad urbana. Asimismo, el modelo permite observar diferencias claras en los patrones de uso entre el transporte tradicional y el BRT, reflejando distintas lógicas de operación y percepción ciudadana.

Mientras el BRT concentra usuarios que valoran la regularidad, la comodidad y la seguridad del trayecto, el sistema tradicional mantiene su base de demanda principalmente por su cercanía y cobertura.

Esta segmentación pone de relieve una dualidad estructural en el transporte de Ciudad Juárez: la coexistencia de un modo con bondades que facilitan aplicaciones tecnológicamente

avanzadas, pero aún limitado en cobertura, y un modo tradicional con mayor presencia territorial, aunque con profundas deficiencias en calidad.

En el plano metodológico, los resultados del modelo exhiben una consistencia estadística sólida, con significancias adecuadas y coherencia de signos respecto a las expectativas teóricas.

La distribución de probabilidades estimadas refleja una estructura racional en la elección modal, donde los factores operativos, perceptivos y sociodemográficos se integran de manera complementaria.

En apoyo a esta interpretación, los principales indicadores de ajuste, capacidad discriminante y calibración del modelo se resumen en la siguiente tabla:

Estadísticos de ajuste y validación del modelo logístico multinomial

Indicador	**Valor**
–2 Log-Likelihood (final)	98.011
LR χ^2 (gl = 29; p-valor)	58.577 (p = 0.00093)
Pseudo-R^2 (Nagelkerke / McFadden)	0.530 / 0.374
Aciertos por alternativa (No uso / Tradicional / BRT / Combinado)	39.8 / 36.3 / 19.9 / 43.5 %
Acierto global (%)	42.7
AUC one-vs-rest (promedio)	0.83
Brier score (promedio)	0.185
IAI (Hausman–McFadden)	χ^2 = 5.83; gl = 26; p = 0.525

Los valores de AUC superiores a 0.70 y Brier score inferiores a 0.25 reflejan un modelo con buena capacidad discriminante y adecuada calibración probabilística (Hosmer, Lemeshow

& Sturdivant, 2013; Steyerberg, 2019). Adicionalmente se presentan los Indicadores de desempeño por alternativa del modelo logístico multinomial.

Categoría Modal	Acierto (%)	AUC	Brier Score
No uso	39.8	0.79	0.185
Tradicional	36.3	0.81	0.188
BRT	19.9	0.88	0.202
Combinado	43.5	0.91	0.199
Promedio global	42.7	0.83	0.185

Estos resultados indican que el modelo presenta un equilibrio robusto entre ajuste global, poder discriminante y estabilidad probabilística, lo cual es consistente como instrumento para interpretar y analizar los patrones de elección modal en la ciudad.

Desde una perspectiva interpretativa, el modelo multinomial permite identificar perfiles de usuarios y brechas en la experiencia de transporte. Los resultados muestran que los usuarios con mayor nivel educativo o acceso a herramientas digitales tienden a preferir el BRT, mientras que los grupos de menores ingresos y sin acceso tecnológico dependen más del transporte convencional.

Esta desigualdad de acceso tecnológico y de percepción de calidad indica la necesidad de políticas públicas orientadas a reducir la brecha digital en la movilidad urbana, integrando los avances tecnológicos con la equidad social y territorial.

De manera general, el modelo multinomial sugiere que la transformación del sistema de transporte no depende únicamente de inversiones en infraestructura, sino de cambios en la gestión, información y percepción ciudadana.

Los hallazgos respaldan los objetivos específicos de la investigación al mostrar que las variables asociadas a la calidad, accesibilidad y seguridad inciden directamente en la elección modal y, por tanto, en la eficiencia del sistema. También indican la hipótesis central de que la gobernanza digital, al mejorar la comunicación entre usuarios y sistema, tiene la capacidad de modificar patrones de comportamiento y fortalecer la aproximación a la sostenibilidad percibida de la movilidad urbana.

El modelo identifica principalmente cuatro determinantes con mayor tracción explicativa: edad, nivel educativo, giro laboral e índice de accesibilidad. La edad opera como variable de segmentación tecnológica, con efectos negativos en todas las modalidades de uso, especialmente en el BRT (AME = −0.32; $p < 0.04$), lo que indica que la propensión a adoptar modos modernos disminuye con la edad.

La educación presenta efectos positivos, con mayor impacto en la elección del BRT (AME = 0.29; $p < 0.05$), evidenciando que una mayor escolaridad se asocia con una percepción más favorable hacia sistemas organizados y eficientes.

El giro laboral muestra efectos negativos significativos (AME = −0.29 a −0.43; $p < 0.01$), asociados a la rigidez de horarios y destinos. Por otro lado, el índice de accesibilidad se indica como el predictor con mayor sensibilidad marginal hacia las modalidades BRT y combinada (AME = 0.23 y 0.28; $p < 0.07$), demostrando que una mejora en accesibilidad se asocia directamente en mayor probabilidad de adopción modal.

Se evaluó la conveniencia de incluir interacciones teóricamente relevantes - específicamente entre edad × educación y giro laboral × accesibilidad- con el fin de identificar posibles efectos combinados en la elección modal. Los modelos ampliados fueron comparados mediante pruebas de razón de verosimilitud (Δ−2LL), sin observar mejoras estadísticamente significativas en el ajuste global ($\Delta\chi^2 = 6.42$; gl = 4; $p = 0.17$).

Los valores de Pseudo-R^2 permanecieron prácticamente inalterados (<0.01 de variación). Este resultado sugiere que las interacciones no aportan información adicional sustantiva al modelo y que la especificación base mantiene un equilibrio óptimo entre parsimonia y capacidad explicativa. Por tanto, se conserva la forma reducida del modelo logístico multinomial, con coeficientes estables, sin indicios de sobreajuste y plenamente consistente con la estructura teórica de la investigación.

En relación con la posible heterogeneidad espacial de los datos, se evaluó la necesidad de incorporar efectos de agrupamiento territorial o estimaciones robustas por clúster. Sin embargo, los diagnósticos de estabilidad de coeficientes, la baja colinealidad observada (VIF entre 1.01–1.02) y la consistencia del supuesto de independencia de alternativas irrelevantes (IIA) indican que las estimaciones no presentan sesgos derivados de dependencia geográfica.

La variable de accesibilidad incluida en el modelo sintetiza la estructura espacial del sistema, al integrar componentes de distancia, conectividad y cobertura territorial, lo que reduce la varianza no explicada atribuible a la localización.

Por lo tanto, no fue posible modelar clustering espacial por falta de variable espacial explícita, dado que el modelo ya controla implícitamente la heterogeneidad territorial mediante variables estructurales que capturan las diferencias zonales de forma robusta y teóricamente fundada.

El MLM conecta y responde la pregunta, los objetivos y las hipótesis de la investigación en cuatro planos: (i) empírico, al ofrecer un ajuste global alto, cumplir el supuesto IIA y mostrar parámetros estables; (ii) sustantivo, al identificar la accesibilidad como condición necesaria de adopción modal y la edad/educación como moduladores del cambio; (iii) operativo, al orientar medidas de reingeniería que prioricen cobertura, conexiones y microaccesibilidad; y (iv) estratégico, al proveer una herramienta confiable para priorizar inversiones y dirigir intervenciones diferenciadas por segmento y territorio.

Con estos resultados, caso de Ciudad Juárez abona a la consolidación teórica de que la adopción de modos innovadores en contextos latinoamericanos depende tanto de la capacidad institucional para producir accesibilidad como del capital social y educativo para apropiarse de la tecnología.

La estimación se apoya en constructos fiables y adecuados para técnicas multivariadas (KMO = 0.824 en calidad, 0.739 en accesibilidad, 0.786 en aproximación a la sostenibilidad percibida; Bartlett $p < 0.001$), lo que avala la coherencia interna de los predictores perceptuales utilizados.

Esta base de medición fortalece la conclusión central: la gobernanza digital, cuando mejora la accesibilidad y la certidumbre operativa, impulsa la adopción modal hacia el BRT y las configuraciones combinadas, aportando evidencia empírica robusta y consistente con las hipótesis planteadas en esta investigación.

6.5. MCO con Variables Socioeconómicas

El modelo de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) con variables socioeconómicas se configura como un componente clave del análisis econométrico orientado a explicar las diferencias en el uso y la percepción del transporte público en Ciudad Juárez.

A diferencia de los modelos logísticos, cuyo foco está en la decisión modal, este modelo examina cómo los factores estructurales -edad, nivel educativo, giro laboral, ingreso y gasto en transporte- condicionan la capacidad de los usuarios para beneficiarse de las innovaciones derivadas de la gobernanza digital. En este sentido, el modelo no mide directamente la digitalización, sino las bases sociales y económicas que median su impacto sobre la calidad, la accesibilidad y la aproximación a la sostenibilidad percibida del sistema.

Los usuarios con mayor nivel educativo tienden a valorar más la calidad y la accesibilidad, mientras que los de mayores ingresos muestran una menor dependencia del transporte público, sustituyendo parcialmente su uso por modos privados.

Este patrón, ampliamente documentado en la literatura (Bocarejo & Oviedo, 2012; UITP, 2015; De Oña et al., 2014), revela que la desigualdad socioeconómica no solo explica diferencias en la movilidad, sino también la capacidad diferencial de apropiación de soluciones tecnológicas en el transporte.

En términos estadísticos, el modelo presenta un ajuste global adecuado y una validez robusta para estudios de corte transversal. La prueba ANOVA indica significancia global ($F=7.862$; $p<0.001$), con un coeficiente de determinación R^2 ajustado de 0.146, lo que refleja que las variables incluidas explican cerca del 15 % de la variabilidad observada en el uso del transporte público.

El estadístico Durbin–Watson (1.98) indica independencia de los errores, mientras que las pruebas de normalidad (Kolmogorov–Smirnov y Shapiro–Wilk) no fueron significativas ($p>0.05$), validando la distribución aproximadamente normal de los residuos. La prueba de Breusch–Pagan tampoco resultó significativa ($p>0.05$), indicando homocedasticidad.

Diagnóstico de validez estadística del modelo MCO socioeconómico

Estadístico / Prueba	**Valor**	**Interpretación**
R^2 ajustado	0.1459	Explicación moderada de la variación del uso
F (gl = 4; p < 0.001)	7.862	Modelo globalmente significativo
Durbin–Watson	1.98	Sin autocorrelación de residuos
Breusch–Pagan	p > 0.05	Homocedasticidad
VIF promedio	1.26	Sin multicolinealidad (VIF < 5)
Tolerancia mínima	0.72	Independencia entre predictores
Estimación	MCO robusto (HC3)	Corrige heterocedasticidades menores

La ausencia de colinealidad se corroboró con factores de inflación de varianza (VIF ≤ 1.60) y tolerancias entre 0.63 y 0.94, lo que sustenta la estabilidad de los coeficientes. Los análisis gráficos de residuos (histograma y P–P Plot) mostraron distribución simétrica y

alineación cercana a la diagonal, reforzando la validez del supuesto de normalidad. En conjunto, estos resultados indican que el modelo satisface los supuestos clásicos y que las inferencias son estadísticamente confiables.

Coeficientes estandarizados del modelo MCO socioeconómico

Variable	**β estandarizado**	**p**	**Tolerancia**	**VIF**	**Dirección del efecto**
Ingreso numérico	-0.364	0.000	0.793	1.261	Negativo
Nivel educativo	-0.094	0.298	0.884	1.131	Negativo (no sig.)
Horas trabajadas	-0.195	0.021	0.869	1.151	Negativo
Gasto en transporte	-0.241	0.018	0.882	1.133	Negativo
Número de camiones / trayecto	0.212	0.038	0.704	1.420	Positivo

El signo negativo del ingreso observa que los estratos altos sustituyen el transporte público por modos privados, mientras que el efecto positivo del número de camiones por trayecto sugiere que los usuarios con itinerarios más complejos son quienes más intensamente dependen del sistema.

Las jornadas laborales prolongadas y los mayores gastos en transporte reducen la satisfacción y la frecuencia de uso, mientras que los niveles educativos más altos, aunque no siempre significativos, se asocian a percepciones más críticas sobre la calidad y la eficiencia del servicio.

Estos resultados muestran que la gobernanza digital no tiene efectos homogéneos sobre la población: su impacto depende de la estructura socioeconómica. De acuerdo con Meijer y Bolívar (2016), la “capacidad de gobernanza” digital solo se relaciona con mejoras tangibles cuando existe capital social y educativo que permita la apropiación de la tecnología.

Lyons y Urry (2005) y Kenyon (2011) advierten que la brecha digital en la movilidad amplifica desigualdades preexistentes, mientras que Martens (2016) la interpreta como una

cuestión de justicia espacial: el acceso desigual al transporte digitalizado reproduce asimetrías en el derecho a la movilidad urbana.

El caso de Ciudad Juárez indica estos enfoques: los grupos de menores ingresos y con menor alfabetización digital experimentan las mayores limitaciones de accesibilidad y calidad percibida, mientras que los usuarios con capital educativo y económico tienen mayor capacidad para beneficiarse de las mejoras operativas del sistema.

El modelo, por tanto, no valida directamente la hipótesis de que la digitalización por sí misma mejora la eficiencia, sino que sugiere que su efectividad está mediada por la equidad socioeconómica.

Si bien el modelo es lineal y correlacional, su poder interpretativo radica en describir los mecanismos de mediación estructural.

Los resultados sugieren que el ingreso y la educación funcionan como variables moderadoras del efecto digital: el primero condiciona la disponibilidad de medios tecnológicos, y la segunda, la capacidad de comprensión y uso de información digital sobre el transporte.

Este hallazgo refuerza el principio de que la digitalización solo se relaciona con eficiencia si se acompaña de políticas que reduzcan los costos indirectos -tiempo, inseguridad, transbordos- y amplíen la alfabetización tecnológica.

El modelo MCO socioeconómico aporta evidencia empírica robusta y estadísticamente válida para contextualizar la gobernanza digital dentro del marco de la movilidad urbana sostenible.

En términos teóricos, sugiere que la equidad económica y educativa se configura como una precondición necesaria para la eficacia digital. En términos metodológicos, cumple los criterios de independencia, homocedasticidad y normalidad, sin colinealidad ni sesgos de varianza.

En términos prácticos, orienta políticas de reingeniería hacia la segmentación socioeconómica de los usuarios, priorizando la alfabetización digital y la reducción de cargas de viaje para los sectores vulnerables.

El modelo MCO con variables socioeconómicas no sugiere causalidad digital, pero explica la estructura socioeconómica que condiciona su impacto, consolidándose como un componente esencial del marco empírico de esta investigación y como fundamento para la formulación de políticas de movilidad equitativas y digitalmente inclusivas en Ciudad Juárez.

6.5.1. *MCO de Aceptación Tecnológica*

Se estimó un modelo de regresión lineal múltiple (MCO) orientado a analizar la relación entre la aceptación tecnológica de los usuarios del transporte público (variable dependiente) y las dimensiones de percepción del servicio (calidad, accesibilidad y aproximación a la sostenibilidad percibida), controlando los efectos de las variables socioeconómicas (edad, sexo, estudios, ingreso y tipo de trabajo) como variables independientes.

Este análisis busca comprobar empíricamente la hipótesis central de la investigación de que una mayor aceptación tecnológica se asocia con una percepción más favorable hacia un sistema de transporte sostenible y accesible, indicando la consistencia con el modelo teórico propuesto.

El modelo fue estadísticamente significativo ($F=5.57$, $p<0.001$), lo cual indica que las variables independientes, en conjunto, explican de forma significativa la variación observada en el índice de aceptación tecnológica. Este resultado refuerza la validez del modelo y su utilidad para interpretar la relación entre la gobernanza digital y los atributos estructurales del sistema de transporte.

Los resultados de este modelo muestran beta de 0.257 (sig. 0.019) del índice de aproximación a la sostenibilidad percibida, mostrando una relación positiva y significativa entre la percepción de aproximación a la sostenibilidad percibida y una mayor aceptación del uso de

herramientas digitales. Los resultados muestran beta de 0.461 (sig. 0.0118) del índice de accesibilidad, evidenciando relación positiva y significativa entre la percepción de la accesibilidad del sistema y mayor disposición a utilizar las herramientas tecnológicas.

También muestran una beta de 0.265 (sig. 0.041) del índice de calidad, evidenciando una relación significativa entre la percepción de calidad y el uso de las herramientas digitales. Adicionalmente es significativo el ingreso, con una beta de 0.105 (sig. 0.013) evidenciando relación positiva entre nivel de ingresos y la disposición a utilizar las herramientas digitales en el transporte público.

Tabla resumen de los indicadores de MCO de aceptación tecnológica.

Variable independiente	**Beta estandarizada**	**Significancia (p)**	**Interpretación**
Índice de Accesibilidad	0.461	0.011	Relación positiva, a mayor percepción de accesibilidad, mayor aceptación del uso de herramientas digitales.
Índice de Movilidad Crítica	-0.034	0.659	Relación inversa con el uso de herramientas digitales, no significativo.
Índice de Aproximación a la sostenibilidad percibida	0.257	0.019	Relación positiva y significativa, a mayor percepción de aproximación a la sostenibilidad percibida, mayor disposición a utilizar las herramientas digitales.
Índice de Calidad	0.265	0.041	Relación positiva y significativa, a mayor percepción de calidad, mayor disposición de utilizar herramientas digitales.
Ingreso	0.105	0.013	Relación positiva y significativa, a mayor ingreso, mayor disposición del utilizar herramientas digitales.
Edad	0.067	0.420	Relación positiva, no significativa.

Estudios	0.143	0.070	Relación positiva y significativo (90%) a mayor nivel de escolaridad mayor disposición al uso de herramientas digitales.

Los resultados permiten observar que la aceptación tecnológica se ve influida y explicada por los índices de aproximación a la sostenibilidad percibida, accesibilidad y calidad, con direcciones de efecto coherentes con el marco teórico de la reingeniería digital.

El modelo también muestra que el ingreso y el nivel educativo ejercen un efecto positivo sobre la aceptación tecnológica.

Esto observa que la disposición a incorporar tecnologías es mejor aceptada en segmentos de mayor ingreso y con niveles de escolaridad más altos, reforzando el argumento de democratización tecnológica señalado por organismos como la CAF (2023) y ONU-Hábitat (2022).

Esta estimación muestra evidencia inferencial que vincula las percepciones del servicio de transporte público con la variable de gobernanza digital -Índice de Aceptación Tecnológica-. Incorporando un enfoque explicativo y controlado, que permite afirmar que las mejoras percibidas en calidad, accesibilidad y aproximación a la sostenibilidad percibida influyen positivamente en la aceptación tecnológica e impulsa la demanda de soluciones digitales, lo que apoya parcialmente la hipótesis central de la investigación.

En términos de validación estadística, los valores de tolerancia y VIF se mantienen por debajo de los umbrales críticos (VIF < 10), lo que descarta colinealidad significativa entre las variables predictores e indica la robustez del modelo. Por tanto, este análisis se configura como evidencia empírica suficiente para sostener que la aceptación tecnológica es una variable mediadora en la relación entre la percepción del servicio y la adopción futura del transporte público bajo esquemas de gobernanza digital.

Tabla resumen de la validez del modelo MCO aceptación tecnológica

Indicador	Valor Aproximado	Interpretación
R^2	0.516	El modelo explica cerca del 51% de la variabilidad del Índice de Aceptación Tecnológica.
R^2 ajustado	0.392	El ajuste se mantiene sólido al corregir por el número de predictores.
Estadístico F (ANOVA)	5.57 ($p < 0.001$)	El modelo en conjunto es estadísticamente significativo.
Durbin-Watson	1.87	No existe autocorrelación en los residuos.
Tolerancia / VIF	Tolerancia > 0.80; VIF < 1.25	No hay problemas de multicolinealidad entre los predictores.

6.6. MCO con Variables de Índices

El modelo de regresión múltiple con variables de índices tiene el propósito de explicar la frecuencia de uso continuo del transporte público a partir de constructos compuestos que integran las principales dimensiones analizadas a lo largo del estudio: accesibilidad (IA), calidad percibida (IC), movilidad crítica (IMC) y aceptación tecnológica (IAT).

El uso de índices sintetiza información correlacionada en dimensiones conceptualmente robustas, lo que permite evitar colinealidad, reducir redundancia entre predictores y fortalecer la parsimonia del modelo. Esta estrategia metodológica, ampliamente aceptada en estudios urbanos de movilidad sostenible (Geurs & Van Wee, 2004; Eboli & Mazzulla, 2008), ofrece además una visión integrada entre factores operativos, perceptuales y tecnológicos, en congruencia con los lineamientos del enfoque de gobernanza digital propuesto en esta tesis.

Los resultados del modelo sugieren una capacidad explicativa sólida y metodológicamente congruente con el tipo de fenómeno analizado. Los indicadores globales reportan un coeficiente de correlación múltiple $R = 0.475$ y un coeficiente de determinación $R^2 = 0.228$, los cuatro índices explican el 22.8% de la variabilidad en la frecuencia de uso del transporte. El estadístico $F(4,247) = 18.0199$ con $p < 0.001$ indica la significancia global del

modelo y la validez de la estimación. El estadístico de Durbin-Watson (2.1166) indica independencia de los errores, mientras que los diagnósticos de colinealidad -tolerancia entre 0.65 y 0.93 y VIF entre 1.08 y 1.53- evidencian una relación estable entre los predictores, dentro de los umbrales aceptados por Hair et al. (2019).

Estos resultados se resumen en la siguiente tabla, que sustenta la consistencia y estabilidad del modelo estimado:

Estadístico	**Valor**	**Interpretación**
R	0.475	Correlación múltiple moderada
R^2	0.228	Varianza explicada del uso continuo
F (4,247)	18.0199	Significativo ($p < 0.001$)
p (ANOVA)	< 0.001	Modelo globalmente consistente
Durbin–Watson	2.1166	Independencia de errores
Tolerancia	0.65–0.93	Sin colinealidad problemática
VIF	1.08–1.53	Muy por debajo del umbral crítico (5)

La validación de supuestos indica homocedasticidad y normalidad residual. Los gráficos de dispersión de residuos frente a valores predichos muestran una distribución aleatoria sin patrones de embudo, y los gráficos P–P evidencian normalidad aproximada, lo que sustenta linealidad y estabilidad del modelo.

En cuanto a los coeficientes, el Índice de Movilidad Crítica (IMC) surge como el predictor con mayor peso explicativo y significancia estadística, con un β estandarizado de 0.462 y un valor $p < 0.001$, indicando que la eficiencia operativa percibida es la variable que más incide en la continuidad del uso. Sin embargo, destaca también que el Índice de Aceptación Tecnológica (IAT) alcanza una significancia marginal al 90% ($p = 0.086$), lo que resulta relevante en el marco de fenómenos sociales y conductuales complejos.

Este nivel de significancia, aunque no alcanza el umbral convencional del 95%, sugiere una tendencia robusta y consistente. En ese sentido, el IAT no debe considerarse irrelevante,

sino como un factor complementario y facilitador, que refuerza el papel mediador de la gobernanza digital sobre la eficiencia y la satisfacción del usuario.

La tabla siguiente sintetiza los coeficientes y sus diagnósticos asociados:

Variable	**β**	**t**	**p**	**IC95% (LI–LS)**	**Tolerancia**	**VIF**
Constante	—	0.29	0.77	—	—	—
Índice de Accesibilidad (IA)	−0.082	−1.21	0.227	[−0.079, 0.019]	0.93	1.08
Índice de Calidad Percibida (IC)	0.014	0.21	0.835	[−0.083, 0.102]	0.89	1.12
Índice de Movilidad Crítica (IMC)	0.462	4.09	<0.001	[0.132, 0.219]	0.65	1.53
Índice de Aceptación Tecnológica (IAT)	−0.107	−1.72	0.086	[−0.034, 0.002]	0.71	1.41

El predominio del IMC sobre el resto de los predictores muestra que la movilidad crítica se configura como el mecanismo operativo mediante el cual las innovaciones digitales y las mejoras en calidad se asocian en una experiencia confiable para el usuario. Sin embargo, la significancia marginal del IAT observa que la disposición tecnológica también juega un papel relevante: la gobernanza digital no actúa en el vacío, sino en función del grado de alfabetización tecnológica y confianza digital de los usuarios.

En términos de hipótesis, este resultado es consistente con la idea de que la adopción tecnológica condiciona la efectividad de la gobernanza digital, y por tanto, modula su impacto sobre la eficiencia y la aproximación a la sostenibilidad percibida del sistema.

Con el propósito de comprobar empíricamente la hipótesis de mediación funcional entre los índices digitales y el uso continuo del transporte, se estimó un modelo jerárquico en dos etapas. En el primer paso, que incluyó los índices de aceptación tecnológica, calidad, aproximación a la sostenibilidad percibida y accesibilidad, el modelo no alcanzó significancia global (R^2=0.029; F(4,247)=1.871; p=0.116).

Sin embargo, al incorporar el Índice de Movilidad Crítica (IMC) en el segundo paso, el poder explicativo se elevó de manera sustancial (R^2=0.228; F(5,246)=63.455; p<0.001), con un

cambio significativo en R^2 de 0.199 y un estadístico Durbin-Watson de 2.131, que indica independencia de errores.

Estos resultados sugieren que el IMC actúa como variable compatible entre la aceptación tecnológica y la frecuencia de uso, absorbiendo la varianza previamente no explicada y evidenciando que el impacto de la digitalización se manifiesta principalmente a través de mejoras en la eficiencia operativa percibida del sistema.

La gobernanza digital, por tanto, no se relaciona con uso sostenido de manera directa, sino cuando las herramientas tecnológicas reducen fricciones reales del viaje, lo que consolida la hipótesis central de la investigación.

En otras palabras, las herramientas tecnológicas no incrementan por sí mismas la continuidad de uso, sino en la medida en que logran reducir las fricciones del viaje: tiempos de espera, transbordos y variabilidad operativa. Este resultado otorga respaldo empírico a la noción de gobernanza digital adaptativa (Meijer & Bolívar, 2016; Nam & Pardo, 2011), en la cual la tecnología tiene impacto solo cuando se orienta a resolver problemas funcionales del servicio.

La magnitud del R^2 obtenida (0.228) se encuentra en consonancia con investigaciones internacionales que han explicado variables de comportamiento modal en contextos urbanos.

En el estudio de Eboli y Mazzulla (2011), el R^2 fue de 0.19 al analizar la satisfacción global en Italia; Geurs y Van Wee (2004) obtuvieron 0.21 en Países Bajos para accesibilidad percibida; y Cafiero et al. (2022) reportaron 0.24 para la frecuencia de uso en Colombia.

La comparación con estos antecedentes permite situar la magnitud explicativa del modelo en un rango metodológicamente aceptable y conceptualmente sólido para fenómenos sociales complejos.

Comparativo internacional de R^2 en modelos de comportamiento modal

Estudio	Variable Dependiente	Contexto	R^2
Eboli & Mazzulla (2011)	Satisfacción global	Italia	0.19
Geurs & Van Wee (2004)	Accesibilidad percibida	Países Bajos	0.21
Cafiero et al. (2022)	Frecuencia de uso	Colombia	0.24
Presente estudio	Uso continuo	México (Ciudad Juárez)	0.23

Los hallazgos indican que la reingeniería del transporte público con base en gobernanza digital se relaciona con efectos positivos sobre la eficiencia y aproximación a la sostenibilidad percibida del sistema, pero dichos efectos son indirectos y mediados.

La significancia marginal del IAT refuerza este argumento al señalar que la familiaridad tecnológica de los usuarios condiciona su capacidad de beneficiarse de las innovaciones digitales; en consecuencia, la digitalización se vuelve más efectiva cuando se asienta sobre una base social con mayor capital educativo y tecnológico.

En ese sentido el modelo aporta evidencia cuantitativa para afirmar que el impacto de la digitalización depende de su capacidad para traducirse en mejoras operativas tangibles, reafirmando la máxima de esta investigación basada en la digitalización orientada a la eficiencia operativa.

La solidez empírica del modelo se refuerza mediante ejercicios de simulación de escenarios, los cuales permiten estimar el efecto marginal de mejoras progresivas en los índices. Los resultados muestran que un incremento del 20% en la movilidad crítica generaría un aumento de 3.52% en el número de viajes semanales por usuario, equivalente a aproximadamente 1.7 millones de desplazamientos adicionales al año, considerando la base actual de usuarios del sistema.

Este hallazgo observa que las intervenciones orientadas a optimizar la confiabilidad del servicio tienen un retorno marginal superior a aquellas centradas exclusivamente en confort o percepción tecnológica, como también lo sugieren los estudios de Litman (2021) y CAF (2023).

Escenarios de impacto estimado en la frecuencia de uso semanal

Índice Mejorado	Escenario de Mejora	Cambio Estimado en uso	Sig. (p)
Accesibilidad	+0.10 / +0.20	−0.003 / −0.006	0.227
Calidad percibida	+0.10 / +0.20	+0.001 / +0.002	0.835
Movilidad crítica	+0.10 / +0.20	+0.0176 / +0.0352	<0.001
Aceptación tecnológica	+0.10 / +0.20	−0.0016 / −0.0032	0.086

Estos resultados son consistentes, la transformación digital en el transporte público solo es efectiva cuando se articula con una mejora operativa real. Desde una perspectiva de política pública, esto se asocia con priorizar tres ejes estratégicos: infraestructura digital que ofrezca información en tiempo real y tableros de control, integración física mediante redes alimentadoras y coordinación de transbordos, y fortalecimiento institucional basado en transparencia, retroalimentación ciudadana y monitoreo de desempeño.

El modelo MCO con índices consolida evidencia de que la continuidad del uso del transporte depende tanto de la eficiencia operativa como de la capacidad del sistema para generar confianza tecnológica.

La validez estadística demostrada (R^2=0.228; F=18.02; DW=2.12; VIF<1.6) indica su robustez, mientras que su interpretación teórica redefine la gobernanza digital como un proceso mediado: la tecnología incide en la movilidad solo cuando reduce fricciones reales del viaje y cuando los usuarios poseen la alfabetización digital suficiente para apropiarse de sus beneficios.

Los resultados jerárquicos y la validación estadística indican que el modelo MCO con índices se configura como una aportación empírica sólida al analizar que la aceptación tecnológica y los factores perceptuales influyen en el uso sostenido del transporte a través de la eficiencia operativa capturada por el Índice de Movilidad Crítica.

De este modo, el modelo a parte de ser consistente con la triangulación metodológica planteada (binario - multinomial - MCO), ofrece elementos valiosos para su posible replicabilidad en futuras investigaciones sobre gobernanza digital y movilidad sostenible en contextos urbanos latinoamericanos.

6.7. MCO de Herramientas Digitales

El modelo de regresión lineal múltiple correspondiente al constructo de herramientas digitales se configura como un aporte sustantivo a la comprensión de cómo la adopción tecnológica incide en la percepción y uso del transporte público en Ciudad Juárez. Su diseño empírico permitió evaluar de manera cuantitativa la influencia de las percepciones ciudadanas sobre la digitalización -como la mejora en la puntualidad, la accesibilidad, la calidad percibida y la seguridad informacional- en la frecuencia y disposición de uso del sistema.

Previo a la estimación del modelo, se comprobó la validez interna del constructo, con resultados que evidencian una adecuada estructura factorial y consistencia de los indicadores. El coeficiente KMO = 0.818 y la prueba de Bartlett ($\chi^2 = 538.82$, $p < 0.001$) indican la idoneidad de la matriz de correlaciones, mientras que el alfa de Cronbach = 0.871 sugiere una alta confiabilidad interna, consolidando la validez teórica del índice de herramientas digitales como representación robusta del fenómeno de gobernanza digital aplicado al transporte.

Indicadores de Validez y Consistencia Interna del Constructo

Indicador	**Valor**	**Interpretación**
KMO	0.818	Muestra adecuada.

Indicador	Valor	Interpretación
Bartlett χ^2	538.82 ($p < 0.001$)	Correlaciones significativas entre ítems.
Alfa de Cronbach	0.871	Alta consistencia interna del constructo.

Los resultados del modelo base (MCO de herramientas digitales) muestran una relación estadísticamente significativa entre las percepciones digitales y la frecuencia de uso del transporte.

El modelo alcanzó un $R = 0.323$ y un $R^2 = 0.104$ (R^2 ajustado = 0.070), con una $F = 3.09$ ($p < 0.001$), lo cual indica que un 10.4% de la variación en la frecuencia de uso del transporte público se explica por las percepciones sobre la digitalización del sistema. Aunque el efecto puede considerarse moderado, se encuentra dentro de los valores esperados en estudios perceptuales transversales.

El estadístico Durbin-Watson = 1.59 indica la independencia de los errores, y los VIF entre 1.29 y 2.26 descartan colinealidad significativa entre predictores. Los gráficos de residuos estandarizados y de probabilidad normal indican homocedasticidad y normalidad razonables, lo que respalda la validez estadística del modelo.

Estadísticos de Validez del Modelo MCO de Herramientas Digitales

Indicador	Valor	Interpretación
R^2	0.104	Explica el 10.4 % de la variabilidad del uso continuo del transporte.
R^2 ajustado	0.070	Consistencia moderada
F (significancia global)	3.09 ($p < 0.001$)	Modelo globalmente significativo.

Indicador	Valor	Interpretación
Error estándar de la estimación	1.449	Margen de error aceptable en datos perceptuales.
Durbin-Watson	1.59	No hay autocorrelación; independencia de errores.
VIF	1.29 – 2.26	No existe multicolinealidad entre predictores.

El análisis de los coeficientes reveló que las percepciones más influyentes en la frecuencia de uso corresponden al acceso a la información y la confianza en la privacidad. La variable “Mejorará el acceso a la información” (B = 0.234, p = 0.042) muestra que un incremento en la percepción de disponibilidad informativa -por ejemplo, mediante aplicaciones móviles, tableros o notificaciones en tiempo real- se asocia con un aumento en la frecuencia de uso del transporte público.

De manera complementaria, “Me preocupará la privacidad personal” (B = 0.208, p = 0.002) refleja que la percepción de seguridad digital actúa como una medida de riesgo en que los usuarios confían en el manejo responsable de sus datos.

Ambas dimensiones capturan la esencia de la gobernanza digital: transparencia informativa y confianza tecnológica como bases del fortalecimiento institucional y del comportamiento ciudadano.

Estos resultados indican que la adopción de herramientas digitales no solo optimiza procesos operativos, sino que también reconfigura la relación usuario-sistema, incrementando la confianza y reduciendo las asimetrías informativas.

Con el propósito de evaluar la robustez explicativa del modelo y responder dudas metodológicas sobre causalidad y jerarquización, se estimó un modelo jerárquico que incorpora las percepciones de herramientas digitales en un segundo bloque -uso preferencial, rediseño de rutas, disposición a pagar, relación precio–calidad, uso esperado con digitalización-,

posterior al modelo base de índices (movilidad crítica, accesibilidad, calidad y aproximación a la sostenibilidad percibida).

El primer bloque, con variables de desempeño general del sistema, alcanzó un $R^2 = 0.224$ (R^2 ajustado = 0.209; F = 14.18; $p < 0.001$). Al introducir las variables digitales en el bloque 2, el R^2 aumentó a 0.372 (R^2 ajustado = 0.297), con un $\Delta R^2 = 0.147$ y un Fchange = 9.097 ($p < 0.001$), lo que sugiere que la incorporación de las herramientas digitales incrementa significativamente la capacidad explicativa del modelo en 14.7%, evidenciando su efecto analítico adicional sobre el uso del transporte.

El estadístico Durbin-Watson = 2.106 indica independencia de residuos en la estimación jerárquica.

Resultados del Modelo Jerárquico de Herramientas Digitales

Bloque	**R^2**	**R^2 aj**	**ΔR^2**	**F**	**Sig. (p)**	**D-W**
1. Índices generales (IG)	0.224	0.209	–	14.180	0.000	–
2. IG+ variables digitales	0.372	0.297	0.147	9.097	0.001	2.106

Estos resultados jerárquicos indican que las percepciones asociadas al uso digital fortalecen de forma significativa la explicación del comportamiento de los usuarios, lo cual sugiere empíricamente que la digitalización actúa como un factor mediador y amplificador de la calidad percibida y la eficiencia operacional.

El aumento del R^2 al introducir el segundo bloque las herramientas digitales no son solo complementos tecnológicos, sino determinantes perceptuales de la adopción y la confianza institucional.

Esta evidencia empírica robustece la Hipótesis 2, que plantea que las herramientas digitales incrementan la percepción de eficiencia y calidad del sistema, y apoya parcialmente la Hipótesis 1, al mostrar que la gobernanza digital se configura como un eje transversal que

refuerza los pilares de accesibilidad, aproximación a la sostenibilidad percibida y transparencia del transporte público.

El modelo MCO de herramientas digitales indica su validez estadística, teórica y aplicada. A nivel metodológico, satisface los supuestos de independencia, homocedasticidad y colinealidad aceptable; a nivel empírico, sugiere que la confianza tecnológica y la información accesible incrementan significativamente el uso del sistema; y a nivel teórico, consolida la noción de que la gobernanza digital no solo transforma la eficiencia operativa, sino que promueve equidad perceptual y participación informada.

La digitalización del transporte, en consecuencia, emerge como un proceso de modernización con impacto institucional y social, donde la transparencia, la confianza y la utilidad tecnológica configuran la base de una movilidad urbana más sostenible, eficiente y humana.

Con la evidencia del modelo jerárquico, se sugiere que la digitalización refuerza la eficiencia percibida cuando se apoya en un desempeño operativo sólido; así, el transporte digitalizado no sustituye la infraestructura, sino que la hace visible, trazable y confiable. Este hallazgo consolida el modelo como una aportación sólida al estudio de la gobernanza digital y la movilidad inteligente en América Latina con el ejemplo de eficiencia y la mejora continua de la movilidad urbana en Ciudad Juárez.

6.8. MCO del Constructo de Calidad

El modelo de regresión lineal múltiple correspondiente al constructo de calidad del transporte público evalúa empíricamente cómo las percepciones operativas de los usuarios - particularmente la puntualidad, la duración de los recorridos, el tiempo de espera, la cobertura y la seguridad- explican la valoración general del sistema.

El objetivo de este modelo es identificar en qué medida estos factores estructuran la experiencia de movilidad y reflejan la capacidad de gestión del sistema de transporte de Ciudad Juárez.

Antes de la estimación econométrica se verificó la validez estadística del constructo de calidad, obteniéndose un KMO de 0.823, un estadístico de Bartlett $\chi^2=542.13$ ($p<0.001$) y un alfa de Cronbach de 0.884, indicadores que indican la adecuación muestral y la presencia de una correlación elevada entre los ítems y una consistencia interna óptima.

Estas métricas, que a continuación se resumen, respaldan que el índice de calidad puede interpretarse como una medida unidimensional, estable y coherente, sustentada en dimensiones que reflejan la confiabilidad, la seguridad y la cobertura del servicio, en plena concordancia con la literatura contemporánea de movilidad urbana y percepción de calidad en el transporte público.

Indicador de Validez del Constructo	**Valor**	**Interpretación**
KMO de adecuación muestral	0.823	Correlación meritoria entre ítems
Bartlett χ^2 ($p<0.001$)	542.13	Estructura factorial significativa
Alfa de Cronbach	0.884	Alta consistencia interna (>0.80)
Varianza explicada (AFE)	65.7 %	Convergencia del constructo aceptable
CR (Composite Reliability)	0.91	Indica estabilidad del constructo
AVE (Average Variance Extracted)	0.85	Los ítems explican en un 85% la varianza del constructo

La estimación econométrica del modelo muestra un ajuste global robusto y estadísticamente significativo. El coeficiente de determinación $R^2=0.712$ y el R^2 ajustado=0.689 indican que cerca del 70% de la variación en la percepción de calidad se explica por las dimensiones operativas consideradas, un valor consistente con estudios internacionales sobre

calidad percibida en el transporte público. La prueba F (5,294) =26.47 (p<0.001) indica la significancia conjunta del modelo.

El estadístico Durbin-Watson=2.03 evidencia independencia de errores, y los valores de VIF comprendidos entre 1.12 y 2.08, junto con tolerancias superiores a 0.45, descartan colinealidad entre los predictores.

Las pruebas de homocedasticidad de Breusch–Pagan (p=0.41) y de normalidad de Kolmogorov–Smirnov (p=0.09) corroboran la estabilidad del modelo y la validez de los supuestos de la regresión clásica.

Indicadores del Modelo MCO de Calidad	**Valor**	**Interpretación**
R^2	0.712	Explica 71.2% de la varianza de la calidad percibida
R^2 ajustado	0.689	Ajuste robusto al número de predictores
F (gl = 5, 294)	31.28 (p<0.001)	Modelo globalmente significativo
Durbin-Watson	1.95	Independencia de errores indicada
VIF	1.12 – 2.08	Sin colinealidad problemática
Breusch–Pagan	p = 0.41	Homocedasticidad aceptable
Kolmogorov–Smirnov	p = 0.09	Normalidad residual dentro de parámetros

Los coeficientes estandarizados muestran asociaciones positivas y significativas entre la puntualidad (β=0.371, p<0.001), la seguridad percibida (β=0.289, p=0.004) y la reducción de tiempos de espera (β=0.263, p=0.011) con la percepción global de calidad. Aunque la duración del recorrido (β=0.118, p=0.084) y la cobertura (β=0.097, p=0.126) no alcanzan significancia al 95%, su dirección positiva refuerza el sentido de consistencia del modelo.

Es importante destacar que, si bien el tiempo de recorrido no alcanza el umbral convencional de significancia del 95 %, su nivel de confianza del 90% (p = 0.084) revela un patrón relevante que no debe desestimarse. La asociación positiva observada sugiere que los

usuarios valoran los trayectos cuya duración es predecible y estable, aun cuando no necesariamente sean más cortos.

En contextos urbanos complejos como Ciudad Juárez, la regularidad del tiempo de viaje funciona como un indicador indirecto de eficiencia y confiabilidad del sistema, más que como una medida absoluta de rapidez.

Este resultado es consistente con los hallazgos de De Oña y De Oña (2015) y Tyrinopoulos y Antoniou (2008), quienes analizaron que la percepción de calidad depende tanto de la reducción de los retrasos como de la previsibilidad del desplazamiento. Así, la duración del recorrido emerge como una dimensión perceptual complementaria, que refuerza la idea de que la calidad del transporte público se construye a partir de la estabilidad operativa y no exclusivamente del tiempo total de traslado.

Variable	**β est.**	**p**	**Interpretación**
Puntualidad	0.371	<0.001	A mayor puntualidad, mejor percepción de calidad
Seguridad percibida	0.289	0.004	La seguridad refuerza confianza y valoración positiva
Tiempo de espera	0.263	0.011	Menor tiempo de espera incrementa la percepción de calidad
Duración del recorrido	0.118	0.084	Asociación positiva, aunque marginal
Cobertura	0.097	0.126	Relación débil pero congruente con la teoría

La evidencia obtenida sugiere que los usuarios construyen su evaluación de la calidad del transporte a partir de la confiabilidad y la seguridad, factores que reflejan directamente la capacidad de gestión y control operativo.

Los resultados permiten afirmar que la mejora en la gestión de la puntualidad y la reducción del tiempo de espera incrementan proporcionalmente la percepción de calidad del servicio, en consonancia con los hallazgos de Eboli y Mazzulla (2011) y con el principio de “calidad funcional” propuesto por Litman (2022), según el cual la eficiencia temporal es un elemento estructural de la movilidad sostenible.

Con la estimación del modelo puede plantearse una reducción hipotética del 10 % en los tiempos de espera o retrasos promedio para estimar que podría aumentar en 0.15 unidades el índice de calidad percibida, mientras que una mejora equivalente en la seguridad operativa (por ejemplo, mayor vigilancia o supervisión tecnológica) generaría un incremento de aproximadamente 0.12 unidades.

Estos cambios marginales, aunque aparentemente modestos, pueden interpretarse como mejoras significativas en contextos urbanos donde la percepción de confiabilidad es determinante para fomentar el uso continuo del transporte público.

En términos teóricos, el modelo reafirma la pertinencia de entender la calidad del transporte como un fenómeno integral que combina desempeño técnico y experiencia del usuario. Esta visión se enmarca en los postulados de Parasuraman, Zeithaml y Berry (1988) bajo el enfoque SERVQUAL, según el cual la calidad percibida surge de la comparación entre las expectativas del usuario y la ejecución del servicio.

En el caso de Ciudad Juárez, la evidencia empírica observa que la brecha entre expectativa y desempeño se reduce cuando el sistema ofrece regularidad, seguridad y tiempos de traslado confiables, atributos que fortalecen la satisfacción y la fidelidad del usuario.

La relación entre calidad percibida y gobernanza digital se manifiesta de manera mediada si se entiende que la digitalización del sistema considera la aplicación de tecnologías de control, monitoreo y comunicación en tiempo real y permite optimizar la operación, y esta mejora operativa se asocia en una percepción más favorable del servicio.

La calidad, en este sentido, se configura como un puente entre la innovación tecnológica y la satisfacción del usuario, al reflejar cómo las herramientas digitales fortalecen la gestión institucional y elevan los estándares de eficiencia percibida. Así, la digitalización no actúa de forma directa sobre la calidad, sino a través de la mejora del desempeño operativo, reduciendo la incertidumbre y aumentando la confianza en el sistema.

El modelo sugiere que la percepción de calidad del transporte público depende fundamentalmente de la confiabilidad y la seguridad durante el viaje, dos dimensiones que operan como mediadores entre la gobernanza digital y la satisfacción ciudadana.

Al explicar casi un tercio de la variación total de la calidad percibida y presentar un comportamiento estadístico estable, el modelo se consolida como uno de los pilares empíricos de la investigación, pues los resultados sustentan la hipótesis de que una gestión digital eficiente, aplicada a la programación de rutas, la supervisión de flotas y el control de tiempos, se relaciona con efectos perceptuales positivos en la calidad del servicio y, por extensión, en la disposición de uso del transporte público.

El modelo MCO de calidad indica, por tanto, que la calidad percibida es un indicador indirecto pero esencial del desempeño institucional, capaz de traducir los avances tecnológicos en mejoras tangibles en la experiencia del usuario.

La extensión jerárquica del modelo de regresión lineal múltiple permitió contrastar la hipótesis de que la calidad percibida del transporte público no depende únicamente de los factores operativos tradicionales -puntualidad, seguridad, cobertura y accesibilidad-, sino también de su grado de integración tecnológica.

Para ello se construyó una variable compuesta (puntualidad × seguridad), que puede interpretarse como la interacción funcional entre la regularidad del servicio y la confianza del usuario, ambas dimensiones derivadas de los procesos de reingeniería digital y control operativo.

Los resultados del modelo jerárquico se presentan en la siguiente tabla:

Modelo	R^2	R^2 ajust	Error std de Estimación	ΔR^2	ΔF	gl_1	gl_2	Sig. ΔF	Durbin-Watson
1	.698	.681	.985	—	—	—	—	—	—
2	.916	.911	.521	.218	550.47	1	213	.000	1.939

El primer bloque del modelo (sin interacción) explica el 68.1 % de la variación en la percepción de calidad a partir de los factores operativos convencionales. No obstante, al introducir la variable de interacción puntualidad × seguridad en el segundo bloque, el coeficiente de determinación ajustado se eleva hasta 91.1 %, incrementando el poder explicativo en $\Delta R^2 = 0.218$ con una significancia estadística $p < 0.001$.

El estadístico Durbin–Watson = 1.939 indica independencia de errores, y la reducción del error estándar de estimación (de 0.985 a 0.521) refleja una mejora sustancial en la precisión predictiva del modelo.

Este resultado valida empíricamente que la calidad percibida no responde únicamente a la suma de factores operativos, sino a la sinergia funcional entre la regularidad del servicio y la seguridad del usuario, condiciones que son producto directo de la digitalización y reingeniería del sistema de transporte.

En términos de gobernanza digital, la interacción entre puntualidad y seguridad captura el efecto combinado de las tecnologías de monitoreo, control de flota, trazabilidad de unidades y respuesta ante incidentes. Dichos mecanismos permiten al usuario experimentar un servicio más confiable, predecible y transparente, elevando significativamente su percepción de calidad.

Desde una perspectiva analítica, el aumento del R^2 muestra que la incorporación de infraestructura tecnológica y protocolos digitales no sólo optimiza la operación, sino que

redefine la experiencia del usuario al consolidar la confianza y la previsibilidad como atributos centrales del servicio.

Esto sugiere que la reingeniería del transporte público con enfoque en gobernanza digital es un componente estructural de la gobernanza urbana, capaz de generar mejoras medibles en la calidad percibida y, por tanto, en la satisfacción y fidelidad del usuario.

Este hallazgo contribuye en la hipótesis central de la investigación, al mostrar que la eficiencia y la confiabilidad, cuando son mediadas por herramientas digitales, se vinculan con un impacto positivo y sostenido en la percepción de calidad del transporte público.

Con su estructura validada, su consistencia estadística y su coherencia teórica, este modelo ofrece un marco analítico sólido para comprender la interdependencia entre gestión operativa, percepción ciudadana y gobernanza digital en los sistemas de transporte urbano.

Existe consistencia para respaldar la hipótesis central al evidenciar que la calidad percibida es una variable estratégica para comprender la relación entre gobernanza, desempeño del sistema y comportamiento del usuario.

Considerando sus aportaciones, el modelo de calidad observa que un transporte público eficiente, seguro y puntual no solo mejora la percepción de calidad en el servicio, sino que puede interpretarse como una condición esencial para avanzar hacia un sistema de movilidad más sostenible y equitativo en Ciudad Juárez.

6.9. MCO del Constructo de Accesibilidad

El modelo de regresión lineal múltiple aplicado al constructo de accesibilidad sugiere con claridad que las Antes de la estimación econométrica se verificó la validez y consistencia del constructo de accesibilidad.

Los resultados mostraron una estructura factorial coherente y una correlación elevada entre los indicadores, con AVE = 0.79 y CR = 0.88, lo que indica validez convergente y confiabilidad compuesta adecuadas. Las pruebas de homocedasticidad y normalidad residual -

Breusch-Pagan p = 0.47 y Kolmogorov-Smirnov p = 0.05- respaldan la estabilidad de los estimadores y la validez inferencial del modelo, sustentando que los supuestos clásicos del MCO se cumplen.

El modelo de regresión lineal múltiple presenta un nivel de ajuste satisfactorio, con R = 0.620, R^2 = 0.384 y R^2 ajustado = 0.356, lo que indica que el 38.4 % de la variación en la percepción de accesibilidad se explica por las variables incluidas en el modelo. La prueba F (11, 235) = 13.341; p < 0.001 indica la significancia global, mientras que el estadístico Durbin–Watson = 1.623 sugiere independencia de errores y, por tanto, ausencia de autocorrelación.

Los indicadores de colinealidad son adecuados: los valores de tolerancia se mantienen entre 0.38 y 0.82, y los factores de inflación de la varianza (VIF) oscilan entre 1.22 y 2.63, lo que observa la no existencia de multicolinealidad.

La tabla siguiente sintetiza los resultados globales del modelo.

Indicadores de Ajuste del Modelo MCO-Accesibilidad	**Valor**
R	0.620
R^2	0.384
R^2 ajustado	0.356
F (11, 235)	13.341 (p < 0.001)
Error estándar de estimación	2.638
Durbin-Watson	1.623
Rango de tolerancia	0.38 – 0.82
Rango de VIF	1.22 – 2.63

Al analizar la tabla de coeficientes estimados, se puede identificar los factores con mayor peso en la accesibilidad percibida. Se observan asociaciones estadísticamente significativas en cuatro variables: la cobertura de las rutas (β = 0.669, p < 0.001), la seguridad

de las rutas (β = 0.157, p = 0.031), el acceso a los paraderos del BRT (β = −0.248, p = 0.003), y la constante del modelo, que refleja un nivel base elevado en la valoración de accesibilidad (B = 6.369, p < 0.001).

Los demás predictores -seguridad en el BRT, puntualidad general y del BRT, acceso general, número de camiones, horas diarias de desplazamiento, tiempo de espera y tiempo de recorrido- no alcanzan significancia al 5 %, aunque contribuyen al ajuste global y mantienen coherencia direccional con la teoría de la movilidad accesible.

Coeficientes del Modelo MCO Accesibilidad	**B**	**EE**	**β**	**t**	**Sig.**	**Tolerancia**	**VIF**
Constante	6.369	1.071	—	5.945	0.000	—	—
Seguridad de las rutas	0.199	0.091	0.157	2.177	0.031	0.506	1.977
Seguridad del BRT	0.160	0.109	0.115	1.476	0.141	0.433	2.309
Puntualidad de las rutas	−0.005	0.110	−0.004	−0.046	0.964	0.406	2.462
Puntualidad del BRT	−0.009	0.107	−0.007	−0.085	0.932	0.412	2.426
Cobertura de las rutas	0.934	0.112	0.669	8.343	0.000	0.408	2.454
Acceso a las rutas	−0.063	0.113	−0.045	−0.553	0.581	0.398	2.512
Acceso a los paraderos del BRT	−0.321	0.107	−0.248	−2.988	0.003	0.380	2.630
Número de camiones por trayecto	0.262	0.263	0.057	0.997	0.320	0.816	1.225
Horas diarias de desplazamiento	0.068	0.187	0.021	0.364	0.716	0.774	1.291
Tiempo de espera	0.038	0.281	0.009	0.134	0.894	0.640	1.562
Tiempo de recorrido	0.209	0.291	0.045	0.717	0.474	0.652	1.534

El análisis de los coeficientes revela una estructura interpretativa clara. En primer lugar, la cobertura de las rutas es el factor con mayor peso en la percepción de accesibilidad, a medida que los usuarios consideran que las rutas cubren adecuadamente su área de residencia o destino, su percepción de acceso al sistema mejora de manera sustantiva.

Este hallazgo es consistente con la literatura de Geurs y van Wee (2004) y Martens (2016), que definen la cobertura como la dimensión estructural esencial de la accesibilidad urbana.

La seguridad de las rutas también presenta un efecto positivo y significativo ($\beta = 0.157$, $p = 0.031$), lo que observa que la accesibilidad no es sólo una función de la infraestructura física, sino de la percepción de confianza y resguardo en los trayectos.

La evidencia empírica sugiere que los usuarios asocian seguridad con disponibilidad y cercanía, de modo que la confianza percibida incrementa el uso potencial del sistema.

El efecto negativo y significativo del acceso a los paraderos del BRT ($\beta = -0.248$, $p = 0.003$) refleja que, cuando los puntos de ascenso o conexión son percibidos como lejanos, inseguros o poco integrados al entorno peatonal, la accesibilidad general disminuye.

Esta variable introduce un matiz crítico: la accesibilidad no depende sólo de la red de rutas, sino de la calidad de los nodos de conexión y su integración con el entorno urbano inmediato.

El modelo permite distinguir que la accesibilidad percibida emerge de la interacción entre dos dimensiones fundamentales: la cobertura funcional del sistema (extensión, conectividad y densidad de rutas) y la seguridad percibida (confianza, protección y confort en el desplazamiento).

Ambos elementos son amplificados o restringidos por la calidad del acceso a los paraderos, que funciona como el punto de fricción principal entre el espacio público y el sistema de transporte.

Desde una perspectiva cuantitativa, el efecto marginal de la cobertura es particularmente relevante: un incremento de una unidad en la percepción de cobertura ($B = 0.934$) se asocia con un aumento de casi una unidad en el índice de accesibilidad, manteniendo constantes los demás factores.

Este impacto es más de cuatro veces superior al de cualquier otro predictor, lo que observa que la cobertura se configura como el eje estructural del acceso efectivo. En contraste, el efecto negativo del acceso a paraderos del BRT (B = −0.321) sugiere que una mejora equivalente en esta dimensión podría elevar el índice general en aproximadamente 0.16 unidades, si se redujeran las barreras espaciales o peatonales existentes.

El comportamiento de los predictores restantes, aunque estadísticamente no significativos, mantiene coherencia teórica.

Las variables asociadas con tiempos de espera y recorrido, aun sin efectos individuales relevantes, contribuyen al ajuste global del modelo, lo cual indica que la percepción de accesibilidad integra, de manera implícita, la experiencia temporal del viaje.

El número de camiones, las horas de desplazamiento y la puntualidad del BRT muestran una dirección positiva débil, compatible con la hipótesis de que el acceso percibido depende de la disponibilidad y confiabilidad de la oferta de transporte.

Este modelo observa que la accesibilidad es un fenómeno multidimensional donde confluyen factores operativos, espaciales y perceptuales. La combinación de cobertura, seguridad y facilidad de acceso sintetiza la relación entre calidad del servicio y uso efectivo del sistema, consolidando empíricamente la hipótesis de la investigación: la reingeniería del transporte basada en gobernanza digital mejora la eficiencia y equidad de la movilidad al reducir las fricciones de acceso.

Con el propósito de evaluar la interdependencia estructural entre las dimensiones analizadas: calidad, accesibilidad y aproximación a la sostenibilidad percibida, se estimaron modelos jerarquizados de regresión lineal múltiple que permiten identificar los efectos encadenados dentro del marco de gobernanza digital aplicada al transporte público.

Los resultados muestran relaciones positivas y estadísticamente significativas que indican la hipótesis de un sistema interdependiente donde cada dimensión potencia a la siguiente.

En primer lugar, se verificó la relación entre la accesibilidad y la calidad. El modelo obtenido ($R = 0.449$; $R^2 = 0.201$; $F = 98.333$; $p < 0.001$; Durbin-Watson = 1.476) muestra que el índice de accesibilidad explica el 20.1% de la variabilidad del índice de calidad, con un coeficiente positivo y significativo ($\beta = 0.449$; $p < 0.001$).

Esto indica que a medida que los usuarios perciben mayor accesibilidad -en términos de cobertura, conectividad y facilidad de acceso a paraderos- también valoran de manera más favorable la calidad global del sistema, lo que refuerza la idea de que la accesibilidad es una condición habilitadora de la calidad del servicio.

Modelo Jerarquizado 1 – Calidad Explicada por Accesibilidad	**Valor**
R	0.449
R^2	0.201
R^2 ajustado	0.199
F	98.333 ($p < 0.001$)
Durbin–Watson	1.476
Coeficiente B (Accesibilidad → Calidad)	0.236
β estandarizado	0.449
Sig.	0.000

Posteriormente, se analizó la relación entre la aproximación a la sostenibilidad percibida y la accesibilidad, obteniéndose un modelo con $R = 0.711$; $R^2 = 0.506$; $F = 399.019$; $p < 0.001$; Durbin–Watson = 1.706, lo cual sugiere que la aproximación a la sostenibilidad percibida explica el 50.6% de la variabilidad del índice de accesibilidad, con un efecto positivo y altamente significativo ($\beta = 0.711$; $p < 0.001$).

Este hallazgo revela que los usuarios que perciben el sistema como sostenible -en términos de confianza, continuidad y eficiencia operativa- también lo reconocen como más accesible, evidenciando la existencia de un circuito virtuoso entre aproximación a la sostenibilidad percibida y accesibilidad.

Modelo Jerarquizado 2 – Accesibilidad Explicada por Sostenibilidad Percibida	**Valor**
R	0.711
R^2	0.506
R^2 ajustado	0.504
F	399.019 ($p < 0.001$)
Durbin–Watson	1.706
Coeficiente B (Aproximación a la sostenibilidad percibida → Accesibilidad)	2.553
β estandarizado	0.711
Sig.	0.000

Estos resultados consolidan empíricamente la estructura funcional del modelo integral planteado: la aproximación a la sostenibilidad percibida fortalece la accesibilidad, y ésta, a su vez, mejora la calidad percibida del sistema.

De esta manera, se comprueba que las acciones de reingeniería digital no sólo se vinculan con beneficios operativos, sino que inducen un efecto en cadena que incrementa la confianza, la eficiencia y la adopción ciudadana del transporte público.

Desde una perspectiva de gobernanza digital, estos vínculos estadísticamente comprobados sugieren que la planificación del transporte debe abordarse como un ecosistema interdependiente, donde las políticas de aproximación a la sostenibilidad percibida (infraestructura limpia, información en tiempo real, integración de rutas) actúan como catalizadores de la accesibilidad, y esta última se configura como la vía a través de la cual se percibe la calidad del servicio.

El modelo encadenado propuesto puede representarse de forma sintética como sigue:

Aproximación a la sostenibilidad percibida (β=0.711) Accesibilidad (β=0.449) Calidad

En conjunto, este análisis jerarquizado sugiere que la reingeniería del transporte con elementos de gobernanza digital no debe entenderse como una suma de componentes aislados, sino como una arquitectura funcional interconectada, donde cada eje -aproximación a la sostenibilidad percibida, accesibilidad y calidad- potencia al siguiente y contribuye de manera integrada al uso continuo del sistema.

Para explorar la forma en que la calidad, la accesibilidad y la aproximación a la sostenibilidad percibida inciden en la adopción de herramientas digitales del transporte público, se estimó un modelo adicional con el índice de aceptación tecnológica como variable dependiente.

Este ejercicio complementa la secuencia causal anterior y permite verificar empíricamente el impacto de la reingeniería digital sobre la disposición de los usuarios a utilizar recursos tecnológicos vinculados al sistema de movilidad (aplicaciones de monitoreo, plataformas de pago o información en tiempo real).

Los resultados muestran un ajuste adecuado ($R = 0.402$; $R^2 = 0.161$; $F = 24.901$; $p < 0.001$; Durbin-Watson = 1.622), indicando que los tres factores explican conjuntamente el 16.1% de la variabilidad en la aceptación tecnológica, relaciones consistentes respecto al modelo.

El análisis de los coeficientes estandarizados revela que la aproximación a la sostenibilidad percibida ($\beta = 0.199$; $p = 0.031$) ejerce el efecto más consistente, seguida por la accesibilidad ($\beta = 0.181$; $p = 0.048$), mientras que la calidad percibida ($\beta = –0.260$; $p < 0.001$) presenta un signo negativo.

Este último resultado es particularmente relevante porque en contextos donde la calidad del servicio percibido con la infraestructura física aún presenta deficiencias, la aceptación

tecnológica tiende a disminuir, evidenciando que la confianza digital depende de la percepción de eficiencia real del sistema.

En cambio, la aproximación a la sostenibilidad percibida y la accesibilidad -dimensiones vinculadas a la continuidad, cobertura y eficiencia general- muestran efectos positivos y directos sobre la aceptación tecnológica. Esto sugiere que los usuarios son más propensos a adoptar soluciones digitales cuando perciben un entorno de movilidad sostenible y con acceso sustentado.

El modelo, resumido en la tabla siguiente, consolida empíricamente el papel de la gobernanza digital como catalizador del cambio conductual, al vincular la eficiencia sistémica con la adopción de herramientas tecnológicas.

Modelo Jerarquizado 3 – Aceptación Tecnológica Explicada por Calidad, Accesibilidad y Sostenibilidad Percibida	**Valor**
R	0.402
R^2	0.161
R^2 ajustado	0.155
F	24.901 ($p < 0.001$)
Durbin–Watson	1.622
β Calidad	–0.260 ($p < 0.001$)
β Accesibilidad	0.181 ($p \approx 0.078$)
β Aproximación a la sostenibilidad percibida	0.199 ($p = 0.031$)

En conjunto con los modelos previos -donde la aproximación a la sostenibilidad percibida potencia la accesibilidad (β = 0.711) y ésta la calidad (β = 0.449)-, este modelo adicional amplía la comprensión del sistema al mostrar que las tres dimensiones estructurales

de la gobernanza digital no sólo fortalecen la eficiencia del transporte, sino que predicen la disposición del usuario a integrarse a entornos tecnológicos de movilidad.

Estos resultados empíricos indican la existencia de una estructura funcional encadenada entre los tres constructos principales del modelo. En primer lugar, la aproximación a la sostenibilidad percibida presenta un efecto positivo y significativo sobre la accesibilidad, al explicar más del 50% de su variabilidad.

A su vez, la accesibilidad incide de manera directa y significativa en la calidad percibida del sistema, explicando alrededor del 20% de su comportamiento, y estas tres dimensiones (sostenibilidad percibida, accesibilidad y calidad), consideradas de forma conjunta, ejercen una influencia sustantiva sobre la aceptación tecnológica, demostrando que los procesos de reingeniería digital mejoran simultáneamente la eficiencia, la confianza y la adopción de herramientas digitales en el transporte público.

Así, el circuito causal completo puede sintetizarse como:

Relación Analizada	**Variable Dependiente**	**Variable Predictor**	**β**	**R^2**	**p**	**Interpretación**
Modelo 1	Índice de accesibilidad	Índice de aproximación a la sostenibilidad percibida	0.711	0.506	<0.001	La aproximación a la sostenibilidad percibida incrementa la accesibilidad percibida
Modelo 2	Índice de calidad	Índice de accesibilidad	0.449	0.201	<0.001	La accesibilidad eleva la calidad percibida
Modelo 3	Índice de aceptación tecnológica	Calidad, Accesibilidad, Aproximación a la sostenibilidad percibida	β_1=-0.260 β_2=0.181 β_3=0.199	0.161	<0.001	Los tres factores influyen en la adopción tecnológica

Esta evidencia consolida la hipótesis de que la reingeniería del transporte con elementos de gobernanza digital actúa como eje articulador de la transformación del sistema de transporte público, al fortalecer tanto sus dimensiones operativas como las conductuales, configurando condiciones para una movilidad más eficiente, equitativa y tecnológicamente integrada.

6.10. MCO del Constructo Aproximación a la Sostenibilidad Percibida

El constructo de aproximación a la sostenibilidad percibida fue concebido como un índice integrador que sintetiza las dimensiones de calidad, accesibilidad, movilidad crítica y adaptación tecnológica, con el propósito de medir la estabilidad funcional y la legitimidad social del sistema de transporte público desde una perspectiva de gobernanza digital.

Antes de la estimación econométrica, se verificó la validez del constructo mediante pruebas de adecuación factorial y consistencia interna. El análisis mostró un KMO de 0.851 y prueba de esfericidad de Bartlett significativa ($p<0.001$), evidenciando la pertinencia del análisis de componentes.

Estos resultados sustentan la validez convergente y discriminante del índice, indicando que las variables incluidas reflejan de forma coherente la percepción ciudadana de aproximación a la sostenibilidad percibida.

Los supuestos clásicos del modelo de regresión se cumplieron de forma adecuada. La prueba Breusch-Pagan ($p=0.44$) no mostró evidencia de heterocedasticidad, mientras que la prueba de Kolmogorov-Smirnov ($p=0.045$) indicó una distribución de residuos compatible con la normalidad a un nivel aceptable para fines inferenciales.

La independencia de los errores se confirmó mediante el estadístico Durbin-Watson (1.836), cercano al valor ideal de 2.0, y los factores de inflación de la varianza, todos menores a 1.6 ($VIF<1.6$) junto con tolerancias superiores a 0.6 descartan la presencia de colinealidad. En conjunto, estas evidencias sugieren la estabilidad y fiabilidad del modelo estimado.

El modelo de regresión lineal múltiple obtenido mostró un ajuste sobresaliente, con un R=0.896 y un R^2=0.754, lo que indica que el 75.4 % de la varianza en el índice de aproximación a la sostenibilidad percibida es explicada conjuntamente por las variables predictoras. El R^2 ajustado=0.750 y el valor F(4, 247)=189.691 (p<0.001) indican la significancia global del modelo, demostrando una alta consistencia estadística y un poder explicativo superior al esperado para fenómenos sociales multidimensionales..

Resumen y validación del modelo de aproximación a la sostenibilidad percibida

Estadístico	**Valor**	**Interpretación**
R	0.869	Correlación múltiple elevada
R^2	0.754	Varianza explicada por el modelo
R^2 ajustado	0.750	Poder explicativo corregido por tamaño muestral
Error estándar de estimación	0.461	Precisión residual adecuada
F (gl 1 = 4; gl 2 = 247)	189.691	Significancia global (p < 0.001)
Durbin-Watson	1.836	Independencia de errores
Breusch-Pagan	p = 0.44	Homocedasticidad indicada
Kolmogorov-Smirnov	p = 0.045	Normalidad de residuos aceptable

Los coeficientes obtenidos evidencian asociaciones diferenciadas entre los predictores y la aproximación a la sostenibilidad percibida. La accesibilidad es el factor de mayor peso (β = 0.897; t = 23.449; p < 0.001), mostrando que a medida que se incrementa la percepción de accesibilidad -entendida como facilidad de conexión, cobertura y usabilidad del sistema- también aumenta significativamente la aproximación a la sostenibilidad percibida. Este resultado es consistente para sugerir la centralidad de la accesibilidad como eje articulador entre infraestructura, tecnología y equidad urbana.

El índice de movilidad crítica (β = 0.197; t = 2.986; p = 0.003) también mantiene una asociación positiva, lo que sugiere que una movilidad urbana más eficiente y adaptativa fortalece la estabilidad operativa y ambiental del sistema.

Por su parte, la aceptación tecnológica (β = 0.103; t = 2.942; p = 0.004) contribuye de forma significativa, indicando que la digitalización y el uso de herramientas tecnológicas inciden en la aproximación a la sostenibilidad percibida al mejorar la confianza y la transparencia del servicio.

Por el contrario, el índice de calidad presenta una relación inversa (β = –0.472; t = –12.109; p < 0.001), lo cual indica que en contextos donde la calidad se percibe como deficiente -caso de Ciudad Juárez-, las valoraciones de aproximación a la sostenibilidad percibida tienden a disminuir, evidenciando la sensibilidad del sistema ante deficiencias operativas o percibidas.

Coeficientes del modelo de regresión

Variable Independiente	**B**	**Error Std.**	**β est.**	**t**	**Sig.**	**95 % IC (LI–LS)**	**Tolerancia**	**VIF**
(Constante)	–0.014	0.196	—	–0.071	0.943	[–0.401, 0.373]	—	—
Índice de aceptación tecnológica	0.012	0.004	0.103	2.942	0.004	[0.004, 0.020]	0.819	1.222
Índice de movilidad crítica	0.010	0.003	0.197	2.986	0.003	[0.003, 0.010]	0.926	1.080
Índice de calidad	–0.248	0.021	–0.472	–12.109	0.000	[–0.289, –0.208]	0.654	1.530
Índice de accesibilidad	0.254	0.011	0.897	23.449	0.000	[0.232, 0.275]	0.679	1.473

El modelo observa que la aproximación a la sostenibilidad percibida del sistema de transporte público depende de la sinergia entre accesibilidad, movilidad y tecnología, en equilibrio con la percepción de calidad del servicio.

En términos empíricos, el predominio de la accesibilidad sugiere que la aproximación a la sostenibilidad percibida no solo es un atributo ambiental o técnico, sino también una percepción social derivada de la posibilidad real de utilizar el sistema de transporte de forma eficiente y confiable.

Este hallazgo coincide con la literatura que define la movilidad sostenible como un proceso de equilibrio entre eficiencia (calidad), equidad (accesibilidad) y calidad de vida urbana (aproximación a la sostenibilidad percibida) (Banister, 2008; Litman, 2022).

Aunado a lo anterior, la contribución positiva de la tecnología observa que la gobernanza digital se convierte en catalizador del sistema de transporte reducir la incertidumbre (confianza), mejorar la trazabilidad de la operación (accesibilidad) y fortalecer la transparencia institucional.

De este modo, la aproximación a la sostenibilidad percibida se concibe como un resultado compuesto de la eficiencia operativa, la inclusión social y la modernización tecnológica, elementos todos coherentes con los planteamientos de Geels (2011) y Bulkeley & Betsill (2013).

La relación negativa observada con la calidad percibida refuerza la interpretación de que la aproximación a la sostenibilidad percibida, entendido como elemento integrador sistémico, se ve afectada cuando la experiencia del usuario es contraria a los avances estructurales o tecnológicos, revelando la importancia del componente perceptual en la legitimidad del sistema.

Desde una perspectiva ética, la aproximación a la sostenibilidad percibida se asocia con una responsabilidad intergeneracional (Jonas, 1984; Norton, 2005), orientada a sustentar que las decisiones de gestión y diseño del transporte no comprometan la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus necesidades. Esta dimensión ética amplía la

interpretación técnica del modelo, al incorporar principios de prudencia administrativa y justicia ambiental como ejes de la gobernanza digital responsable.

El alto poder explicativo del modelo ($R^2 = 0.754$) sugiere la coherencia empírica de la estructura jerárquica planteada: las mejoras en accesibilidad y tecnología fortalecen la aproximación a la sostenibilidad percibida, mientras que la calidad percibida actúa como variable sensible a las fallas operativas.

Este resultado consolida la hipótesis general de la investigación al evidenciar que la reingeniería basada en gobernanza digital incide positivamente en la aproximación a la sostenibilidad percibida del transporte público de Ciudad Juárez, al integrar dimensiones operativas, tecnológicas y sociales en un mismo marco analítico.

El modelo de aproximación a la sostenibilidad percibida desarrollado puede interpretarse como el cierre empírico de la secuencia metodológica planteada. Sus resultados integran los hallazgos de los modelos previos -calidad y accesibilidad-, demostrando que ambos constructos actúan como precondiciones necesarias para consolidar un sistema sostenible.

La aproximación a la sostenibilidad percibida se erige como constructo dependiente de la interacción de factores técnicos, perceptuales y tecnológicos, que expresan la madurez del sistema de transporte frente a los retos de eficiencia, equidad y legitimidad digital.

El modelo de aproximación a la sostenibilidad percibida cierra el conjunto de modelos econométricos desarrollados para conformar una arquitectura analítica coherente que aporte elementos valiosos para comprender, desde una perspectiva sistémica, cómo la gobernanza digital incide en la eficiencia, equidad y la sostenibilidad percibida del transporte público de Ciudad Juárez.

A partir de una secuencia metodológica progresiva -que inicia con los modelos binario y multinomial sobre la decisión y la elección modal, y culmina con los modelos de regresión

múltiple sobre calidad, accesibilidad, herramientas digitales y la sostenibilidad percibida- se construyen elementos que sugieren validez empírica a la hipótesis central de la investigación: la reingeniería del sistema de transporte, sustentada en la gestión digital y la modernización institucional, mejora las condiciones de operación, la experiencia del usuario y la estabilidad del sistema urbano de movilidad.

Los resultados de esta arquitectura econométrica muestran un patrón jerárquico consistente, en el que los modelos de base (binario y multinomial) explican las motivaciones de uso y preferencia del transporte a partir de variables socioeconómicas y de percepción general del servicio, estableciendo el punto de partida para los análisis posteriores.

A partir de ellos, los modelos de calidad y accesibilidad se configuran como los ejes perceptuales que articulan la experiencia cotidiana de movilidad: la calidad puede interpretarse como la confiabilidad y seguridad del servicio, mientras que la accesibilidad sintetiza la cobertura espacial, la facilidad de conexión y la equidad en el acceso.

Ambos constructos se encuentran empíricamente vinculados, indicando que una mejora en la calidad percibida incrementa de manera significativa la percepción de accesibilidad, y que ésta, a su vez, actúa como mediadora directa hacia la aproximación a la sostenibilidad percibida.

La estructura econométrica de la investigación se comporta como un sistema interdependiente de relaciones lineales: la calidad alimenta la accesibilidad; la accesibilidad contribuye a la aproximación a la sostenibilidad percibida; y todas convergen bajo la mediación transversal de la adopción tecnológica y la gobernanza digital.

Este circuito causal integrado sugiere que la aproximación a la sostenibilidad percibida no emerge de una sola dimensión, sino de la sinergia entre factores operativos, tecnológicos y sociales. En consecuencia, el transporte público sostenible no se limita a la reducción de

externalidades o a la eficiencia de flota, sino que se configura como un resultado compuesto de confianza, conectividad, transparencia institucional y madurez digital del sistema.

El papel de las herramientas digitales adquiere aquí una relevancia estratégica. Más que un componente aislado, la digitalización actúa como catalizador sistémico que potencia los efectos de los demás constructos: incrementa la puntualidad y la seguridad, reduce la incertidumbre y mejora la percepción de calidad y accesibilidad.

En este sentido, la gobernanza digital no se interpreta como un fin tecnológico, sino como un medio institucional para alcanzar eficiencia operativa, justicia espacial y aproximación a la sostenibilidad percibida ambiental. Los hallazgos empíricos muestran que la adopción tecnológica modera y refuerza las relaciones entre calidad, accesibilidad y aproximación a la sostenibilidad percibida, indicando su papel articulador dentro de la reingeniería del transporte.

El modelo integrado es consistente con los enfoques de movilidad sostenible propuestos por Banister (2008), Litman (2022) y Geels (2011), quienes coinciden en que la aproximación a la sostenibilidad percibida del transporte depende de la interacción equilibrada entre infraestructura, tecnología y comportamiento social, por lo que esta interdependencia metodológica se asocia también en coherencia teórica.

Los resultados empíricos refuerzan el paradigma de la movilidad inteligente, donde la información digital y la participación ciudadana son condiciones necesarias para la legitimidad del sistema (OCDE, 2020; ONU-Hábitat, 2022; CAF, 2023). El modelo no solo cuantifica estas relaciones, sino que las sugiere estadísticamente, consolidando un marco de gobernanza digital aplicable a ciudades con estructuras institucionales en transición.

Este recorrido de modelos evidencia, por tanto, una arquitectura econométrica completa y robusta. Desde la elección modal hasta la aproximación a la sostenibilidad percibida, el análisis empírico describe un proceso de madurez del sistema de transporte que puede representarse como una cadena de gobernanza progresiva donde los factores

socioeconómicos determinan la probabilidad de uso; la calidad percibida define la confianza y la satisfacción; la accesibilidad asocia esa confianza en capacidad efectiva de movilidad; la aproximación a la sostenibilidad percibida refleja la estabilidad y la legitimidad del sistema; y la digitalización, presente en cada nivel, actúa como eje transversal de modernización y transparencia.

Esta secuencia valida de forma integral la hipótesis general y sugiere que la digitalización del transporte no solo optimiza la operación, sino que transforma la relación entre el ciudadano y el sistema, instaurando una forma de gobernanza urbana más abierta, informada y participativa.

El análisis econométrico ofrece asociaciones metodológicas y de política pública de alto impacto. En el plano técnico, aporta una estructura replicable para el estudio de sistemas de movilidad en entornos urbanos complejos, al combinar enfoques perceptuales, operativos y tecnológicos en una sola arquitectura econométrica.

En el plano político, sugiere que la aproximación a la sostenibilidad percibida no se alcanza por acumulación de infraestructura, sino por la integración de calidad, accesibilidad y digitalización bajo principios de eficiencia, equidad y transparencia.

Con evidencia empírica y significancia estadística puede decirse: el transporte público sostenible se configura como una expresión práctica de la gobernanza digital aplicada, donde la información, la seguridad, la confianza y la tecnología convergen para redefinir la movilidad urbana como un derecho y una oportunidad de desarrollo social.

7. Recomendaciones de Política Pública Para la Reingeniería del Transporte Público en Ciudad Juárez

La presente investigación sintetiza sus hallazgos en un conjunto articulado de recomendaciones de política pública destinadas a rediseñar el sistema de transporte público de Ciudad Juárez bajo un enfoque de eficiencia, equidad y aproximación a la sostenibilidad percibida.

Como se expuso en el marco conceptual, la eficiencia del sistema se relaciona con la capacidad institucional de planificar, coordinar y evaluar servicios de transporte que respondan a las necesidades reales de movilidad urbana (BID, 2018; CAF, 2021).

La equidad, por su parte, se asocia a la obligación de sustentar acceso universal y justo al transporte, particularmente en entornos donde existen desigualdades territoriales y socioeconómicas (ONU-Hábitat, 2020). La aproximación a la sostenibilidad percibida se asocia con asegurar la continuidad del sistema mediante una gobernanza que integre criterios ambientales, tecnológicos y sociales (OCDE, 2019; ITDP, 2022).

Estas recomendaciones no se configuran como una síntesis descriptiva del trabajo, sino la traducción de los hallazgos empíricos, teóricos y comparativos en acciones estratégicas concretas. Los resultados de los modelos econométricos indican la necesidad de abordar el rediseño del transporte público desde un enfoque integral y multidimensional.

Esta evidencia respalda la propuesta de estructurar las recomendaciones en cinco ejes estratégicos que reflejan los distintos niveles de transformación identificados durante el análisis:

Eje Institucional y legal. Propuesto para el fortalecimiento de la gobernanza, del marco jurídico y de la coordinación intergubernamental, atendiendo la relevancia de la estructura institucional para asegurar continuidad y trazabilidad de decisiones (ONU-Hábitat, 2020; CAF, 2021).

Eje operativo y urbano. Promueve reorganización física y funcional del servicio, cobertura e infraestructura, en correspondencia con los resultados del modelo de accesibilidad que evidencian diferencias significativas entre zonas centrales y periféricas.

Eje tecnológico y digital. Analiza la incorporación de herramientas digitales, sistemas inteligentes y analítica de datos como soporte de gestión y transparencia, sustentado en el peso explicativo de la variable aceptación tecnológica en los modelos de aproximación a la sostenibilidad percibida y calidad.

Eje social y equidad. Promueve la atención diferenciada a grupos vulnerables, equidad de género y justicia social en el acceso, dimensiones que en el modelo de calidad se relacionan directamente con percepciones de seguridad y confianza.

Eje ambiental y de aproximación a la sostenibilidad percibida. Impulsa la transición hacia energías limpias, reducción de emisiones y resiliencia urbana, alineado con los resultados que vinculan aproximación a la sostenibilidad percibida percibida y eficiencia operativa.

Estos cinco ejes configuran un modelo de reingeniería integral del transporte público en Ciudad Juárez, donde las reformas institucionales se configuran como la plataforma que viabiliza los cambios operativos; las herramientas digitales actúan como catalizadores de eficiencia y transparencia; la equidad social refuerza la legitimidad del sistema, y la aproximación a la sostenibilidad percibida ambiental sustenta su viabilidad a largo plazo.

Con el propósito de fortalecer la coherencia operativa del modelo propuesto, los cinco ejes estratégicos pueden interpretarse bajo una lógica jerárquica de implementación y dependencia funcional. En este sentido, el eje institucional y legal se configura como la base estructural del sistema, en tanto define las condiciones normativas y organizacionales que habilitan las demás intervenciones.

En un segundo nivel, el eje operativo y urbano representa el núcleo de transformación directa, al incidir sobre los determinantes empíricos identificados en los modelos econométricos, particularmente en términos de accesibilidad, tiempos de traslado y eficiencia del servicio.

El eje tecnológico y digital actúa como un componente habilitador que optimiza la gestión operativa y fortalece la trazabilidad de la información, mientras que el eje social y de equidad se posiciona como un mecanismo de legitimación del sistema, al incidir en la percepción de seguridad, confianza y aceptación por parte de los usuarios.

El eje ambiental y de aproximación a la sostenibilidad percibida se configura como un componente de consolidación de largo plazo, orientado a asegurar la viabilidad del sistema mediante la reducción de externalidades y la incorporación de criterios de eficiencia energética.

Esta jerarquización no implica una implementación estrictamente secuencial, sino una relación de interdependencia funcional, en la que cada eje contribuye de manera diferenciada al proceso de reingeniería del transporte público.

Tabla de jerarquía

Eje	**Tipo de Función**	**Rol en el Sistema**	**Horizonte**
Institucional	Estructural	Habilita el sistema	Mediano–Largo
Operativo	Transformador	Impacto directo en usuarios	Corto–Mediano
Tecnológico	Habilitador	Optimiza y mide	Corto–Mediano
Social	Legitimador	Genera adopción	Corto–Mediano
Ambiental	Sostenibilidad	Consolida el sistema	Mediano–Largo

7.1. Criterios de Priorización de las Recomendaciones

Con el objetivo de fortalecer la trazabilidad entre los hallazgos empíricos del capítulo anterior y las propuestas de política pública aquí planteadas, se incorpora una matriz de

priorización que permite ordenar las recomendaciones en función de tres criterios analíticos: impacto esperado, factibilidad institucional y plazo de implementación.

El impacto esperado se valora con base en la evidencia econométrica obtenida, particularmente en relación con variables como accesibilidad, tiempos de espera, aceptación tecnológica y condiciones de uso; la factibilidad institucional considera las capacidades técnicas, administrativas y normativas del contexto local; y el plazo de implementación distingue entre acciones de corto, mediano y largo alcance.

Las escalas empleadas (baja, media, alta para impacto y factibilidad; corto, mediano y largo plazo para temporalidad) permiten estructurar una jerarquización operativa de las medidas, sin implicar una predicción determinista, sino una guía analítica para su eventual implementación en contextos institucionales reales.

Medida Propuesta	**Eje**	**Impacto Esperado**	**Factibilidad Institucional**	**Plazo**	**Actor Líder**
Mejora de frecuencias y reducción de tiempos de espera	Operativo-urbano	Alta	Media	Corto	Operador / Estado
Implementación de información en tiempo real	Tecnológico-digital	Alta	Alta	Corto	Estado / Operador
Fortalecimiento de seguridad percibida en el sistema	Social-equidad	Alta	Media	Corto	Municipio / Estado
Integración tarifaria y sistema de pago unificado	Operativo-urbano	Alta	Media	Mediano	Estado
Priorización vial para transporte público	Operativo-urbano	Alta	Media	Mediano	Municipio

Medida Propuesta	Eje	Impacto Esperado	Factibilidad Institucional	Plazo	Actor Líder
Plataforma de datos abiertos de transporte	Tecnológico-digital	Media	Media	Corto	Estado
Fortalecimiento institucional (unidad técnica de transporte)	Institucional-legal	Media	Media	Mediano	Estado
Creación de fondo multianual de financiamiento	Institucional-legal	Alta	Baja	Mediano	Estado / Congreso
Programas de inclusión y accesibilidad universal	Social-equidad	Media	Media	Mediano	Estado / Municipio
Electrificación progresiva de flota (pilotos)	Ambiental-sostenibilidad	Media	Baja	Mediano	Estado
Reingeniería institucional integral del sistema	Institucional-legal	Alta	Baja	Largo	Estado
Transición energética estructural del sistema	Ambiental-sostenibilidad	Alta	Baja	Largo	Estado

7.2. Eje 1: Recomendaciones Institucionales y Legales

El sistema de transporte público en Ciudad Juárez presenta limitaciones asociadas a la fragmentación institucional y a la insuficiencia del marco normativo para sustentar coordinación, continuidad y mecanismos de rendición de cuentas. Estas condiciones restringen la capacidad de planificación de largo plazo y la respuesta sistemática a las necesidades de movilidad urbana.

Los resultados del análisis econométrico presentado en el capítulo 5 identifican que las variables asociadas a la accesibilidad operativa (tiempos de espera, duración del trayecto y número de transbordos) y a la aceptación tecnológica muestran asociaciones estadísticamente

significativas con el desempeño del sistema y con la aproximación a la sostenibilidad percibida. En conjunto, estos hallazgos orientan las siguientes propuestas hacia intervenciones institucionales que permitan reducir fricciones operativas y fortalecer la gestión basada en información.

7.2.1. *Crear un Organismo de Transporte Estatal (OTE) con Autonomía Técnica y Operativa*

Se propone la creación de un organismo de transporte con autonomía técnica y operativa que concentre funciones de planeación, coordinación y evaluación del sistema. Esta medida se vincula con los hallazgos asociados a la accesibilidad operativa, en tanto la integración de rutas, la definición de frecuencias y la supervisión de la intermodalidad requieren capacidades técnicas centralizadas.

El organismo podría incorporar funciones de análisis de datos, evaluación de desempeño y coordinación intergubernamental, integrando al gobierno estatal, municipal y actores del sistema. Desde el punto de vista normativo, su implementación implicaría ajustes a la Ley de Transporte del Estado de Chihuahua, incluyendo disposiciones sobre atribuciones técnicas, mecanismos de evaluación y lineamientos operativos.

En términos operativos, su funcionamiento podría sustentarse en indicadores verificables de desempeño (integración institucional, eficiencia operativa y transparencia), permitiendo vincular la gestión con resultados medibles.

7.2.2. *Definir un Marco Jurídico de Gobernanza Digital en Movilidad*

Se propone incorporar un marco jurídico de gobernanza digital que establezca obligaciones en materia de generación, uso y publicación de información del sistema de transporte. Esta medida se relaciona con los hallazgos asociados a la aceptación tecnológica, en tanto la disponibilidad y uso de información inciden en la percepción de eficiencia y en la interacción usuario-sistema.

El marco normativo podría estructurarse en torno a tres componentes:

(1) transparencia tecnológica (publicación de datos operativos),

(2) interoperabilidad de sistemas (compatibilidad entre plataformas),

(3) rendición de cuentas digital (seguimiento de indicadores y resultados).

Su implementación requeriría ajustes legales y la creación de capacidades técnicas para la gestión de datos, así como la definición de responsabilidades para operadores y autoridades.

7.2.3. *Establecer un Sistema de Planeación y Rendición de Cuentas Obligatoria*

Se propone institucionalizar un sistema de planeación y rendición de cuentas basado en indicadores verificables. Esta medida se vincula con los hallazgos asociados a la accesibilidad operativa y desempeño del sistema, en tanto permite alinear decisiones con condiciones observadas de operación.

El sistema podría contemplar la elaboración de planes y reportes periódicos sustentados en indicadores de eficiencia, accesibilidad y aproximación a la sostenibilidad percibida. Asimismo, podría integrarse a un registro estatal de movilidad que concentre información operativa y financiera.

Su operación podría recaer en una unidad técnica especializada, con funciones de monitoreo, evaluación y difusión de resultados.

7.2.4. *Sustentar la Participación Ciudadana Vinculante*

Se propone fortalecer los mecanismos de participación ciudadana mediante esquemas institucionalizados de consulta y seguimiento. Esta medida se relaciona con los hallazgos asociados a la aceptación tecnológica y confianza en el sistema.

Los mecanismos podrían incluir consejos ciudadanos, plataformas digitales de consulta y sistemas de seguimiento de propuestas, integrados a la estructura institucional del sistema de

transporte. Desde el punto de vista normativo, su implementación implicaría definir procedimientos, alcances y mecanismos de integración a la toma de decisiones.

7.2.5. *Blindar Presupuestos de Movilidad Bajo Criterios de Equidad y Sostenibilidad Percibida*

Se propone establecer esquemas de financiamiento que favorezcan la continuidad de las inversiones en movilidad. Esta medida se vincula con los hallazgos asociados a la accesibilidad y al desempeño del sistema, en tanto la inversión sostenida permite intervenir factores operativos críticos.

El diseño podría considerar la creación de un fondo específico para movilidad, con criterios de asignación orientados a eficiencia operativa, accesibilidad y cobertura. Asimismo, podrían incorporarse mecanismos de seguimiento y evaluación del gasto mediante herramientas de transparencia digital.

7.2.6. *Condiciones de Implementación y Viabilidad*

Actores clave: Gobierno estatal, municipio y poder legislativo.

Condiciones habilitantes: Definición de competencias, marco jurídico compatible y disponibilidad presupuestal inicial.

Riesgos institucionales: Fragmentación de atribuciones, resistencia a la reconfiguración institucional y limitaciones presupuestales.

Viabilidad política básica: Implementación gradual, priorizando ajustes administrativos y fortaleciendo el área técnica antes de reformas estructurales de mayor alcance.

Matriz de Priorización

Las siguientes medidas se clasifican en función de impacto esperado, factibilidad institucional y horizonte temporal, con base en los hallazgos empíricos y en las condiciones institucionales del contexto local.

Medida	Tipo	Impacto	Factibilidad	Plazo
Organismo de transporte	Nuclear	Alto	Medio	Mediano
Gobernanza digital	Nuclear	Alto	Medio	Corto
Planeación y rendición de cuentas	Nuclear	Alto	Alto	Corto
Participación ciudadana	Complementaria	Medio	Medio	Mediano
Estabilidad presupuestal	Complementaria	Alto	Bajo	Mediano

7.3. Eje 2: Recomendaciones Operativas y Urbanas

La operación del transporte público en Ciudad Juárez presenta limitaciones asociadas a la desarticulación de rutas, baja cobertura en zonas periféricas y una infraestructura que no cumple de manera consistente con estándares de accesibilidad y seguridad.

Estas condiciones han derivado en un sistema con baja competitividad frente al automóvil particular, caracterizado por tiempos de traslado elevados y marcadas desigualdades territoriales.

En este contexto, las recomendaciones de este eje se orientan a la reorganización del servicio desde una perspectiva de eficiencia urbana, intermodalidad y accesibilidad universal, con el propósito de fortalecer el papel del transporte público dentro de la estructura urbana.

Los resultados del análisis econométrico indican que las variables asociadas al tiempo de espera, duración del trayecto y número de transbordos presentan asociaciones estadísticamente significativas con la aproximación a la sostenibilidad percibida del sistema. Estos hallazgos sugieren que la configuración física y operativa del transporte incide directamente en la experiencia del usuario, por lo que su reorganización debe atender prioritariamente estos componentes.

En consecuencia, las propuestas de este eje se estructuran a partir de dichos hallazgos y se complementan con los principios de planificación urbana sostenible (Calthorpe, 1993; Healey, 2007; Pierre, 2011), los cuales plantean que la movilidad eficiente, inclusiva y resiliente

constituye un elemento central en el desarrollo urbano contemporáneo. Este enfoque permite articular la evidencia empírica con criterios teóricos de planificación, orientando las intervenciones hacia mejoras en eficiencia operativa, cobertura territorial y accesibilidad del sistema.

7.3.1. *Rediseño Integral de Rutas con Base en Patrones de Movilidad Real*

El análisis del modelo de movilidad crítica identifica que las variables de tiempo de espera, duración del trayecto y número de transbordos presentan asociaciones estadísticamente significativas con la percepción de eficiencia del sistema de transporte público. Estas dimensiones, con coeficientes significativos al 95 % y un nivel de ajuste elevado (R^2 ajustado superior a 0.70), indican que la configuración actual de rutas no se alinea plenamente con los patrones de desplazamiento observados.

La presencia de recorridos redundantes, la concentración de servicios en ejes centrales y la limitada conectividad periférica se asocian con mayores tiempos de viaje y reducen la competitividad del transporte público frente al automóvil privado. En este contexto, el rediseño de rutas se orienta a incorporar patrones reales de movilidad, considerando información empírica derivada del comportamiento de los usuarios.

El esquema operativo puede estructurarse bajo un modelo troncal–alimentador, orientado a mejorar la cobertura territorial, la eficiencia operativa y la integración intermodal con otros modos de transporte (peatonal, ciclista y BRT).

Esta configuración es consistente con los hallazgos empíricos: la relevancia del tiempo de espera sugiere la necesidad de corredores troncales con mayor frecuencia, mientras que la significancia del número de transbordos respalda la implementación de rutas alimentadoras coordinadas que reduzcan trayectos prolongados y conexiones ineficientes. Este enfoque se alinea con los principios de planificación urbana sostenible (Calthorpe, 1993; Healey, 2007).

La implementación del rediseño puede sustentarse en un análisis geoespacial de patrones origen-destino obtenidos mediante la encuesta aplicada, complementado con herramientas de modelación de trayectos y tiempos de viaje.

Este proceso permite identificar zonas con déficit de cobertura y segmentos con sobreoferta, así como evaluar escenarios operativos alternativos. El uso de modelos de simulación facilita la estimación de tiempos promedio puerta a puerta y la evaluación de cambios en la estructura de transbordos, incorporando criterios técnicos en la toma de decisiones.

Desde el punto de vista institucional, el Organismo de Transporte podría coordinar este proceso a través de una unidad especializada en planeación operativa y análisis de datos, encargada de integrar información proveniente de registros GPS, validaciones electrónicas y encuestas de usuarios.

Esta instancia tendría como función actualizar periódicamente la red de rutas en función de indicadores de desempeño, con énfasis en tiempo de espera, número de transbordos y cobertura espacial.

El rediseño puede evaluarse mediante indicadores verificables de desempeño operativo, entre los que destacan:

Tiempo promedio de espera en paraderos por franja horaria.

Duración media de viaje puerta a puerta, incluyendo transbordos.

Porcentaje de rutas integradas al esquema troncal–alimentador.

Índice de cobertura territorial (proporción de población con acceso a una ruta o estación a menos de 800 metros).

Nivel de satisfacción de los usuarios respecto a puntualidad y conectividad.

La medición periódica de estos indicadores, junto con su publicación en plataformas institucionales, permite dar seguimiento a los efectos del rediseño sobre las condiciones de operación del sistema.

El rediseño integral de rutas puede interpretarse como una intervención de carácter estructural en la organización del sistema de transporte, en tanto modifica la distribución de accesibilidad y la funcionalidad de la red. Su implementación puede realizarse de manera gradual, mediante pilotos en corredores estratégicos y evaluaciones comparativas antes y después de su aplicación, con el fin de ajustar la configuración operativa conforme a resultados observados.

7.3.2. *Fortalecer la Intermodalidad y la Conectividad Urbana*

Los resultados del modelo de movilidad crítica y del modelo de aproximación a la sostenibilidad percibida indican que la duración del trayecto y el número de transbordos presentan asociaciones estadísticamente significativas con la percepción de eficiencia del sistema. Estos hallazgos sugieren que la fragmentación operativa del transporte público en Ciudad Juárez incide de manera relevante en su desempeño general.

En este contexto, la intermodalidad se plantea como un proceso de integración funcional entre modos de transporte, orientado a reducir barreras físicas, temporales y operativas que afectan la movilidad urbana. Bajo este enfoque, los desplazamientos se conciben como secuencias articuladas, en las que el tiempo total de viaje puerta a puerta se configura como un indicador central de desempeño operativo.

La reducción de este tiempo se asocia con la coordinación entre modos de transporte, la disminución de esperas y la mejora en las condiciones de transbordo. Para ello, se considera la implementación de nodos de conexión intermodal estratégicamente localizados, que integren el sistema BRT, rutas alimentadoras, transporte convencional y modalidades no motorizadas.

El fortalecimiento de la intermodalidad puede estructurarse a partir de tres componentes técnicos:

Diseño físico-funcional de los nodos de transferencia.

Los nodos intermodales pueden desarrollarse bajo criterios de accesibilidad universal, seguridad, iluminación y señalética estandarizada, así como proximidad a equipamientos urbanos relevantes. Considerando que la aceptación tecnológica muestra una asociación positiva con la percepción de eficiencia, estos espacios pueden incorporar sistemas digitales de información en tiempo real sobre horarios, frecuencias y ocupación de unidades.

Integración tarifaria y digital.

Los resultados del modelo por índices sugieren que la percepción de calidad se asocia con la coherencia y previsibilidad del sistema. En este sentido, la intermodalidad requiere avanzar hacia esquemas de tarifa integrada electrónica que permitan el uso de distintos modos mediante una misma plataforma. Este mecanismo facilita la experiencia de viaje y contribuye a la generación de información útil para la planeación.

Coordinación institucional y planeación urbana.

La integración modal implica también una articulación institucional. El Organismo de Transporte (OTE) podría asumir funciones de coordinación con dependencias de planeación urbana, obra pública y medio ambiente. Este enfoque es consistente con los principios de gobernanza multinivel y con las recomendaciones de organismos internacionales como la OCDE (2023) y ONU–Hábitat (2022).

Desde una perspectiva operativa, la integración modal puede acompañarse de instrumentos de evaluación que permitan monitorear su desempeño. En este sentido, se propone el Índice de Integración Urbana del Transporte (IIT), compuesto por indicadores como:

Porcentaje de viajes intermodales (medido mediante validaciones electrónicas combinadas).

Tiempo promedio de transbordo entre modos y estaciones.

Distancia media a nodos intermodales.

Porcentaje de rutas integradas en esquema troncal–alimentador.

Nivel de satisfacción de los usuarios respecto a la conectividad.

El IIT puede actualizarse de manera periódica y publicarse como parte de los mecanismos de rendición de cuentas institucional, permitiendo evaluar la evolución de la integración modal en el sistema.

Adicionalmente, la intermodalidad puede considerarse desde una perspectiva de equidad territorial. Los resultados del análisis de accesibilidad sugieren que los usuarios en zonas periféricas enfrentan mayores tiempos de traslado, lo que se asocia con condiciones de desigualdad espacial. En este sentido, la integración física y tarifaria de los modos de transporte puede orientarse a mejorar la conectividad de estas áreas con los principales centros urbanos.

En conjunto, el fortalecimiento de la intermodalidad contribuye a mejorar la eficiencia operativa del sistema y a reducir brechas territoriales, en concordancia con los principios de sostenibilidad urbana y los objetivos establecidos en el ODS 11. Bajo este enfoque, la integración modal puede interpretarse como un componente estructural para la consolidación de un sistema de transporte más articulado, transparente y funcional.

7.3.3. *Priorizar la Accesibilidad Universal*

El análisis del modelo de accesibilidad identifica asociaciones estadísticamente significativas entre la cobertura de rutas, la proximidad a paraderos y la aproximación a la sostenibilidad percibida del sistema de transporte público. En particular, los usuarios con acceso a una parada a menos de 500 metros de su vivienda o lugar de trabajo reportan mayores niveles de satisfacción y una mayor frecuencia de uso.

Adicionalmente, el modelo de aproximación a la sostenibilidad percibida muestra que la aceptación tecnológica se asocia positivamente con la percepción de equidad y modernización del sistema, al facilitar el acceso a información en tiempo real, la planeación de viajes y la previsibilidad del servicio. Estos hallazgos sugieren que la accesibilidad debe entenderse no solo como un atributo físico, sino como una condición estructural vinculada a la eficiencia operativa y a la equidad urbana.

En este contexto, la accesibilidad universal -entendida como la posibilidad de que todas las personas, independientemente de su condición, puedan desplazarse de manera autónoma, segura y asequible- se plantea como un criterio orientador de la política de movilidad. En Ciudad Juárez, la limitada cobertura en zonas periféricas y las deficiencias en infraestructura peatonal se asocian con desigualdades territoriales en el acceso al transporte.

La estrategia de accesibilidad puede orientarse a fortalecer la conectividad territorial mediante la integración del sistema de transporte con infraestructura peatonal y condiciones de accesibilidad física adecuadas. La evidencia sobre movilidad crítica -en particular la relevancia del tiempo de espera y los transbordos- sugiere que la accesibilidad debe evaluarse no solo en términos de distancia, sino también en función del tiempo efectivo de desplazamiento y de la facilidad de conexión entre modos.

La mejora de la accesibilidad puede estructurarse en tres componentes:

Cobertura territorial y conectividad funcional.

Se plantea la expansión de rutas hacia zonas con déficit de servicio y altos tiempos de traslado, basada en análisis geoespacial de la demanda y en los resultados de los modelos econométricos.

Se propone como referencia un estándar de cobertura del 90 % de la población con acceso a una parada o estación a menos de 800 metros, en concordancia con lineamientos de la ONU–Hábitat (2020) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2022).

Infraestructura accesible e inclusiva.

Las paradas, aceras y cruces pueden desarrollarse bajo criterios de diseño universal, reduciendo barreras físicas, visuales y cognitivas. Considerando la asociación positiva de la aceptación tecnológica, se sugiere la incorporación de herramientas como paneles digitales de información, señalética accesible y aplicaciones móviles adaptadas, ampliando el alcance de la accesibilidad hacia una dimensión tecnológica.

Equidad territorial y priorización social.

Los datos de la encuesta aplicada muestran diferencias en la calidad del servicio entre zonas urbanas; por ejemplo, los usuarios de áreas periféricas registran tiempos de espera hasta un 40 % mayores que en zonas centrales.

Este patrón sugiere la conveniencia de incorporar criterios de priorización territorial en la asignación de recursos, considerando variables como marginación, densidad poblacional y distancia a paraderos. Este enfoque permite orientar la política de movilidad hacia una distribución más equilibrada de beneficios.

Desde una perspectiva técnica, el Organismo de Transporte (OTE) puede implementar un Sistema de Evaluación de Accesibilidad Urbana (SEAU), que integre información geoespacial, datos operativos y percepción ciudadana. Este sistema permitiría calcular indicadores como:

Porcentaje de población con acceso ≤ 800 m a una ruta o estación.

Tiempo promedio de caminata a paraderos.

Densidad de infraestructura accesible (rampas, cruces y aceras adaptadas).

Índice de satisfacción con la accesibilidad urbana (medido periódicamente).

Brecha territorial en tiempos de espera y cobertura.

La actualización periódica de estos indicadores y su publicación en plataformas institucionales contribuyen a fortalecer la trazabilidad y evaluación de la política de accesibilidad.

En coherencia con los resultados del modelo de aproximación a la sostenibilidad percibida y con los principios de planificación inclusiva (Gehl, 2010; UN–Habitat, 2022), la accesibilidad puede considerarse un componente central del desempeño social del sistema de transporte. Su fortalecimiento se asocia con mejoras en la eficiencia operativa y con una mayor equidad en el acceso a oportunidades urbanas

7.3.4. *Jerarquización del Espacio Vial a Favor del Transporte Público y la Movilidad Segura*

Los resultados del modelo por índices y del modelo de calidad indican que la duración del trayecto y la percepción de seguridad presentan asociaciones estadísticamente significativas con el desempeño del sistema de transporte público. En este sentido, los usuarios que enfrentan tiempos prolongados de traslado o condiciones viales inseguras muestran menor propensión al uso del transporte colectivo, lo que se asocia con una mayor dependencia del automóvil particular y con efectos sobre la congestión urbana.

Estos hallazgos sugieren la necesidad de revisar la configuración del espacio vial, orientando su uso hacia el transporte público, la movilidad no motorizada y la seguridad de los usuarios, en función de criterios de eficiencia urbana.

La estructura vial de Ciudad Juárez presenta una distribución que favorece el uso del automóvil particular, en contraste con la limitada infraestructura destinada al transporte público y a los modos no motorizados. En este contexto, las intervenciones en infraestructura pueden orientarse a reducir los tiempos de trayecto y mejorar la confiabilidad del servicio mediante la implementación de carriles exclusivos, paradas consolidadas con señalización estandarizada y sistemas de prioridad semafórica en corredores de alta demanda.

Desde una perspectiva técnica, la optimización del espacio vial puede sustentarse en diagnósticos físico-operativos basados en análisis geoespacial y modelación de tráfico. Este enfoque permite identificar cuellos de botella, zonas de congestión recurrente y tramos con alta siniestralidad, orientando la inversión hacia intervenciones con impacto medible.

En este marco, se propone el desarrollo de un Plan Maestro de Infraestructura para la Movilidad Sostenible (PMIMS), coordinado por el Organismo de Transporte (OTE) en conjunto con instancias de obra pública y seguridad vial. Este instrumento puede incorporar herramientas de simulación dinámica (como VISSIM o AIMSUN) para evaluar escenarios de intervención y estimar efectos en tiempos de traslado y condiciones operativas.

Los resultados del modelo de calidad indican que la percepción de seguridad incide en la valoración del sistema, por lo que las intervenciones en infraestructura pueden integrar criterios de diseño vial seguro, tales como:

Reducción de velocidades en corredores con alto flujo peatonal.

Ampliación de banquetas y mejora de iluminación.

Implementación de cruces a nivel con señalización visible y tiempos adecuados.

Instalación de sistemas de vigilancia en paradas principales.

Estas acciones se alinean con la Estrategia de Seguridad Vial 2030 promovida por la OMS y responden a la necesidad de incorporar la seguridad como componente del desempeño del sistema.

El rediseño del espacio vial puede considerar también una redistribución jerárquica del uso del suelo y de los derechos de vía, priorizando la movilidad de las personas sobre el flujo vehicular. En este sentido, la coordinación entre el OTE, el Instituto Municipal de Investigación y Planeación (IMIP) y las dependencias de desarrollo urbano resulta relevante para asegurar coherencia entre planeación territorial, inversión pública y política de transporte.

El impacto de estas intervenciones puede evaluarse mediante un Sistema de Indicadores de Eficiencia Urbana y Seguridad Vial (SIESV), que incluya métricas como:

Tiempo promedio de viaje por corredor (min/km).

Velocidad comercial del transporte público.

Tasa de siniestros viales en corredores intervenidos.

Porcentaje de vías con carriles exclusivos.

Reducción estimada de emisiones de CO_2 asociadas a mejoras en el flujo vehicular.

La actualización periódica de estos indicadores y su publicación en formatos abiertos permite dar seguimiento a los efectos de la política vial y fortalecer los mecanismos de rendición de cuentas. Su articulación con otros sistemas de evaluación contribuye a una medición integral del desempeño del transporte.

Desde el enfoque de la eficiencia urbana sostenible (Newman & Kenworthy, 2015; Banister, 2019), la reorganización del espacio vial puede interpretarse como una intervención que incide tanto en la movilidad como en la configuración urbana. En este sentido, la priorización del transporte público y de la seguridad contribuye a fortalecer condiciones de accesibilidad y funcionamiento del sistema en el entorno urbano.

7.3.5. *Gestión Operativa*

Los resultados del modelo de calidad y del modelo de aproximación a la sostenibilidad percibida indican que las percepciones favorables del sistema se asocian con variables vinculadas a la eficiencia operativa, la reducción del tiempo de viaje y la adopción tecnológica. Estos hallazgos, con significancia estadística al 95 %, sugieren que la aproximación a la sostenibilidad percibida en el transporte urbano se relaciona con un enfoque que integra desempeño operativo, gestión energética y uso de herramientas digitales.

En el contexto de Ciudad Juárez, donde el transporte público constituye una fuente relevante de emisiones urbanas, la aproximación a la sostenibilidad percibida puede traducirse

en estrategias orientadas a mejorar la eficiencia energética, incorporar tecnologías de menor impacto ambiental y fortalecer la gestión operativa del sistema.

El modelo por índices muestra que los constructos de movilidad crítica y aceptación tecnológica explican conjuntamente una proporción relevante de la variabilidad en la aproximación a la sostenibilidad percibida (R^2 ajustado superior a 0.60). Este resultado sugiere que la política ambiental del transporte puede estructurarse en dos dimensiones complementarias:

Optimización energética, mediante la reducción de tiempos muertos, recorridos redundantes y consumo de combustible.

Transición tecnológica, a través de la incorporación gradual de unidades de bajas o cero emisiones, acompañada de infraestructura y capacidades técnicas.

Desde esta perspectiva, la sostenibilidad se aborda como un proceso de gestión operativa. En este sentido, se propone la creación de un Programa Integral de Gestión Ambiental y Energética del Transporte (PIGAET), coordinado por el Organismo de Transporte (OTE), estructurado en cuatro componentes:

Gestión operativa de eficiencia energética.

Implementación de sistemas de monitoreo digital de consumo de combustible, velocidad promedio y tiempos de detención mediante datos en tiempo real. La evidencia del modelo de movilidad crítica sugiere que la reducción de tiempos de trayecto se asocia con menores niveles de consumo energético y costos operativos.

Transición tecnológica progresiva.

Diseño de un programa de sustitución gradual de unidades, priorizando aquellas con mayor antigüedad. La incorporación de tecnologías limpias (híbridas, eléctricas o a gas natural comprimido) puede acompañarse de infraestructura de carga y mantenimiento especializado.

Se plantea como referencia una meta del 30 % de flota con tecnología limpia hacia 2030, en congruencia con el Acuerdo de París y recomendaciones de CEPAL (2022).

Infraestructura verde y compensación ambiental.

Incorporación de criterios de diseño ambiental en estaciones y patios operativos, tales como paneles solares, pavimentos permeables, sistemas de captación pluvial y acciones de reforestación. Estas medidas contribuyen a mitigar externalidades ambientales y a mejorar condiciones de resiliencia urbana.

Monitoreo y transparencia ambiental.

Desarrollo de un Tablero Digital de Desempeño Ambiental (TDDA), que registre y publique indicadores asociados al desempeño ambiental del sistema. Este instrumento puede actualizarse de manera periódica y vincularse con mecanismos de rendición de cuentas institucional.

Los indicadores del TDDA incluyen:

Consumo promedio de combustible por kilómetro recorrido.

Emisiones de CO_2 por pasajero–kilómetro.

Porcentaje de flota con tecnología limpia.

Ahorro energético asociado a la reducción de tiempos de trayecto.

Número de estaciones con infraestructura de eficiencia energética.

Nivel de satisfacción ciudadana respecto a la sostenibilidad del sistema.

La implementación del PIGAET permite vincular los resultados empíricos con metas operativas medibles, particularmente en relación con la reducción de tiempos de viaje y la adopción tecnológica, variables que presentan asociaciones relevantes con la percepción del sistema.

Desde el punto de vista normativo, estas estrategias pueden articularse con la Ley de Cambio Climático del Estado de Chihuahua, incorporando criterios de desempeño ambiental en los esquemas de concesión y en los instrumentos de financiamiento del transporte público.

En términos teóricos, este enfoque se vincula con la literatura sobre movilidad baja en carbono y planificación urbana sostenible (Banister, 2018; OECD, 2023; CAF, 2022), en la que la sostenibilidad del transporte se concibe como un proceso que integra eficiencia operativa, innovación tecnológica y capacidades institucionales.

7.3.6. *Recuperación y Modernización de la Infraestructura Vial y de Paraderos*

El análisis de los modelos por índices y de calidad indica que la duración del trayecto y la percepción de seguridad presentan asociaciones estadísticamente significativas con la valoración del servicio de transporte público.

Los tiempos de viaje elevados y condiciones deficientes en zonas de ascenso y descenso se asocian con una menor confianza en el sistema y con la preferencia por alternativas de transporte individual.

Estos resultados sugieren la conveniencia de orientar la inversión pública hacia la rehabilitación de la infraestructura vial y la mejora de paraderos, incorporando criterios de eficiencia operativa, seguridad y equidad territorial.

La modernización puede concentrarse en corredores troncales y alimentadores de alta demanda, donde el deterioro del pavimento incide en mayores tiempos de traslado y en costos operativos. La rehabilitación de estas vialidades se asocia con mejoras en la velocidad de operación y en la eficiencia energética de las unidades. Para su implementación, los proyectos pueden incorporar estudios de nivel de servicio, análisis estructural del pavimento y evaluaciones de desempeño operativo.

La renovación de paraderos y estaciones puede integrar iluminación eficiente, sistemas de video vigilancia y señalética estandarizada, elementos que se asocian con la percepción de

seguridad del usuario. Asimismo, la incorporación de mobiliario urbano homogéneo contribuye a mejorar la legibilidad del sistema y la experiencia de uso.

Desde la perspectiva institucional, el Organismo de Transporte (OTE) puede coordinar un Programa de Recuperación de Corredores y Paraderos (PRCP), en articulación con instancias de obra pública y seguridad vial. Este programa puede incorporar mecanismos de participación ciudadana en la priorización de intervenciones, en congruencia con los lineamientos de gobernanza establecidos en el Eje 1.

El impacto de estas intervenciones puede evaluarse mediante indicadores verificables, tales como:

Tiempo promedio de viaje en corredores rehabilitados.

Reducción del gasto en mantenimiento vehicular.

Porcentaje de paraderos con iluminación y sistemas de vigilancia activos.

Nivel de satisfacción ciudadana respecto a seguridad y condiciones de espera.

Variación en incidentes en zonas de ascenso y descenso.

La medición periódica de estos indicadores y su publicación en plataformas institucionales permite dar seguimiento a los efectos de la inversión pública y fortalecer los mecanismos de rendición de cuentas. En este marco, la modernización de la infraestructura se asocia con mejoras en la eficiencia operativa y en las condiciones de seguridad del sistema, con efectos sobre la accesibilidad y la calidad del servicio.

7.3.7. *Planeación Urbana Integrada al Transporte*

Los resultados econométricos indican que mayores tiempos de trayecto y la presencia de múltiples transbordos se asocian con patrones de expansión urbana dispersa y con la desconexión funcional entre vivienda y empleo. Estos hallazgos sugieren la conveniencia de articular la planeación urbana y habitacional con el sistema de transporte público, con el objetivo de reducir desplazamientos obligados y mejorar la cohesión territorial.

En este marco, y en congruencia con los enfoques de desarrollo orientado al transporte (Transit-Oriented Development, TOD) y de planeación metropolitana sostenible (Calthorpe, 1993; Banister, 2019), se plantea alinear los instrumentos de ordenamiento territorial (Plan de Desarrollo Urbano, Plan Maestro de Movilidad y programas de vivienda) con los corredores estructurantes del sistema de transporte.

Este enfoque se asocia con estrategias de densificación planificada, promoción de movilidad activa y reducción de dependencia del automóvil, en correspondencia con los determinantes operativos identificados (tiempos de viaje y transbordos).

La integración urbana-transporte puede traducirse en acciones normativas y técnicas:

Zonificación y densificación en corredores de transporte.

Ajustar la normativa de uso de suelo para permitir mayor densidad habitacional y de servicios en torno a estaciones troncales y nodos intermodales, favoreciendo la mezcla de usos y la proximidad funcional.

Coordinación interinstitucional.

Establecer un Consejo de Planeación y Movilidad integrado por el OT, el municipio, el IMIP y la Secretaría de Desarrollo Urbano, con el propósito de alinear los instrumentos de planeación territorial y de movilidad.

Regulación del crecimiento periférico.

Incorporar criterios de conectividad y cobertura de transporte en la autorización de nuevos desarrollos habitacionales e industriales, con el fin de evitar patrones de expansión que incrementen la dependencia del automóvil.

Rehabilitación urbana y movilidad de proximidad.

Desarrollar intervenciones de microinfraestructura (banquetas, ciclovías, iluminación) en torno a estaciones y paraderos, orientadas a mejorar condiciones de accesibilidad y seguridad.

Para evaluar el grado de integración urbana-transporte, se propone el Índice de Cohesión Urbano-Movilidad (ICUM), compuesto por:

Densidad poblacional promedio a 800 m de corredores troncales.

Porcentaje de desarrollos habitacionales con acceso directo a transporte público.

Variación en tiempos promedio de viaje desde zonas periféricas.

Porcentaje de viajes realizados mediante modos sostenibles (transporte público, bicicleta y caminata).

El ICUM puede incorporarse al Sistema de Evaluación Operativa del Transporte (SEOT), permitiendo monitorear la relación entre políticas urbanas y resultados operativos mediante indicadores verificables.

Desde una perspectiva analítica, la integración del transporte con la planeación urbana puede interpretarse como un componente estructural de la reingeniería del sistema, en tanto incide en la distribución de accesibilidad, la organización territorial y el funcionamiento de la red de movilidad. En este sentido, la articulación entre vivienda, empleo y servicios en torno al transporte contribuye a reducir desigualdades espaciales y a mejorar la eficiencia del sistema urbano.

En conjunto, las medidas planteadas en el Eje 2 se estructuran a partir de la evidencia empírica generada por los modelos aplicados. Los resultados asociados a movilidad crítica orientan las intervenciones sobre rediseño de rutas y priorización vial; los relacionados con calidad del servicio sustentan acciones en infraestructura y condiciones de operación; y los vinculados a aceptación tecnológica y aproximación a la sostenibilidad percibida respaldan la incorporación de herramientas digitales y criterios de eficiencia energética.

Estas medidas pueden interpretarse como una transición hacia un sistema de transporte con mayor integración funcional, en el que las decisiones operativas y urbanas se apoyan en información empírica y en mecanismos de evaluación mediante indicadores.

Este eje reconoce que la movilidad urbana se encuentra condicionada por la estructura territorial. Por ello, la integración entre transporte y planeación urbana constituye un elemento clave para orientar el crecimiento hacia configuraciones más compactas y conectadas, en línea con los enfoques de desarrollo orientado al transporte y movilidad baja en carbono.

Las acciones propuestas se asocian con una mejora en la articulación del sistema, la reducción de tiempos de desplazamiento y el fortalecimiento de condiciones de accesibilidad y equidad territorial, contribuyendo a una configuración más eficiente del sistema de movilidad urbana.

7.3.8. *Condiciones de Implementación y Viabilidad*

Actores clave: Municipio (gestión vial), operador del sistema y autoridades estatales de transporte.

Condiciones habilitantes: Coordinación interinstitucional, ajustes operativos y disponibilidad de infraestructura básica.

Riesgos institucionales: Conflictos con el uso del espacio vial, resistencia de usuarios y limitaciones operativas.

Viabilidad política básica: Alta en el corto plazo para medidas operativas, con implementación progresiva en intervenciones que requieran reorganización urbana.

Matriz de priorización

Con el propósito de ordenar la implementación de las medidas propuestas, se construyó una matriz de priorización basada en tres criterios: impacto esperado, factibilidad institucional y plazo de implementación.

El impacto se refiere a la capacidad de cada medida para incidir en los determinantes empíricos identificados (tiempos de viaje, transbordos, accesibilidad y percepción de calidad). La factibilidad considera condiciones presupuestales, capacidad técnica, coordinación interinstitucional y posibles resistencias de actores.

El plazo distingue entre intervenciones de corto (0–2 años), mediano (3–5 años) y largo plazo (más de 5 años). Se clasifica cada medida como nuclear (derivada de hallazgos empíricos) o complementaria (consistente con literatura o experiencia comparada).

Medida	Tipo	Impacto	Factibilidad	Plazo
Rediseño integral de rutas con base en patrones de movilidad real (7.3.1)	Nuclear	Alto	Media	Mediano
Fortalecimiento de la intermodalidad y conectividad urbana (7.3.2)	Nuclear	Alto	Media	Mediano
Priorización de la accesibilidad universal (7.3.3)	Nuclear	Alto	Alta	Corto–Mediano
Reconfiguración del espacio vial para transporte público y seguridad (7.3.4)	Nuclear	Alto	Media–Baja	Mediano–Largo
Gestión operativa y eficiencia energética del sistema (7.3.5)	Nuclear	Media–Alta	Alta	Corto
Recuperación y modernización de infraestructura vial y paraderos (7.3.6)	Nuclear	Alto	Media	Corto–Mediano
Planeación urbana integrada al transporte (TOD) (7.3.7)	Complementaria	Alto (estructural)	Baja	Largo

7.4. Eje 3: Recomendaciones Tecnológicas y Digitales

El eje tecnológico y digital articula la evidencia empírica derivada de los modelos de aceptación tecnológica, aproximación a la sostenibilidad percibida y calidad del servicio, con el propósito de orientar la modernización digital del sistema de transporte público.

Los resultados econométricos indican que la aceptación tecnológica presenta una asociación estadísticamente significativa con la percepción del sistema, particularmente en términos de confianza y valoración del servicio, lo que sugiere que la dimensión digital constituye un componente relevante en el desempeño del transporte.

Con esa asociación estadística, las recomendaciones de este eje se orientan a fortalecer los mecanismos de adopción tecnológica que permitan mejorar la trazabilidad de la información, la interoperabilidad entre plataformas y la disponibilidad de datos para la toma de decisiones.

El propósito central es avanzar hacia un esquema de gobernanza digital del transporte, entendido como la integración de herramientas tecnológicas para la gestión, el monitoreo y la evaluación del sistema.

Bajo este enfoque, las políticas propuestas buscan consolidar una infraestructura digital que facilite la coordinación entre actores institucionales, operadores y usuarios, así como la generación de información verificable.

Este planteamiento se alinea con los hallazgos empíricos del estudio y con enfoques contemporáneos de gestión de la movilidad, en los que el uso de tecnologías de información se asocia con mejoras en la eficiencia operativa, la transparencia institucional y la capacidad de respuesta del sistema.

7.4.1. *Sistema Integral de Información en Tiempo Real*

La evidencia econométrica indica que la adopción de herramientas digitales por parte de usuarios y operadores presenta una asociación estadísticamente significativa con la percepción del sistema de transporte público, particularmente en términos de eficiencia, calidad y aproximación a la sostenibilidad percibida.

La implementación de un Sistema Integral de Información en Tiempo Real se plantea como un instrumento para fortalecer la gestión operativa y la disponibilidad de información en el servicio.

El sistema puede estructurarse como una plataforma tecnológica unificada orientada a recopilar, procesar y difundir información dinámica sobre rutas, frecuencias, tiempos de espera, ubicación de unidades y alertas operativas, accesible mediante aplicación móvil y portal web.

La disponibilidad de esta información permite a los usuarios planificar sus desplazamientos con mayor precisión y reducir la incertidumbre asociada a los tiempos de espera.

A nivel institucional, la integración con sistemas de monitoreo satelital (GPS) y de recaudo electrónico facilita el seguimiento operativo y la generación de datos para la toma de decisiones, tanto por parte de las autoridades como de los operadores.

Los resultados del modelo de aproximación a la sostenibilidad percibida sugieren que la mejora en tiempos de traslado y la incorporación de tecnologías se asocian con una mejor valoración del sistema.

El sistema de información puede contribuir indirectamente a la optimización de los flujos de viaje y a la reducción de tiempos de espera, variables que inciden en el desempeño operativo.

El diseño del sistema puede organizarse en tres niveles:

Nivel operativo, orientado a la recopilación y análisis de datos en tiempo real.

Nivel informativo, enfocado en la difusión pública mediante interfaces accesibles, paneles de control y tableros de desempeño.

Nivel participativo, que permite la interacción de los usuarios mediante reportes de incidencias, evaluación del servicio y sugerencias.

Estos componentes se alinean con enfoques de gobernanza digital, al facilitar la interacción entre autoridades, operadores y usuarios. Asimismo, la disponibilidad de datos abiertos puede apoyar procesos de investigación aplicada y el desarrollo de soluciones tecnológicas complementarias.

La implementación del sistema puede evaluarse mediante indicadores de desempeño como:

Porcentaje de unidades con transmisión GPS activa.

Tiempo promedio de espera reportado y actualizado en la aplicación.

Nivel de satisfacción digital de los usuarios.

Número de reportes ciudadanos gestionados a través de la plataforma.

Frecuencia de actualización de las bases de datos públicas.

La medición periódica de estos indicadores permite dar seguimiento al grado de adopción tecnológica y al funcionamiento del sistema de información, en términos de gestión operativa y disponibilidad de datos.

En este marco, el sistema puede interpretarse como un componente que contribuye a mejorar la coordinación operativa y la transparencia del servicio, mediante el uso de información en tiempo real.

7.4.2. *Pago Electrónico Universal y Multimodal*

Los resultados del índice de aceptación tecnológica indican que la disposición de los usuarios a utilizar el transporte público presenta una asociación con la confianza en herramientas digitales y con la percepción de modernización del servicio.

La implementación de un sistema de pago electrónico universal y multimodal se plantea como un instrumento para mejorar la gestión operativa y la trazabilidad financiera del sistema de transporte público en Ciudad Juárez.

La sustitución gradual del pago en efectivo por mecanismos electrónicos -tarjetas recargables, códigos QR o tecnología NFC- permite fortalecer el control de ingresos, reducir la evasión y facilitar la planeación tarifaria. Asimismo, la reducción del manejo de efectivo se asocia con mejoras en las condiciones de seguridad para operadores y usuarios.

Desde la perspectiva de la aproximación a la sostenibilidad percibida, los resultados del modelo sugieren que la valoración del servicio se relaciona con la eficiencia en el proceso de abordaje y con la reducción de tiempos de espera. En este sentido, el pago electrónico puede contribuir a agilizar la validación en cada parada y a mejorar la fluidez operativa, particularmente en periodos de alta demanda.

La interoperabilidad entre modos de transporte -BRT, rutas alimentadoras y otras modalidades- puede estructurarse bajo un esquema en el que una misma tarjeta o aplicación permita realizar transbordos sin duplicidad de tarifas. Así se favorece la continuidad del viaje y la integración del sistema desde la perspectiva del usuario.

La información generada por el sistema de recaudo puede integrarse al Sistema Integral de Información en Tiempo Real, proporcionando insumos para el análisis de demanda, la planeación tarifaria y el diseño de esquemas de subsidio.

La implementación del sistema puede desarrollarse de manera progresiva:

Piloto inicial en corredores troncales y estaciones BRT con alto flujo de usuarios.

Expansión hacia rutas alimentadoras y operadores concesionados mediante estándares de interoperabilidad tecnológica.

Consolidación de un sistema integrado de recaudo vinculado a los módulos de control financiero del OT.

El desempeño del sistema puede evaluarse mediante indicadores verificables como:

Porcentaje de abordajes con pago electrónico respecto al total.

Tiempo promedio de ascenso por pasajero.

Nivel de satisfacción del usuario con el sistema de pago.

Variación en los ingresos registrados respecto a esquemas previos.

Nivel de interoperabilidad entre modos de transporte.

La medición periódica de estos indicadores permite dar seguimiento a la adopción del sistema y a sus efectos en la operación y gestión del transporte. En este marco, el pago electrónico puede interpretarse como un componente que contribuye a mejorar la eficiencia operativa y la disponibilidad de información para la toma de decisiones.

7.4.3. *Uso de Big Data y Analítica Avanzada*

La gestión del transporte público puede beneficiarse de enfoques basados en el análisis de datos para complementar los esquemas tradicionales de supervisión. Los resultados del modelo de calidad indican que las variaciones en los tiempos de trayecto y de espera presentan asociaciones relevantes con la percepción de eficiencia del sistema, mientras que el modelo de aproximación a la sostenibilidad percibida sugiere que la valoración del servicio se relaciona con la consistencia y previsibilidad de la operación.

El uso de Big Data y analítica avanzada se plantea como un conjunto de herramientas orientadas a mejorar la toma de decisiones mediante el procesamiento de información operativa y de demanda.

El análisis de grandes volúmenes de datos permite estructurar un ecosistema de información interoperable, que facilite la identificación de patrones de movilidad, la detección de puntos de congestión y la estimación de flujos de pasajeros por franja horaria y zona urbana. Esta información puede utilizarse para la evaluación del desempeño operativo y para apoyar procesos de planeación.

La analítica puede aplicarse en dos niveles:

Nivel operativo, orientado a la optimización de frecuencias, programación de despachos y asignación de unidades en función de la demanda observada.

Nivel estratégico, enfocado en el diseño de políticas públicas, integrando variables socio-espaciales (densidad poblacional, uso de suelo, nivel socioeconómico y conectividad territorial) con indicadores de movilidad.

El uso de registros históricos de velocidad, tiempo de recorrido y ocupación de unidades permite generar estimaciones sobre consumo energético y emisiones, las cuales pueden integrarse a los sistemas de monitoreo del Programa Integral de Gestión Ambiental y

Energética del Transporte (PIGAET). De esta manera, la analítica contribuye a vincular la información operativa con el seguimiento de indicadores ambientales.

Para garantizar la calidad y trazabilidad de los datos, el Organismo de Transporte (OTE) puede adoptar lineamientos de gobernanza de la información, incluyendo procesos de anonimización, estandarización e interoperabilidad de bases de datos, así como la publicación de datos abiertos.

El sistema puede generar tableros de información con indicadores como:

Variación diaria de tiempos de espera y duración de trayectos.

Distribución espacial de la demanda por ruta y horario.

Índice de puntualidad en tiempo real.

Nivel de ocupación promedio de unidades por corredor.

Tasa de cumplimiento de frecuencias programadas.

La disponibilidad de estos indicadores permite dar seguimiento al desempeño del sistema y facilita su evaluación por parte de actores institucionales y usuarios.

Desde el punto de vista institucional, la implementación de estas herramientas puede apoyarse en la creación de una Unidad de Analítica y Ciencia de Datos del Transporte, integrada por perfiles técnicos especializados en estadística, ingeniería de datos y análisis urbano, en coordinación con universidades y centros de investigación.

En este marco, la analítica de datos puede interpretarse como un componente que contribuye a mejorar la gestión operativa y la disponibilidad de información para la toma de decisiones, en función de evidencia empírica y mecanismos de evaluación.

7.4.4. *Plataforma Digital*

La digitalización del sistema de transporte público requiere de un esquema de gobernanza de datos que permita administrar de manera consistente la información generada por las plataformas tecnológicas, los sistemas de recaudo y los dispositivos de monitoreo.

Los resultados del modelo de herramientas digitales sugieren que la confianza de los usuarios en la tecnología y en las instituciones responsables de su gestión presenta una asociación con la percepción del sistema, particularmente en términos de calidad y seguridad.

La gobernanza digital puede entenderse como el conjunto de mecanismos institucionales y normativos orientados a regular el acceso, uso y protección de la información, así como a asegurar la trazabilidad de los procesos digitales.

El proceso de transformación digital del transporte genera volúmenes crecientes de información, incluyendo registros de geolocalización, datos de abordaje, tiempos de espera, patrones de movilidad y transacciones electrónicas. La administración de estos datos se plantea como un requisito para mantener la continuidad operativa y la consistencia del sistema.

Se propone la creación de un Marco de Gobernanza Digital del Transporte (MGDT), coordinado por el Organismo de Transporte (OTE), orientado a definir responsabilidades institucionales, protocolos de acceso, estándares de interoperabilidad y lineamientos para la protección de datos personales.

El MGDT puede estructurarse en tres componentes:

Componente normativo, enfocado en la formulación de lineamientos para la gestión tecnológica, la interoperabilidad y la transparencia.

Componente operativo, encargado de la administración de bases de datos, la seguridad de la información y el funcionamiento de las plataformas digitales.

Componente de rendición de cuentas, orientado a la publicación de información y a la verificación de indicadores mediante herramientas digitales accesibles.

La protección de datos personales constituye un elemento central dentro de este marco. Las plataformas pueden operar bajo criterios de anonimización, consentimiento informado y minimización de datos, en concordancia con la Ley General de Protección de Datos Personales

en Posesión de Sujetos Obligados (México, 2017) y con lineamientos internacionales de organismos como la OECD y la UIT.

En este esquema, los datos publicados como información abierta pueden procesarse en forma agregada, con el fin de mantener la transparencia sin comprometer la privacidad de los usuarios.

La gobernanza digital también puede incorporar mecanismos de supervisión técnica, mediante un comité especializado integrado por perfiles en derecho digital, estadística y gestión pública. Este órgano puede participar en la verificación de la integridad de los sistemas y en la revisión de los procesos asociados al uso de datos en la toma de decisiones operativas.

En materia de interoperabilidad, el MGDT puede promover el uso de estándares abiertos y protocolos comunes (por ejemplo, ISO 37120), con el fin de facilitar la integración de información entre sistemas de recaudo, monitoreo en tiempo real y análisis de datos.

El desempeño del sistema de gobernanza digital puede evaluarse mediante indicadores como:

Número de plataformas interoperables activas.

Porcentaje de datos publicados en formato abierto.

Tiempo promedio de actualización de bases públicas.

Tasa de incidentes de seguridad digital atendidos.

Nivel de confianza de los usuarios en herramientas digitales.

La medición periódica de estos indicadores permite dar seguimiento al funcionamiento del sistema digital en términos de gestión de la información y transparencia institucional.

En este marco, la gobernanza de datos puede interpretarse como un componente que contribuye a organizar el uso de la información y a fortalecer la disponibilidad de datos para la toma de decisiones dentro del sistema de transporte.

7.4.5. *Capacitación y Fortalecimiento de Capacidades Digitales*

Los resultados de los modelos de herramientas digitales y calidad sugieren que la adopción efectiva de innovaciones tecnológicas se asocia con la capacidad de los actores involucrados para utilizarlas de manera consistente en su práctica operativa. En este contexto, el desarrollo de competencias digitales se plantea como un componente relevante para la implementación de las estrategias tecnológicas del sistema de transporte.

El proceso de formación puede estructurarse como una política institucional orientada a fortalecer habilidades en el uso de herramientas digitales, interpretación de información operativa y manejo de dispositivos tecnológicos. Para ello, el Organismo de Transporte (OTE) puede implementar un Programa Integral de Formación y Capacitación del Transporte (PIFCDT), con contenidos diferenciados por nivel de responsabilidad:

Nivel operativo, enfocado en el uso de validadores electrónicos, protocolos de reporte y atención al usuario mediante herramientas digitales.

Nivel técnico, orientado a la gestión de datos, mantenimiento de equipos, control de flota y monitoreo de indicadores.

Nivel directivo, centrado en la interpretación de tableros, análisis de información y apoyo a la toma de decisiones.

Este esquema permite estandarizar el uso de tecnologías dentro del sistema y reducir variaciones en la operación. La evidencia del modelo de aceptación tecnológica sugiere que la percepción del servicio se relaciona con la consistencia en la aplicación de herramientas digitales, lo que refuerza la pertinencia de procesos de capacitación continua.

De manera complementaria, el proceso de transformación digital puede apoyarse en esquemas de colaboración con instituciones académicas y centros tecnológicos, con el fin de facilitar la actualización de conocimientos y la incorporación de nuevas soluciones.

Asimismo, la implementación de mecanismos de certificación de competencias, alineados con estándares como los del Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales (CONOCER), puede contribuir a formalizar las capacidades del personal y a fortalecer la profesionalización del sector.

El seguimiento del proceso puede realizarse mediante indicadores como:

Porcentaje de personal certificado en competencias digitales.

Reducción de incidencias operativas asociadas al uso de tecnología.

Nivel de cumplimiento de protocolos de monitoreo y reporte digital.

Nivel de satisfacción de los usuarios respecto al servicio digital.

Participación del personal en procesos de mejora operativa.

La medición de estos indicadores permite evaluar el grado de adopción tecnológica desde una perspectiva operativa. En este marco, el fortalecimiento de capacidades digitales puede interpretarse como un elemento que contribuye a la implementación efectiva de las herramientas tecnológicas dentro del sistema de transporte.

7.4.6. *Transparencia y Datos Abiertos*

La gestión del sistema de transporte público puede fortalecerse mediante esquemas de transparencia y acceso a la información derivados de las plataformas digitales, los sistemas de monitoreo y los registros operativos.

Los resultados del modelo de herramientas digitales sugieren que la confianza de los usuarios en el sistema presenta una asociación con la percepción de disponibilidad, claridad y confiabilidad de la información.

La transparencia puede entenderse como un componente de la gobernanza digital orientado a facilitar el acceso público a datos relevantes del sistema, este enfoque de datos abiertos implica que la información operativa (rutas, frecuencias, tiempos de espera, ubicación

de unidades, incidencias y estadísticas de demanda) se encuentre disponible en formatos accesibles y reutilizables.

Esta apertura permite a actores externos, como instituciones académicas y organizaciones especializadas, desarrollar análisis y aplicaciones complementarias, así como apoyar procesos de evaluación del sistema.

Desde la perspectiva institucional, la disponibilidad de información puede facilitar la trazabilidad de decisiones y el seguimiento de indicadores de desempeño. En este sentido, el Organismo de Transporte (OTE) puede integrar un tablero digital de movilidad dentro de su portal institucional, con indicadores de cobertura, puntualidad, demanda y otras variables operativas.

Este tablero puede complementarse con reportes periódicos y bases de datos históricas que permitan analizar la evolución del sistema en el tiempo.

Los resultados del modelo de aproximación a la sostenibilidad percibida sugieren que la valoración del servicio se relaciona con la disponibilidad de información y la previsibilidad del sistema. En este marco, la publicación de datos operativos puede contribuir a mejorar la percepción del servicio y a facilitar la evaluación de su desempeño.

Para garantizar la calidad de la información, el OT puede establecer protocolos para la validación, anonimización y actualización de los datos, en concordancia con la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública y con estándares internacionales como la Open Data Charter.

El desempeño de la política de datos abiertos puede evaluarse mediante indicadores como:

Número de datasets publicados y actualizados.

Frecuencia de actualización de datos operativos.

Número de consultas o descargas por parte de usuarios externos.

Nivel de cumplimiento de estándares de datos abiertos.

Nivel de confianza de los usuarios en la información disponible.

La medición de estos indicadores permite dar seguimiento a la implementación de la política de transparencia y a su funcionamiento en términos de acceso y disponibilidad de información.

En este marco, la apertura de datos puede interpretarse como un mecanismo que contribuye a fortalecer la disponibilidad de información y a apoyar procesos de análisis y evaluación del sistema de transporte.

7.4.7. *Condiciones de Implementación y Viabilidad*

Actores clave: Operador del sistema, autoridades estatales y proveedor tecnológico.

Condiciones habilitantes: Infraestructura digital, disponibilidad de datos y capacidad técnica de gestión.

Riesgos institucionales: Calidad limitada de los datos, dependencia tecnológica y brechas en capacidades institucionales.

Viabilidad política básica: Factible mediante implementación gradual, iniciando con pilotos y escalamiento progresivo conforme se consoliden capacidades técnicas.

Matriz de priorización.

Medida	**Tipo**	**Impacto**	**Factibilidad**	**Plazo**
Sistema Integral de Información en Tiempo Real (7.4.1)	Nuclear	Alto	Media–Alta	Corto–Mediano
Pago electrónico universal y multimodal (7.4.2)	Nuclear	Alto	Media	Mediano
Uso de Big Data y analítica avanzada (7.4.3)	Complementaria	Alto	Media–Baja	Mediano–Largo
Plataforma digital y gobernanza de datos (MGDT) (7.4.4)	Complementaria	Alto (institucional)	Media–Baja	Mediano

Medida	Tipo	Impacto	Factibilidad	Plazo
Capacitación y fortalecimiento de capacidades digitales (7.4.5)	Nuclear	Media–Alta	Alta	Corto
Transparencia y política de datos abiertos (7.4.6)	Complementaria	Media–Alta	Alta	Corto–Mediano

7.5. Eje 4: Recomendaciones Sociales y de Equidad

El transporte público en Ciudad Juárez constituye un espacio en el que se reflejan desigualdades sociales y territoriales. Los resultados de los modelos econométricos sugieren que variables asociadas a movilidad crítica, accesibilidad y aproximación a la sostenibilidad percibida presentan diferencias entre grupos poblacionales.

Mujeres, personas adultas mayores, personas con discapacidad y habitantes de zonas periféricas enfrentan condiciones menos favorables en términos de tiempos de traslado, cobertura del servicio y percepción de seguridad.

Estos resultados indican que la movilidad urbana puede analizarse no solo como un fenómeno técnico, sino también como un ámbito en el que se expresan condiciones diferenciadas de acceso a oportunidades.

Desde el punto de vista teórico, este eje se apoya en el enfoque de justicia en el transporte (Martens, 2017), que plantea la necesidad de considerar la distribución equitativa de oportunidades de movilidad; en el enfoque de capacidades (Sen, 1999; Nussbaum, 2000), que vincula la movilidad con la posibilidad de participación social y económica; y en la concepción de movilidad como condición de inclusión social (Lucas, 2019).

Estos planteamientos se complementan con referencias a la justicia distributiva (Rawls, 1971) y a enfoques de reconocimiento de la diferencia (Young, 1990), que orientan el análisis hacia la consideración de grupos con condiciones específicas.

El objetivo de este eje es orientar la política de movilidad hacia un enfoque de equidad que integre tres dimensiones:

Equidad territorial, vinculada a la distribución de rutas, frecuencias y cobertura del servicio.

Equidad social, asociada a la atención de condiciones diferenciadas entre grupos poblacionales.

Equidad digital, orientada a reducir barreras en el acceso a herramientas tecnológicas dentro del sistema de transporte.

La implementación de estas dimensiones puede apoyarse en esquemas de coordinación institucional y colaboración con actores externos, como instituciones académicas y organizaciones sociales, con el fin de fortalecer capacidades técnicas y mecanismos de seguimiento.

En este marco, se propone la creación de un Sistema de Evaluación Social del Transporte, orientado a medir la evolución de las condiciones de acceso y uso del servicio. Este sistema puede incorporar indicadores como:

Proporción de población con acceso a un paradero a menos de 800 metros.

Percepción de seguridad desagregada por género.

Proporción del gasto en transporte respecto al ingreso en hogares vulnerables.

La medición de estos indicadores permite dar seguimiento a las condiciones de equidad en el sistema y apoyar la toma de decisiones en materia de política pública.

En conjunto, este eje plantea que la movilidad urbana puede analizarse como un componente relevante en la distribución de oportunidades dentro de la ciudad. La incorporación de criterios de equidad en el diseño y evaluación del sistema de transporte permite complementar el enfoque técnico con una perspectiva orientada a las condiciones de acceso de distintos grupos poblacionales.

7.5.1. *Transporte con Perspectiva de Género y Atención a Grupos Vulnerables.*

La movilidad urbana en Ciudad Juárez presenta diferencias en las condiciones de acceso y uso del transporte público entre distintos grupos poblacionales. Los resultados de los modelos de accesibilidad y aproximación a la sostenibilidad percibida sugieren que mujeres, personas adultas mayores, personas con discapacidad y habitantes de zonas periféricas enfrentan mayores tiempos de traslado, menor cobertura del servicio y una percepción menos favorable en términos de seguridad y calidad.

Estos resultados indican que el diseño y la operación del sistema pueden no responder de manera homogénea a la diversidad de necesidades presentes en la población usuaria.

Desde el punto de vista teórico, la incorporación de una perspectiva de género y de inclusión social se vincula con el enfoque de justicia en el transporte (Martens, 2017), que plantea la necesidad de garantizar condiciones equitativas de acceso a oportunidades urbanas.

Este planteamiento se complementa con los aportes de Young (1990), que destacan la relevancia de considerar diferencias sociales en el diseño de políticas públicas, incluyendo aspectos como seguridad, accesibilidad y autonomía en la movilidad.

En términos operativos, este enfoque puede traducirse en tres líneas de acción:

Seguridad y condiciones de confianza en el transporte. Implementación de medidas como sistemas de videovigilancia, iluminación en paraderos, botones de auxilio y capacitación del personal en atención con perspectiva de género.

La percepción de seguridad, identificada en los modelos de calidad y aproximación a la sostenibilidad percibida, se asocia con la decisión de uso del transporte, particularmente en mujeres y personas mayores.

Accesibilidad universal. Adecuación de infraestructura y equipamiento mediante rampas, señalización táctil y sonora, paraderos seguros y unidades adaptadas. Estas medidas

se relacionan con la reducción de barreras físicas de acceso identificadas en el análisis de movilidad.

Equidad territorial. Ajuste de rutas y frecuencias para mejorar la conexión entre zonas periféricas y áreas de empleo y servicios. La evidencia empírica sugiere que la limitada cobertura en estas zonas se asocia con condiciones diferenciadas de acceso a la movilidad.

De manera complementaria, la incorporación de una perspectiva de género puede incluir mecanismos de participación dentro de la gobernanza del transporte, como la creación de un Consejo Consultivo de Movilidad con Perspectiva de Género dentro del OT. Este espacio puede facilitar la integración de opiniones de usuarias, operadoras y especialistas en la definición de criterios de servicio y estrategias de seguridad.

El seguimiento de estas medidas puede realizarse mediante un sistema de indicadores de equidad y seguridad en movilidad, que incluya:

Percepción de seguridad desagregada por género y edad.

Porcentaje de rutas y paraderos con accesibilidad universal.

Participación de mujeres en espacios de gobernanza del transporte.

Tiempo promedio de traslado en zonas periféricas desagregado por grupo poblacional.

Nivel de satisfacción de usuarias respecto al servicio.

La medición de estos indicadores permite dar seguimiento a las condiciones de acceso y uso del sistema por parte de distintos grupos poblacionales.

En este marco, la incorporación de criterios de género e inclusión puede interpretarse como un componente que contribuye a identificar y atender diferencias en la experiencia de movilidad dentro del sistema de transporte público.

7.5.2. *Acceso Equitativo*

El acceso al transporte público en Ciudad Juárez presenta diferencias territoriales y sociales en la cobertura y condiciones de servicio. Los resultados de los modelos de

accesibilidad y aproximación a la sostenibilidad percibida sugieren que las zonas con menor cobertura, menor frecuencia y percepción de seguridad coinciden con sectores de bajos ingresos y con grupos poblacionales en condiciones de vulnerabilidad.

Estos resultados indican que la localización territorial y las condiciones socioeconómicas se asocian con diferencias en el acceso al sistema de transporte y en las oportunidades de movilidad.

Por lo tanto, el fortalecimiento del acceso equitativo puede abordarse mediante dos dimensiones principales:

1. Accesibilidad económica. La implementación de esquemas tarifarios diferenciados para personas adultas mayores, estudiantes, personas con discapacidad y hogares de bajos ingresos puede contribuir a reducir barreras económicas al uso del transporte público. Estas medidas pueden complementarse con mecanismos de subsidio focalizado, en función de criterios socioeconómicos y patrones de uso del sistema.

2. Accesibilidad territorial. La ampliación de cobertura hacia zonas periféricas se plantea como una medida para reducir diferencias espaciales en el acceso. El análisis de movilidad sugiere que estas áreas presentan mayores tiempos de traslado y dependencia de transbordos. En este sentido, puede considerarse un esquema de expansión gradual basado en rutas troncales y alimentadoras, orientado a mejorar la conexión con zonas de empleo, educación y servicios.

Este proceso puede acompañarse de infraestructura básica en paraderos y puntos de acceso, con el fin de mejorar las condiciones de uso del sistema.

Para el seguimiento de estas medidas, se propone un Sistema de Evaluación de Equidad Territorial que incorpore indicadores como:

Porcentaje de población vulnerable con acceso a un paradero a menos de 800 metros.

Tiempo promedio de traslado en hogares de bajos ingresos en comparación con el promedio urbano.

Porcentaje de hogares que destinan más del 15 % de su ingreso al transporte.

Nivel de satisfacción del servicio en zonas periféricas.

La medición de estos indicadores permite dar seguimiento a las condiciones de acceso al sistema desde una perspectiva territorial y socioeconómica.

En este marco, el acceso equitativo puede interpretarse como un componente orientado a identificar y atender diferencias en la cobertura y condiciones de uso del transporte público.

7.5.3. *Diseño Inclusivo e Infraestructura Accesible*

El diseño físico del sistema de transporte público influye en las condiciones de acceso y uso por parte de distintos grupos poblacionales. Los resultados empíricos asociados a los modelos de accesibilidad y aproximación a la sostenibilidad percibida sugieren que variables como tiempos de traslado, frecuencia y cobertura se relacionan con la percepción de accesibilidad del servicio.

Estos resultados indican que la infraestructura constituye un elemento relevante para facilitar el uso del sistema, particularmente en personas con limitaciones físicas, sensoriales o de movilidad.

En este contexto, el diseño inclusivo puede entenderse como la incorporación de criterios técnicos que permitan adaptar el sistema a la diversidad de usuarios. En el caso de Ciudad Juárez, esto implica la adecuación progresiva de unidades de transporte y espacios de acceso mediante elementos como pisos bajos, rampas, señalización táctil y auditiva, y sistemas de información visual.

De manera complementaria, los paraderos y estaciones pueden incorporar criterios de funcionalidad, seguridad y legibilidad, mediante iluminación, mobiliario adecuado, señalética clara y espacios de resguardo climático.

La implementación de estas medidas puede apoyarse en la adopción de un Protocolo Municipal de Accesibilidad Universal, coordinado por el Organismo de Transporte en conjunto con instancias de obra pública y organizaciones especializadas. Este protocolo puede establecer lineamientos técnicos para el diseño, mantenimiento y evaluación de la infraestructura, en concordancia con estándares como ISO 21542 y la NOM-034-SSA3-2013.

Asimismo, puede considerarse la incorporación de mecanismos de seguimiento, como un Mecanismo de Auditoría Ciudadana de Accesibilidad (MACA), integrado por representantes de instituciones académicas y organizaciones sociales, con funciones de evaluación y emisión de recomendaciones sobre el cumplimiento de los lineamientos establecidos.

El seguimiento de estas acciones puede realizarse mediante un sistema de indicadores de accesibilidad, que incluya:

Porcentaje de paraderos y unidades con accesibilidad certificada.

Distancia promedio entre hogares y paraderos accesibles.

Nivel de satisfacción de usuarios con movilidad limitada.

Cumplimiento de criterios de accesibilidad por parte de operadores.

La medición de estos indicadores permite dar seguimiento a las condiciones de infraestructura del sistema y a su adecuación para distintos grupos de usuarios.

En este marco, el diseño inclusivo puede interpretarse como un componente orientado a mejorar las condiciones físicas de acceso al transporte público, en función de criterios técnicos y de evaluación.

7.5.4. *Participación Ciudadana Vinculante*

La evidencia empírica derivada de los modelos sugiere que variables asociadas a percepción de calidad y aproximación a la sostenibilidad percibida se relacionan con elementos como la disponibilidad de información, la comunicación institucional y la capacidad de respuesta del sistema.

Estos resultados indican que la interacción entre usuarios e instituciones puede incidir en la valoración del servicio, particularmente en lo relativo a confianza y percepción de funcionamiento.

En este contexto, la participación ciudadana puede incorporarse como un mecanismo institucional orientado a fortalecer los procesos de evaluación y retroalimentación del sistema de transporte. Para ello, se propone la creación del Consejo Ciudadano de Movilidad y Transporte Público (COMICOT), integrado por representantes de usuarios, operadores, organizaciones civiles e instituciones académicas.

Este consejo puede operar como instancia de carácter consultivo en temas como:

Evaluación del servicio.

Identificación de rutas prioritarias.

Seguimiento de indicadores operativos y sociales.

Revisión de esquemas tarifarios desde una perspectiva técnica.

Para su funcionamiento, pueden establecerse mecanismos de transparencia y acceso a la información, como:

Publicación de actas y acuerdos.

Difusión de sesiones mediante medios digitales.

Integración de un tablero público de seguimiento de decisiones.

Estos elementos permiten dar trazabilidad a los procesos de participación y vincularlos con la gestión del sistema.

El seguimiento de este componente puede apoyarse en indicadores como:

Número de sesiones realizadas y nivel de asistencia.

Porcentaje de recomendaciones incorporadas en la gestión del sistema.

Nivel de acceso público a información del consejo.

Percepción de usuarios sobre canales de participación.

La incorporación de mecanismos de participación puede interpretarse como un componente orientado a mejorar la retroalimentación institucional y el seguimiento de decisiones dentro del sistema de transporte público.

7.5.5. *Enfoque en Cohesión Social y Seguridad Comunitaria*

Las condiciones del entorno físico del sistema de transporte público se asocian con la percepción de seguridad y con la valoración del servicio por parte de los usuarios. Los resultados del modelo de índices sugieren que variables vinculadas al entorno, como iluminación, estado de los paraderos y condiciones del espacio público, inciden en la percepción de calidad y en la aproximación a la sostenibilidad percibida.

Estos resultados indican que el desempeño del sistema no depende únicamente de variables operativas, sino también de las condiciones del entorno en el que se desarrolla la experiencia de movilidad.

En este contexto, la incorporación de criterios de seguridad y entorno urbano puede abordarse mediante intervenciones en los espacios asociados al transporte, particularmente en paraderos, estaciones y corredores de alta demanda. Estas intervenciones pueden incluir mejoras en iluminación, mantenimiento del mobiliario urbano, señalización y condiciones de visibilidad.

De manera complementaria, el enfoque de desarrollo orientado al transporte (Transit-Oriented Development, TOD) permite integrar el transporte con el entorno urbano inmediato. Bajo este enfoque, puede considerarse la incorporación de elementos como áreas de resguardo, comercio regulado y espacios públicos funcionales en torno a estaciones, con el objetivo de mejorar las condiciones de uso y permanencia en estos espacios.

A nivel institucional, estas acciones pueden articularse mediante un Programa de Seguridad y Entorno del Transporte, coordinado entre el Organismo de Transporte y

dependencias municipales de seguridad y desarrollo urbano, con el fin de integrar intervenciones físicas y operativas en el entorno del sistema.

El seguimiento de estas medidas puede realizarse mediante indicadores como:

Percepción de seguridad en paraderos y estaciones.

Número de incidentes reportados en zonas de transporte.

Tiempo de respuesta ante incidentes.

Condiciones de mantenimiento del entorno físico.

Nivel de uso de estaciones y paraderos intervenidos.

La medición de estos indicadores permite evaluar las condiciones del entorno del sistema y su relación con la experiencia de uso del transporte público.

En este marco, las intervenciones en seguridad y entorno urbano pueden interpretarse como un componente orientado a mejorar las condiciones de acceso y uso del sistema desde una perspectiva espacial y operativa.

7.5.6. *Medición de Impacto Social*

Los resultados empíricos sugieren que variables como tiempos de traslado, cobertura y percepción de seguridad se asocian con la satisfacción de los usuarios y con su disposición a utilizar el transporte público. Estos hallazgos indican que los efectos sociales del sistema pueden ser observados mediante indicadores medibles a lo largo del tiempo.

Con esa evidencia empírica, la medición del impacto social puede incorporarse como un componente institucional del Organismo de Transporte (OTE), mediante su integración al Sistema de Evaluación Social del Transporte (SEST). Este sistema puede articular información estadística, encuestas de percepción y análisis espacial, vinculando datos operativos con variables sociales y territoriales.

Su propósito es establecer una línea base y dar seguimiento a las condiciones de acceso y uso del sistema, así como a la evolución de indicadores asociados a equidad territorial, condiciones socioeconómicas y acceso a información.

El SEST puede estructurarse en tres dimensiones:

Equidad territorial, orientada a medir acceso físico al sistema, proximidad a paraderos y tiempos de traslado en distintas zonas urbanas.

Equidad social, enfocada en el análisis de tarifas diferenciadas, subsidios y condiciones de acceso para grupos poblacionales.

Equidad digital, vinculada al acceso a información, uso de plataformas tecnológicas y mecanismos de participación.

Cada dimensión puede evaluarse mediante indicadores verificables, como:

Porcentaje de población con acceso a un paradero a menos de 800 metros.

Tiempo promedio de traslado por estrato socioeconómico.

Porcentaje de hogares que destinan más del 15 % de su ingreso al transporte.

Nivel de satisfacción desagregado por género, edad y localización.

Porcentaje de usuarios que utilizan herramientas digitales del sistema.

La medición de estos indicadores permite dar seguimiento a las condiciones sociales asociadas al transporte y generar información para la toma de decisiones.

En este marco, la medición del impacto social puede interpretarse como un instrumento orientado a vincular los resultados operativos del sistema con sus efectos en la experiencia de los usuarios.

Conclusiones del eje 4.

Los resultados de los modelos de calidad, accesibilidad y aproximación a la sostenibilidad percibida sugieren la existencia de diferencias en las condiciones de acceso y uso del transporte público entre distintos grupos poblacionales y territorios de la ciudad.

Estas diferencias se reflejan en variables como tiempos de traslado, cobertura del servicio, percepción de seguridad y acceso a herramientas digitales, lo que indica que el análisis del sistema de transporte puede incorporar una dimensión social complementaria al enfoque técnico-operativo.

En este sentido, el eje social y de equidad articula un conjunto de medidas orientadas a:

Mejorar condiciones de acceso para grupos con características diferenciadas.

Reducir diferencias territoriales en cobertura del servicio.

Fortalecer condiciones de infraestructura accesible.

Incorporar mecanismos de participación y seguimiento institucional.

Establecer esquemas de medición de impacto social.

El sustento teórico de este eje se apoya en enfoques de justicia en el transporte (Martens, 2017), capacidades (Sen, 1999; Nussbaum, 2000) y reconocimiento de diferencias sociales (Young, 1990), los cuales permiten contextualizar los resultados empíricos dentro de un marco conceptual más amplio.

La aplicación de estos enfoques al caso de Ciudad Juárez se traduce en medidas concretas relacionadas con accesibilidad, diseño del sistema, mecanismos de evaluación y participación institucional.

En conjunto, este eje puede interpretarse como una extensión del análisis empírico hacia una dimensión social del sistema de transporte, orientada a identificar condiciones diferenciadas de acceso y a proponer mecanismos de seguimiento mediante indicadores verificables.

7.5.7. *Condiciones de Implementación y Viabilidad*

Actores clave: Autoridades estatales y municipales en coordinación con instancias sociales y usuarios.

Condiciones habilitantes: Instrumentos de medición social, mecanismos de participación y enfoque de inclusión en la operación del sistema,

Riesgos institucionales: Limitada continuidad de políticas sociales, dificultad en la medición del impacto.

Viabilidad política básica: Moderada, dependiendo de la integración efectiva de estas medidas en la gestión operativa del sistema.

Matriz de priorización.

Con el fin de jerarquizar las medidas propuestas en este eje y facilitar su implementación, se presenta una matriz de priorización basada en tres criterios: impacto esperado en las condiciones de acceso y uso del sistema, factibilidad institucional (técnica, financiera y administrativa) y plazo de implementación.

Además, se distingue entre medidas nucleares, directamente derivadas de los hallazgos empíricos del estudio, y medidas complementarias, consistentes con la literatura y orientadas a fortalecer el enfoque de equidad en el sistema de transporte.

Medida	**Tipo**	**Impacto**	**Factibilidad**	**Plazo**
Implementación de medidas de seguridad con enfoque de género (iluminación, videovigilancia, capacitación)	Nuclear	Alto	Media	Corto
Adecuación de infraestructura para accesibilidad universal (rampas, señalización, unidades adaptadas)	Nuclear	Alto	Media	Mediano
Esquemas tarifarios diferenciados y subsidios focalizados	Nuclear	Alto	Media	Corto
Expansión de cobertura hacia zonas periféricas mediante rutas troncales–alimentadoras	Nuclear	Alto	Baja	Mediano

Medida	Tipo	Impacto	Factibilidad	Plazo
Creación del Consejo Consultivo de Movilidad con Perspectiva de Género	Complementaria	Media	Alta	Corto
Implementación del Sistema de Evaluación de Equidad Territorial	Nuclear	Alto	Alta	Corto
Adopción del Protocolo Municipal de Accesibilidad Universal	Nuclear	Alto	Media	Mediano
Creación del Mecanismo de Auditoría Ciudadana de Accesibilidad (MACA)	Complementaria	Media	Media	Mediano
Creación del Consejo Ciudadano de Movilidad y Transporte (COCIMOT)	Complementaria	Media	Alta	Corto
Implementación del Programa de Seguridad y Entorno del Transporte	Nuclear	Alto	Media	Mediano
Intervenciones urbanas bajo enfoque TOD en estaciones y paraderos	Complementaria	Media	Baja	Largo
Implementación del Sistema de Evaluación Social del Transporte (SEST)	Nuclear	Alto	Alta	Corto
Publicación de indicadores sociales y de equidad en plataformas digitales	Complementaria	Media	Alta	Corto

7.6. Eje 5: Recomendaciones Ambientales y Sostenibilidad Percibida

La movilidad urbana en Ciudad Juárez presenta retos asociados al uso intensivo de combustibles fósiles y a la necesidad de mejorar el desempeño ambiental del sistema de transporte. En este contexto, la incorporación de criterios ambientales puede analizarse como un componente complementario al desempeño operativo y social del sistema.

Los resultados del modelo de aproximación a la sostenibilidad percibida sugieren que variables asociadas a eficiencia energética y condiciones ambientales del servicio se relacionan con la percepción de calidad y confianza por parte de los usuarios. Estos hallazgos indican que

los atributos ambientales del sistema pueden incidir en la valoración del servicio, particularmente en lo relativo a eficiencia y modernización.

En este marco, el eje ambiental plantea un conjunto de medidas orientadas a mejorar el desempeño ambiental del sistema, mediante acciones relacionadas con eficiencia energética, monitoreo de emisiones, optimización del uso de recursos y adaptación a condiciones ambientales urbanas.

El sustento teórico de este eje se apoya en el enfoque del Triple Bottom Line (Elkington, 1997), que integra dimensiones económica, social y ambiental en la evaluación del desempeño, así como en el marco de transiciones sociotécnicas (Geels, 2011), que analiza la incorporación de innovaciones tecnológicas en sistemas complejos a través de procesos institucionales y organizacionales.

Desde esta perspectiva, la aproximación a la sostenibilidad percibida puede interpretarse como un componente que integra atributos ambientales dentro de la experiencia del usuario, en interacción con variables operativas y de percepción del servicio.

7.6.1. *Transición Energética en la Flota Vehicular*

La sustitución progresiva de unidades a diésel por vehículos eléctricos o híbridos puede contribuir a la reducción de emisiones contaminantes, niveles de ruido y costos de operación en el sistema de transporte público. En este contexto, la incorporación de tecnologías más limpias puede analizarse como una medida orientada a mejorar el desempeño ambiental del sistema.

Los resultados del modelo de aproximación a la sostenibilidad percibida sugieren que atributos vinculados a eficiencia energética y modernización del servicio se relacionan con la percepción de calidad y confianza por parte de los usuarios. Estos elementos permiten vincular la transición energética con la valoración del servicio, en términos de eficiencia y condiciones operativas.

En términos de implementación, puede considerarse un esquema gradual que incluya corredores piloto en zonas de alta demanda, metas intermedias hacia 2030 y una expansión progresiva hacia horizontes de mayor alcance.

Este proceso puede complementarse con incentivos fiscales, esquemas de colaboración público-privada y acceso a mecanismos de financiamiento internacional orientados a proyectos de movilidad sostenible (Banco Mundial, BID, Green Climate Fund).

Experiencias como la de Santiago de Chile, donde se han incorporado flotas eléctricas al sistema de transporte público, sugieren la viabilidad técnica de este tipo de medidas en contextos urbanos latinoamericanos (Opitz et al., 2024).

El seguimiento de esta transición puede apoyarse en un conjunto de indicadores como:

Porcentaje de flota eléctrica o híbrida en operación.

Consumo energético por kilómetro recorrido.

Estimación de emisiones evitadas de CO_2, PM10 y PM2.5.

Disponibilidad operativa promedio de unidades con tecnologías limpias.

La medición de estos indicadores permite dar seguimiento al desempeño ambiental del sistema y a la incorporación progresiva de tecnologías de menor impacto.

7.6.2. *Gestión de Emisiones y Monitoreo Ambiental*

La sustentabilidad requiere información precisa, trazable y pública. Se recomienda instalar sensores de emisiones en unidades y paraderos estratégicos, con publicación periódica de resultados en plataformas de datos abiertos; además, las nuevas adquisiciones de unidades podrán cumplir estándares ambientales internacionales (Euro VI o equivalentes) y someterse a auditorías anuales de desempeño ambiental.

El sistema de monitoreo permitirá correlacionar desempeño operativo y beneficios ambientales tangibles, fortaleciendo la confianza ciudadana y la rendición de cuentas. Se propone incorporar los siguientes indicadores al tablero de desempeño del sistema: 1)

reducción porcentual anual de CO_2, PM10 y PM2.5. 2) % de unidades con monitoreo ambiental activo. 3) Cumplimiento normativo por flota.

7.6.3. *Fomento a la Movilidad Activa*

El transporte sostenible requiere redes urbanas que faciliten micromovilidad y conectividad de última milla. Se propone integrar ciclovías, biciestacionamientos y andadores seguros al diseño de estaciones y corredores, evitando su planificación como proyectos aislados.

En Santiago, un estudio reciente mostró que los e-scooters redujeron el uso del transporte público en zonas centrales (21 %), donde actúan como complemento ante deficiencias de cobertura (Opitz et al., 2024).

Estos resultados evidencian que la micromovilidad, cuando se integra adecuadamente, fortalece la red del transporte público y mejora la equidad territorial.

De manera similar, la experiencia de Bogotá, donde el sistema TransMilenio aplica modelos de analítica para estimar ocupación y flujo por corredor, sugiere que la integración de datos de usuarios puede optimizar frecuencias y tramos de última milla (Villalobos et al., 2021).

En este esfuerzo de fomento a la movilidad se proponen indicadores que pueden integrarse al tablero de seguimiento: 1) kilómetros de ciclovías conectadas a estaciones. 2) porcentaje de viajes combinados con micromovilidad. 3) incidentes viales en corredores activos.

7.6.4. *Gestión Eficiente de Recursos*

La eficiencia energética institucional es clave para la aproximación a la sostenibilidad percibida. Se recomienda la adopción de tecnologías de bajo consumo en instalaciones (iluminación LED, automatización, paneles solares) y la implementación de principios de economía circular en mantenimiento (reciclaje de refacciones, reutilización de materiales,

reducción de residuos). Estas prácticas reducen costos y fortalecen la responsabilidad ambiental de la gestión pública.

Se proponen los siguientes indicadores para complementar el tablero de movilidad: 1) consumo energético promedio por instalación. 2) % de materiales reutilizados o reciclados. 3) costo de mantenimiento por kilómetro recorrido.

7.6.5. *Campañas de Sensibilización Ambiental*

El éxito de una política ambiental depende de su apropiación social. Se propone implementar campañas educativas permanentes que expliquen los co-beneficios del transporte limpio para la salud, el medio ambiente y la economía familiar. Estas campañas pueden articularse con tableros digitales de resultados, donde la ciudadanía pueda verificar avances en reducción de emisiones, ahorro energético y expansión de flota limpia.

Se proponen los siguientes indicadores: 1) alcance de campañas de sensibilización. 2) cambios en percepción ambiental del sistema. 3) participación comunitaria en actividades sostenibles.

7.6.6. *Resiliencia Climática en el Transporte*

La infraestructura del transporte se propone diseñarse con criterios de adaptación climática, y en ese sentido se recomienda fortalecer la resiliencia de paraderos, terminales, talleres, incorporando materiales duraderos, techos ventilados, sombreados naturales y drenaje sostenible. Además, el transporte público se propone integrarse formalmente a los planes municipales de adaptación y mitigación climática, sustentando continuidad operativa ante eventos extremos.

Se proponen los siguientes indicadores para incorporarlos al tablero digital de resultados: 1) % de infraestructura certificada como resiliente. 2) tiempo promedio de recuperación post-evento. 3) presupuesto anual destinado a adaptación climática.

7.6.7. *Sistema Integral de Indicadores Ambientales*

Para monitorear avances, se propone la creación del Sistema Integral de Indicadores Ambientales del Transporte (SIAT), integrado al tablero digital de movilidad. Este sistema publicará datos actualizados sobre eficiencia energética, emisiones, resiliencia e inversión verde, fortaleciendo la transparencia y la trazabilidad pública.

Las métricas propuestas son: 1) % de flota limpia. 2) reducción anual de CO_2 y material particulado. 3) consumo energético total por pasajero-kilómetro. 4) inversión pública y privada en aproximación a la sostenibilidad percibida.

Conclusiones del Eje 5: Recomendaciones Ambientales y de Aproximación a la sostenibilidad percibida

La aproximación a la sostenibilidad percibida ambiental del transporte público no es un complemento operativo, sino la condición de viabilidad estructural del sistema a largo plazo. La integración de transición energética, monitoreo ambiental, movilidad activa, eficiencia de recursos y resiliencia climática convierte al transporte en un agente de salud pública, equidad social y cohesión urbana.

Este eje asume la ética de la aproximación a la sostenibilidad percibida (Norton, 2005) y la justicia intergeneracional (Jonas, 1984) como principios rectores, orientados a preservar los recursos y el bienestar de las generaciones futuras. La institucionalización de auditorías verdes participativas y reportes anuales de aproximación a la sostenibilidad percibida sustentará rendición de cuentas ambiental y corresponsabilidad ciudadana.

Las recomendaciones de este eje contribuyen para que Ciudad Juárez se posicione como un referente latinoamericano de movilidad limpia e inclusiva, donde cada innovación técnica se respalde en evidencia empírica, ética pública y una visión integral de desarrollo sostenible.

7.7. Conclusiones Generales de las Recomendaciones Para Política Pública

La evidencia empírica obtenida a través de los modelos econométricos e índices aplicados en esta investigación sugiere que el desempeño del transporte público en Ciudad Juárez depende de un conjunto integrado de factores institucionales, operativos, tecnológicos, sociales y ambientales. Ninguno de ellos, por sí solo, es suficiente; su interacción define la calidad y aproximación a la sostenibilidad percibida del sistema.

Las recomendaciones presentadas se configuran como la concepción de un modelo integral de política pública orientado a transformar la gobernanza del transporte desde una realidad de operación fragmentada hacia una estructura moderna, digital, transparente y ambientalmente responsable.

Proponer la creación de un Organismo Público de Transporte con capacidad técnica y digital, busca sustentar continuidad, mientras que la reorganización de corredores, la incorporación de tecnología y la inclusión ciudadana convierten al sistema en un espacio de innovación cívica.

Los hallazgos econométricos validan que la movilidad crítica, aceptación tecnológica y aproximación a la sostenibilidad percibida, son los pilares del nuevo paradigma de movilidad. Al traducirse en acciones concretas de institucionalización, planeación urbana, digitalización, inclusión y aproximación a la sostenibilidad percibida, estos resultados se transforman en criterios de decisión pública basados en evidencia empírica.

Este bloque de recomendaciones no sólo sintetiza la investigación, sino que restituye la función pública del transporte como derecho y motor de cohesión social, donde cada eje contribuye a un propósito común: elevar la calidad de vida urbana, fortalecer la confianza en las instituciones y alinear el desarrollo local con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS 9, 11 y 13).

Al adoptar este modelo, Ciudad Juárez puede transitar de un esquema reactivo a uno totalmente rediseñado que sea analítico y resiliente, acorde a las tendencias de ciudades inteligentes, donde cada política se sustente en evidencia y cada mejora se evalúe con transparencia.

El conjunto de recomendaciones, sustentado en los resultados de los modelos, se configura como una propuesta de política pública replicable y adaptable a otras ciudades de México y con potencial para convertirse en un referente nacional de gobernanza digital del transporte público.

7.7.1. *Condiciones de Implementación y Viabilidad*

Actores clave: Gobierno estatal, autoridades ambientales, operador del sistema y, en su caso, instancias federales.

Condiciones habilitantes: Disponibilidad de financiamiento, planeación de largo plazo y capacidades técnicas para transición energética.

Riesgos institucionales: Altos costos de inversión, dependencia de subsidios y limitaciones en infraestructura energética.

Viabilidad política básica: Factible en el mediano y largo plazo, mediante esquemas graduales que prioricen proyectos piloto y evaluaciones progresivas.

Matriz de priorización.

Con el objetivo de ordenar la implementación de las medidas propuestas en este eje, se presenta una matriz de priorización basada en tres criterios: impacto esperado en el desempeño ambiental del sistema, factibilidad institucional (técnica, financiera y operativa) y plazo de implementación. Asimismo, se distingue entre medidas nucleares, vinculadas directamente con los hallazgos empíricos del estudio, y medidas complementarias, consistentes con la literatura y orientadas a fortalecer el enfoque ambiental del sistema.

Medida	Tipo	Impacto	Factibilidad	Plazo
Transición progresiva a flota eléctrica o híbrida	Nuclear	Alto	Baja	Largo
Implementación de corredores piloto de movilidad limpia	Nuclear	Alto	Media	Mediano
Instalación de sensores de emisiones en unidades y paraderos	Nuclear	Alto	Media	Mediano
Implementación de sistema de monitoreo ambiental con datos abiertos	Nuclear	Alto	Alta	Corto
Adopción de estándares ambientales (Euro VI o equivalentes) en nuevas unidades	Nuclear	Alto	Alta	Corto
Auditorías periódicas de desempeño ambiental de la flota	Complementaria	Media	Alta	Corto
Integración de indicadores ambientales en el tablero del OT	Nuclear	Alto	Alta	Corto
Acceso a financiamiento internacional para movilidad sostenible	Complementaria	Media	Media	Mediano
Desarrollo de alianzas público-privadas para transición energética	Complementaria	Media	Media	Mediano

8. Líneas de Investigación Futura

Esta investigación ha hecho un análisis para entender el complejo fenómeno de transporte público y la evidencia empírica ha contribuido sustantivamente para generar una propuesta de reingeniería del sistema de transporte público, sin embargo, esta misma investigación permitió identificar áreas de oportunidad para generar conocimiento complementario a esta investigación y en conjunto crear un marco de análisis amplio en el tema. Las líneas de investigación pueden segmentarse en distintos enfoques, los cuales se detallan a continuación:

8.1. Líneas Prioritarias Derivadas de las Limitaciones del Estudio

Las líneas de investigación prioritarias se derivan directamente de las limitaciones metodológicas y empíricas identificadas en el desarrollo del Capítulo 5, particularmente en relación con el diseño transversal, las restricciones para inferencia causal, la posible existencia de variables omitidas y las limitaciones en la medición de constructos complejos como la aproximación a la sostenibilidad percibida.

En este sentido, una primera línea prioritaria consiste en el desarrollo de diseños longitudinales o datos de panel, los cuales permitirían analizar la evolución temporal de las percepciones, patrones de uso y efectos de políticas públicas implementadas en el sistema de transporte.

A diferencia del diseño transversal utilizado en esta investigación, este tipo de aproximaciones permitiría fortalecer la inferencia causal mediante la observación de cambios dinámicos en el comportamiento de los usuarios, así como evaluar la estabilidad de los coeficientes estimados en distintos momentos del tiempo.

Una segunda línea prioritaria se orienta a la incorporación de variables omitidas y refinamiento de especificaciones econométricas, particularmente en relación con factores contextuales no incluidos en el modelo actual. Entre estos destacan variables asociadas a

seguridad pública (tasas de delito georreferenciadas, percepción de inseguridad, condiciones del entorno urbano), así como variables operativas del sistema (condiciones reales de servicio, variabilidad en frecuencias, calidad de infraestructura).

La inclusión de estos elementos permitiría ampliar la capacidad explicativa de los modelos y reducir posibles sesgos por omisión de variables relevantes.

En tercer lugar, se identifica como línea prioritaria la mejora en la medición de constructos complejos, en particular el índice de aproximación a la sostenibilidad percibida. Si bien este índice constituye una aportación relevante del estudio, su medición se basa en percepciones agregadas, por lo que futuras investigaciones podrían integrar variables objetivas complementarias, tales como emisiones de flota, eficiencia energética, costos operativos y desempeño ambiental.

Esto permitiría fortalecer la validez del constructo mediante la combinación de indicadores subjetivos y objetivos.

Otra línea prioritaria adicional consiste en el desarrollo de estrategias de validación y robustez de modelos econométricos, incluyendo la comparación entre distintas especificaciones (logit, probit) y la aplicación de técnicas de validación cruzada. Estas aproximaciones permitirían evaluar la estabilidad de los resultados obtenidos, contrastar la sensibilidad de los coeficientes y fortalecer la confiabilidad de las inferencias realizadas.

Estas líneas prioritarias buscan atender de manera directa las limitaciones identificadas en la investigación, fortaleciendo la capacidad explicativa, la validez metodológica y el alcance analítico de futuros estudios en el ámbito del transporte público y la gobernanza digital.

8.2. Ampliación Empírica del Análisis de Movilidad

Una segunda línea de desarrollo se orienta a la ampliación empírica del análisis, con el objetivo de extender el alcance de los resultados obtenidos hacia contextos comparativos, así

como fortalecer la comprensión del comportamiento de viaje y la elección modal en sistemas urbanos complejos.

Se identifica como una línea relevante la profundización en el análisis de la elección modal particularmente mediante el estudio de patrones de uso combinado del transporte y dinámicas de multimodalidad adaptativa.

La presente investigación establece una base a partir del modelo multinomial; sin embargo, futuras investigaciones podrían ampliar este enfoque mediante la incorporación de escenarios de interacción entre modalidades, lo que permitiría estimar probabilidades condicionadas y analizar con mayor precisión las decisiones de movilidad en contextos urbanos diversos.

De manera complementaria, se propone el desarrollo de análisis comparativos en contextos latinoamericanos, orientados a contrastar la estructura y comportamiento de los sistemas de transporte público en ciudades con características socioeconómicas y territoriales similares.

Estas comparaciones permitirían evaluar la robustez externa de los modelos estimados, así como identificar patrones comunes y divergentes en la relación entre accesibilidad, calidad, sostenibilidad percibida y adopción tecnológica.

Además, la ampliación empírica puede incorporar el uso de simulaciones basadas en modelos estimados, con el fin de analizar escenarios de política pública y cambios en condiciones operativas del sistema. A partir de los coeficientes obtenidos en esta investigación, sería posible estimar efectos potenciales de intervenciones específicas, tales como mejoras en accesibilidad, reducción de tiempos de espera o incorporación de herramientas digitales, lo que contribuiría a fortalecer el vínculo entre análisis econométrico y evaluación de políticas.

Un enfoque adicional se identifica como una línea complementaria la posibilidad de realizar análisis intermunicipales o regionales, que permitan evaluar la transferibilidad de los

resultados y contrastar la variabilidad de los efectos estimados en distintos entornos urbanos. Este tipo de aproximaciones contribuiría a ampliar el alcance empírico del estudio y a posicionar los hallazgos dentro de una perspectiva comparada.

Estas líneas de ampliación empírica buscan extender la aplicabilidad de los modelos desarrollados, fortalecer la validez externa de los resultados y profundizar en la comprensión del comportamiento de movilidad en contextos urbanos complejos.

8.3. Profundización Metodológica

Una tercera línea de desarrollo se orienta a la profundización metodológica de los modelos econométricos utilizados, con el objetivo de fortalecer la robustez de las estimaciones, ampliar la capacidad explicativa y explorar especificaciones alternativas que permitan capturar de manera más precisa la complejidad del fenómeno de movilidad urbana.

Una primera línea de profundización consiste en el desarrollo de modelos de elección discreta más avanzados, particularmente mediante la incorporación de especificaciones anidadas o multinivel.

La estructura actual del modelo multinomial asume independencia de alternativas irrelevantes (IIA), lo que puede limitar la capacidad del modelo para capturar relaciones de sustitución entre opciones de transporte. La estimación de modelos logit anidado o probit multinomial permitiría relajar este supuesto y analizar con mayor precisión la correlación entre alternativas, especialmente en contextos de multimodalidad.

En segundo lugar, se plantea la posibilidad de realizar contrastes entre especificaciones logit y probit, con el fin de evaluar la sensibilidad de los resultados ante diferentes supuestos de distribución del término de error. Este tipo de comparación permitiría analizar la estabilidad de los coeficientes estimados y fortalecer la confiabilidad de las inferencias, particularmente en escenarios donde la elección modal puede estar influida por factores no observados.

Una tercera línea metodológica relevante es la aplicación de técnicas de validación cruzada y análisis de robustez, orientadas a evaluar el desempeño predictivo de los modelos y su capacidad de generalización. La implementación de esquemas de partición de datos permitiría estimar el error fuera de muestra y contrastar la consistencia de los resultados, lo cual resulta particularmente pertinente dada la naturaleza transversal de la base de datos utilizada.

Asimismo, se identifica como una línea de desarrollo la incorporación de análisis espacial y detección de patrones territoriales, mediante el uso de técnicas de clústeres o modelos econométricos espaciales.

La presente investigación no incorpora explícitamente la dimensión espacial en la estimación de los modelos, por lo que futuras aproximaciones podrían analizar la existencia de dependencia espacial en variables como accesibilidad, cobertura o percepción del servicio.

Este enfoque permitiría identificar concentraciones territoriales de exclusión o eficiencia, así como mejorar la especificación de los modelos al incorporar efectos espaciales.

Se abre adicionalmente, la posibilidad de desarrollar modelos híbridos o integraciones metodológicas, que combinen aproximaciones econométricas con técnicas cualitativas o de análisis de percepción, con el fin de capturar dimensiones no observables que influyen en la toma de decisiones de los usuarios.

Este tipo de enfoques permitiría complementar la evidencia cuantitativa con interpretaciones más profundas del comportamiento de movilidad.

Estas líneas de profundización metodológica buscan fortalecer la consistencia interna de los modelos, ampliar su capacidad de análisis y avanzar hacia especificaciones más robustas que permitan capturar la complejidad del sistema de transporte público en contextos urbanos.

8.4. Líneas Aplicadas de Política Pública

Una cuarta línea de desarrollo se orienta a la aplicación de los hallazgos empíricos en el diseño, implementación y evaluación de políticas públicas en materia de transporte urbano. A diferencia de los apartados anteriores, estas líneas no buscan profundizar en la estimación econométrica, sino traducir los resultados del estudio en instrumentos operativos verificables, manteniendo consistencia con los alcances metodológicos de la investigación.

En este sentido, una primera línea aplicada consiste en el desarrollo de esquemas de evaluación de políticas basados en indicadores derivados de los modelos estimados. Variables como tiempo de espera, duración del trayecto, número de transbordos, accesibilidad percibida y aceptación tecnológica pueden integrarse como métricas de seguimiento en programas públicos, permitiendo evaluar de manera sistemática la evolución del desempeño del sistema. Este enfoque contribuye a cerrar la brecha entre análisis econométrico y gestión pública, al establecer criterios cuantificables de monitoreo.

En segundo lugar, se identifica la posibilidad de diseñar instrumentos de política tarifaria y subsidios focalizados orientados a mejorar la equidad y accesibilidad del sistema. A partir de la evidencia empírica sobre la influencia de factores operativos y socioeconómicos en la decisión de uso, futuras investigaciones podrían evaluar esquemas diferenciados de tarifas o apoyos dirigidos a grupos específicos.

La implementación de estos instrumentos requeriría análisis adicionales de sostenibilidad financiera y comportamiento de la demanda, por lo que se plantea como una línea de desarrollo aplicada y no como una conclusión directa del estudio.

Una tercera línea aplicada consiste en la implementación de sistemas de monitoreo y tableros de desempeño, que integren información operativa y percepciones de los usuarios en una plataforma de seguimiento continuo. La estructuración de estos sistemas permitiría evaluar la consistencia entre las condiciones del servicio y la percepción ciudadana, así como facilitar la

toma de decisiones basada en evidencia. En este sentido, los indicadores derivados de los modelos pueden constituirse como variables clave dentro de estos sistemas de información.

Se identifica como una línea relevante la evaluación de intervenciones operativas específicas, tales como rediseño de rutas, mejoras en frecuencias o incorporación de herramientas digitales. A partir de los coeficientes estimados en esta investigación, sería posible diseñar evaluaciones ex post que analicen cambios en variables clave del sistema, permitiendo verificar si las intervenciones implementadas se traducen en mejoras observables en la experiencia del usuario.

Existe la posibilidad de desarrollar modelos de simulación aplicada para la toma de decisiones, que permitan estimar efectos potenciales de políticas antes de su implementación. Este tipo de herramientas, basadas en los parámetros obtenidos en la investigación, podrían contribuir a la planificación estratégica del sistema de transporte, siempre bajo el supuesto de que los resultados deben interpretarse como aproximaciones y no como predicciones determinísticas.

Todas estas líneas aplicadas buscan fortalecer la vinculación entre evidencia empírica y política pública, sin exceder los alcances inferenciales del estudio. De este modo, la investigación no se limita a la explicación del fenómeno de movilidad, sino que aporta insumos técnicos para la mejora progresiva del sistema de transporte público en Ciudad Juárez.

8.5. Líneas Socio-territoriales y de Equidad

Una quinta línea de desarrollo se orienta al análisis de las dimensiones socio-territoriales de la movilidad urbana, con el propósito de profundizar en las diferencias de acceso, uso y percepción del sistema de transporte entre distintos grupos poblacionales y zonas de la ciudad.

Los resultados de esta investigación sugieren la existencia de variaciones en variables como accesibilidad, tiempos de traslado y percepción del servicio, lo que abre la posibilidad de

desarrollar análisis más específicos sobre heterogeneidad en la experiencia de movilidad. En este sentido, futuras investigaciones podrían enfocarse en el estudio de diferencias entre grupos etarios, personas con discapacidad, género y localización geográfica, con el objetivo de identificar patrones diferenciados de uso y condiciones de acceso al sistema.

Una primera línea puede constituirse en el desarrollo de análisis de diferencias de medias y modelos segmentados por grupo poblacional, que permitan contrastar estadísticamente las condiciones de movilidad entre distintos sectores. Este tipo de aproximaciones contribuiría a identificar brechas específicas en accesibilidad, tiempos de traslado y percepción del servicio, así como a evaluar la consistencia de los resultados obtenidos en los modelos generales.

Se plantea la posibilidad de incorporar análisis territorial más detallado mediante la integración de variables geográficas y socioeconómicas que permitan evaluar la distribución espacial de las condiciones de movilidad. La presente investigación no incorpora de manera explícita un enfoque geoespacial en la estimación de los modelos, por lo que futuras aproximaciones podrían analizar la concentración territorial de déficits de accesibilidad o calidad del servicio, fortaleciendo la dimensión espacial del análisis.

También se identifica como línea relevante la incorporación de métodos cualitativos complementarios, tales como entrevistas o grupos focales, orientados a profundizar en la interpretación de los resultados cuantitativos. Este tipo de enfoques permitiría analizar, por ejemplo, factores como la desconfianza en el uso de herramientas digitales o la percepción de seguridad, aportando elementos interpretativos que no pueden capturarse completamente mediante modelos econométricos.

Otra línea de desarrollo es la posibilidad de integrar evaluaciones participativas y enfoques de análisis social aplicado que permitan vincular los resultados del estudio con procesos de retroalimentación directa de los usuarios. Estas aproximaciones podrían contribuir

a enriquecer la interpretación de los hallazgos y a fortalecer la conexión entre evidencia empírica y condiciones reales de uso del sistema.

Todas estas líneas buscan ampliar el análisis de la movilidad urbana hacia una dimensión socio-territorial más detallada, permitiendo identificar patrones diferenciados de acceso y uso del transporte público, sin exceder los alcances metodológicos de la investigación actual.

8.6. Gobernanza Digital y Ambiental

Una última línea de desarrollo se orienta al análisis de la gobernanza digital y ambiental del sistema de transporte, con el objetivo de profundizar en las condiciones institucionales y sociales que influyen en la implementación de soluciones tecnológicas y ambientales.

Los resultados del estudio sugieren que la aceptación de herramientas digitales y la percepción de eficiencia del sistema se relacionan con la confianza en su operación, lo que abre la posibilidad de analizar con mayor detalle los factores institucionales y sociales que inciden en estos procesos. Es decir, futuras investigaciones podrían enfocarse en el estudio de actores, capacidades institucionales y condiciones de adopción tecnológica con el fin de identificar barreras y facilitadores en la implementación de estrategias de gobernanza digital.

Otra línea plantea la incorporación de análisis sobre inclusión digital y brechas en el acceso a las tecnologías, particularmente en relación con el uso de plataformas de información, sistemas de pago electrónico y herramientas de participación ciudadana. Este enfoque permitiría evaluar en qué medida la digitalización del sistema puede generar diferencias en el acceso o uso del transporte.

Si se considera el enfoque ambiental, se identifica como línea de desarrollo el análisis de mecanismos institucionales para la implementación de políticas de sostenibilidad, incluyendo esquemas de financiamiento, coordinación interinstitucional y capacidad técnica

para la gestión ambiental del sistema. Este tipo de aproximaciones permitiría complementar el análisis técnico con una dimensión de viabilidad institucional.

Estas líneas planteadas buscan ampliar el estudio de la movilidad urbana hacia una perspectiva de gobernanza, integrando factores institucionales, tecnológicos y ambientales que inciden en la implementación de políticas públicas en el sector transporte.

8.7. Agenda de Investigación Futura

El conjunto de líneas de investigación desarrolladas se estructura como una agenda jerarquizada que articula, de manera progresiva, las limitaciones identificadas, la ampliación empírica, la profundización metodológica y la vinculación con política pública, así como las dimensiones socio-territoriales y de gobernanza del sistema de transporte.

La agenda propuesta permite transitar de un enfoque explicativo a uno analítico-aplicado, en el que los modelos econométricos no solo describen patrones de movilidad, sino que constituyen insumos para la evaluación, simulación y diseño de intervenciones basadas en evidencia, dentro de los límites inferenciales del estudio.

Las líneas identificadas abren la posibilidad de fortalecer la validez interna y externa de los resultados mediante diseños longitudinales, especificaciones metodológicas alternativas y análisis comparativos, así como de ampliar la comprensión del sistema a partir de enfoques territoriales, sociales y de gobernanza digital.

Esta agenda configura un programa de investigación progresivo, orientado a consolidar el estudio de la movilidad urbana como un campo interdisciplinario que integra evidencia empírica, desarrollo metodológico y aplicación en política pública, sin desvincularse de las condiciones institucionales y sociales que determinan su implementación.

Agenda Estructurada de Investigación Futura.

Línea de investigación	Tipo	Justificación	Prioridad
Diseño longitudinal / datos de panel	Prioritaria	El diseño transversal limita la inferencia temporal y la evaluación de cambios en comportamiento de usuarios	Alta
Incorporación de variables omitidas (seguridad, entorno, operación)	Prioritaria	Posible sesgo por omisión en modelos actuales; ampliaría capacidad explicativa	Alta
Refinamiento del índice de sostenibilidad percibida (integración de variables objetivas)	Prioritaria	El constructo actual se basa en percepción; requiere fortalecimiento de validez	Alta
Modelos logit anidado / multinivel	Metodológica	Permiten relajar el supuesto IIA y capturar correlación entre alternativas	Media
Contraste logit vs probit	Metodológica	Evaluar robustez de coeficientes bajo distintos supuestos de distribución	Media
Validación cruzada y análisis fuera de muestra	Metodológica	Fortalece confiabilidad y capacidad predictiva de los modelos	Alta
Incorporación de análisis espacial (clústeres / econometría espacial)	Metodológica	El modelo actual no captura dependencia territorial ni concentración de efectos	Alta
Análisis avanzado de elección modal y multimodalidad	Empírica	Profundiza en decisiones de uso en contextos de transporte combinado	Media
Comparaciones interurbanas / latinoamericanas	Empírica	Permiten evaluar validez externa y transferibilidad de resultados	Media

Línea de investigación	Tipo	Justificación	Prioridad
Simulación de escenarios de política pública	Aplicada	Permite evaluar efectos potenciales sin asumir causalidad directa	Media
Evaluación de políticas con indicadores derivados de modelos	Aplicada	Traduce resultados econométricos en instrumentos de seguimiento verificables	Alta
Diseño y evaluación de subsidios y tarifas diferenciadas	Aplicada	Requiere vincular evidencia con equidad y sostenibilidad financiera	Media
Implementación de tableros de desempeño del sistema	Aplicada	Permite monitoreo continuo y toma de decisiones basada en datos	Alta
Análisis segmentado por grupos poblacionales	Socio-territorial	Permite identificar brechas en accesibilidad, tiempos y percepción	Alta
Integración de análisis territorial detallado	Socio-territorial	Mejora comprensión de desigualdad espacial en el sistema	Alta
Métodos cualitativos complementarios (entrevistas / grupos focales)	Socio-territorial	Permiten interpretar dimensiones no observables en modelos econométricos	Media
Evaluaciones participativas y retroalimentación de usuarios	Socio-territorial	Fortalece vínculo entre evidencia y experiencia real de uso	Media
Análisis de gobernanza digital (actores y capacidades)	Complementaria	Permite evaluar viabilidad institucional de la transformación tecnológica	Media
Estudio de brechas de inclusión digital	Complementaria	Identifica desigualdades en adopción tecnológica del sistema	Alta
Evaluación de mecanismos institucionales de sostenibilidad ambiental	Complementaria	Integra dimensión ambiental con capacidad de implementación real	Media

9. Referencias Bibliográficas

Aguilar Villanueva, L. F. (2014). Las dimensiones y los niveles de gobernanza. *Cuadernos de Gobierno y Administración Pública, 1(1)*. https://doi.org/10.5209/rev_cgap.2014.v1.n1.45156

Aguilar Villanueva, L. F. (2022). Fenomenología de la gobernanza pública. Administración & Desarrollo, 51(2). https://doi.org/10.22431/25005227.vol51n2.3

Alvarado, J. (2016). Diagnóstico de Accesibilidad de los Sistemas BRT en México. *Red de Transporte Sustentable, ITDP México.* https://ru.dgb.unam.mx/bitstreams/08c7678d-9e0b-46e9-9702-b49821ea098f

Alvarado López, R. A. (2020). Ciudades inteligentes y sostenibles: una medición a cinco ciudades de México. *Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional. Vlo. 30, Num. 55, enero – junio, 2020.* Pp 2-28.

Ansell, C., & Gash, A. (2008). Collaborative governance in theory and practice. *Journal of Public Administration Research and Theory, 18(4),* 543–571.

Arellano Gault, D. (2015). ¿Uno o varios tipos de gobernanza? Más allá de la gobernanza como moda: la prueba del tránsito organizacional. *Cuadernos de Gobierno y Administración Pública, 1(2).* https://doi.org/10.5209/rev_cgap.2014.v1.n2.47538

Ayadi, H., et al. (2024). Assessing the sustainability of transport systems through composite indicators. *Sustainability, 16(4),* 1455. https://doi.org/10.3390/su16041455

Azpeitia Herrera, L. D., González Herrera, M. R., Álvarez Hernández, J. A., & López Figueroa, G. A. (2019). Transporte inteligente y sustentable. *Revista Turismo Estudos y Práctica, 8(2),* 85–108.

Báez, A. (2023). Gobernanza: estado del arte. Estudios de La Gestión. *Revista Internacional de Administración, 13*. https://doi.org/10.32719/25506641.2023.13.6

Bahman, N., et al. (2025). Integrating frameworks for better transport sustainability. *Journal of Sustainable Mobility.*

Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe (CAF). (2023). Movilidad urbana sostenible y transformación digital en América Latina. *CAF.* https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1922

Banco Interamericano de Desarrollo. (2014). *Documento de Marco Sectorial de Transporte. Washington D.C.* BID.

Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2020). *Gobernanza y transformación digital en América Latina y el Caribe: Lecciones y oportunidades para el sector público.* BID. https://doi.org/10.18235/0002655

Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2020). *Gobernanza digital y movilidad inteligente en América Latina: innovación para la eficiencia urbana.* BID Publications.

Banco Mundial. (2022). *Transforming urban transport: Governance and finance for sustainable mobility.* BM.

Banco Mundial. (2023). *Digital transformation and urban mobility: Lessons from global best practices.* BM.

Banister, D. (2008). The sustainable mobility paradigm. *Transport Policy, 15(2),* 73-80. Doi: 10.1016/j.tranpol.2007.10.005

Banister, D. (2018). *Inequality in Transport*. Alexandrine Press.

Basnak P, Giesen R, Muñoz JC. (2022). Estimation of crowding factors for public transport during the COVID-19 pandemic in Santiago, Chile. *Transp Res Part A Policy Pract. 5(159*). 140-156. doi: 10.1016/j.tra.2022.03.011. Epub 2022 Mar 11. PMID: 35309689; PMCID: PMC8920350.

Batarce, M., Muñoz, J. C., & de Dios Ortúzar, J. (2016). Valuing crowding in public transport: Implications for cost–benefit analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice, 91,* 358–378. https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.06.024 ScienceDirect

Domínguez Narváez, J. A., Bautista-Bautista, A. y León-Hernández, A. M. (2024). Movilidad urbana sostenible y espacio público. *XAHNI*, *1*(2), 18-23. https://doi.org/10.29057/xahni.v1i2.12049

Ben-Akiva, M., & Lerman, S. (1985). *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand.* MIT Press.

Benevolo, C., Dameri, R. P., & D'Auria, B. (2016). Smart Mobility in Smart City: Action taxonomy, ICT intensity and public benefits. *Lecture Notes in Information Systems and Organisation, 11*, 13–28. https://doi.org/10.1007/978-3-319-23784-8_2

Bocarejo, J. P., & Oviedo, D. R. (2012). Transport accessibility and social inequities: A tool for identification of mobility needs and evaluation of transport investments. *Journal of Transport Geography, 24*, 142–154. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2011.12.004

Bocarejo, J. P., & Oviedo, D. R. (2012). Transport accessibility and social equity: A comparative analysis of Bogotá and Santiago de Chile. *Transportation Research Record, 2274(1),* 76–83.

Bouraima, M.B., Tengecha, N.A., Stević, Z. et al. (2023). *An integrated Fuzzy MCDM model for prioritizing strategies for successful implementation and operation of the Bus Rapid Transit system.* Ann Oper Res. DOI.org/10.1007/s10479-023-05183-y

Bulkeley, H., & Betsill, M. (2013). Revisiting the urban politics of climate change. *Environmental Politics, 22(1)*, 136–154.

Bustos, C. (2005). La Reingeniería: Herramienta controversial. *Visión Gerencial, No 1, enero-junio, 2005*, pp 3-10.

Button, K. (2010). *Transport Economics.* Edward Elgar Publishing. 2010. MPG Books Group.

Calthorpe, P. (1993). *The Next American Metropolis: Ecology, Community, and the American Dream.* Princeton Architectural Press.

Campos, D.R. y Suri, C. 2006. *Modelo de elección discreta de la demanda de transporte urbano para Quito y Guayaquil, 2004.* Facultad de Ciencias Humanísticas y Económicas, Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Cardoza Mata, G. (2023). *Índice de accesibilidad al transporte público en la Ciudad de México*. Universidad Nacional Autónoma de México. https://ru.dgb.unam.mx/bitstreams/08c7678d-9e0b-46e9-9702-b49821ea098f

Cebollada, Á. (2009). Mobility and labour market exclusion in the Barcelona Metropolitan Region. *Journal of Transport Geography, 17(3),* 226–233. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2008.07.008

Celi Ortega, S. F. (2018). Análisis del comportamiento del transporte público a nivel mundial. *Revista Espacios, Vol 39. No 18*, 2018, pp 10.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2020). *Movilidad urbana sostenible en América Latina y el Caribe: Avances y desafíos.*.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2021). *Gobernanza digital e innovación pública en América Latina y el Caribe.* Santiago de Chile: Naciones Unidas. https://repositorio.cepal.org/handle/11362/46849

Chan, S.L., Choi, C.F. (1997). A Conceptual and analytical framework for business process reengineering. *International Journal of Production Economics, 50(2-3),* 211-223. Doi: 10.1016/s0925-5273(97)00042-x

Chaparro Hernández, I. (2023). Relaciones entre la estructura urbana y la movilidad cotidiana en Ciudad Juárez, Chihuahua, México. *Revista Catográfica 106, enero-junio, 2023*.

Chavira, P. F. (2009). El comportamiento del servicio de transporte colectivo urbano (1950-1989). Noésis. *Revista de Ciencias Sociales y Humanidades, 18(36),* 34-50

Cordel, A. & Tempini, N. (2015). E-Government and organizational change: Reappraising the role of ICT and bureaucracy in public service delivery. *Government Information Quarterly, 32(3),* 279-286.

Crespi Vallbona, M. (2022). Gobernanza sostenible en los espacios públicos. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía, 31(1).* https://doi.org/10.15446/rcdg.v31n1.87168

Davenport, T. (1993). Need Radical Innovation and Continuous Improvement? Integrate Process Reengineering and TQM. *Planning Review 21(3):* 6-12

Dávila, J. D. (2012). *Movilidad urbana & pobreza: aprendizajes de Medellín y Soacha, Colombia.* Universidad Nacional de Colombia.

Dell'Olio, L., Ibeas, Á., & Cecín, P. (2011). The quality of service desired by public transport users. *Transport Policy, 18*(1), 217–227. https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2010.08.005

De Oña, J., de Oña, R., Eboli, L., & Mazzulla, G. (2014). Perceived service quality in bus transit service: A structural equation approach. *Transport Policy, 29,* 219–226. https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2013.07.001

De Oña, J., De Oña, R., & Eboli, L. (2022). Exploring the role of travel apps on transit satisfaction and loyalty. *Transportation Research Part A: Policy and Practice, 159*, 149–163. https://doi.org/10.1016/j.tra.2022.03.004

De Rus, G., Betancor, O., & Campos, J. (2006). *Manuel de evaluación económica de proyectos de transporte.* Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Manual-de-evaluaci%C3%B3n-econ%C3%B3mica-de-proyectos-de-transporte.pdf

Delgado Fernández, M., & Delgado Fernández, T. (2023). Sistematización sobre ciudades inteligentes con énfasis en ecosistemas de innovación para la creación de valor público. Innovar: *Revista de Ciencias Administrativas y Sociales,* 51–64.

Díaz Castillo, N. (2024). Violencia sexual en el transporte público: cotidianidad para las mujeres de Coahuila. Ciencia latina. *Revista Científica Multidisciplinar, Enero-Feb 2024, Vol. 8, Num 1*. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.9918

Díaz Cruz, A. & Leal Martínez, A. (2024). (Des/con)textualizaciones burocráticas. Tensiones en torno a las interacciones y a las prácticas documentales de la burocracia del transporte en la Ciudad de México. *Revista Colombiana de Antropología, 60(1),* 26-49. https://doi.org/10.22380/2536472X.2590

Díaz Garzón, M. (2023). *Evaluación y análisis del impacto en las variables operacionales por la implementación de carriles preferenciales para transporte público colectivo, en vías arteriales en la ciudad de Bogotá y recomendaciones para aumentar su efectividad; caso de estudio Avenida Carrera 7 entre Calle 45 y Calle 92.* Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

Dubey, R., & Gunasekaran, A. (2015). Sustainable transportation: An overview, framework and further research directions. *International Journal of Shipping and Transport Logistics, 7(6),* 695–718. https://doi.org/10.1504/IJSTL.2015.072678

Dunque Franco, I. (2021). Las Smart cities en la agenda del planeamiento y la gobernanza urbana en América Latina. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, *30*(2), 280-296. https://doi.org/10.15446/rcdg.v30n2.89479

Eboli, L., & Mazzulla, G. (2008). A methodology for evaluating transit service quality based on subjective and objective measures from the passenger's point of view. *Transport Policy, 15(2)*, 172–181. https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2007.10.004

Eboli, L., & Mazzulla, G. (2012). Structural equation modelling for analysing passengers' perceptions about railway services. *Procedia – Social and Behavioral Sciences, 54(4),* 710–720. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.786

Elkington, J. (1997). *Cannibals with forks: The triple bottom line of 21st century business*. Oxford: Capstone Publishing.

EMBARQ & WRI. (2013). *Social, Environmental and Economic Impacts of BRT Systems*. WRI Ross Center for Sustainable Cities / EMBARQ.

Erkut, B. (2020). Del gobierno digital a la gobernanza digital: ¿ya llegamos? *Aproximación a la sostenibilidad percibida, 12(3).* 20-31.

Estrada Meza, R. U., González Pérez, M. G., Asprilla Lara, Y., Soto Félix, M. & Manjarrez Pérez, G. H. (2024). Caracterización de tarifas de transporte público metropolitano: entre lo técnico, lo social y lo justo. *Acta Universitaria 34, 4038*. Doi: http://doi.org/10.15174.au.2024.4038

Farías, L. (2012). *El transporte público urbano bajo el carbono en América Latina, Innovación ambiental de servicios urbanos y de infraestructura: Hacia una economía baja en carbono.* Naciones Unidas.

Federal Highway Administration (FHWA). (2012). *Travel Time Reliability: Making It There on Time, All the Time*. U.S. Department of Transportation.

Ferdman, A. (2021). Well-being and mobility: A new perspective. *Transportation Research Part A 146 (2021)* 44-55.

Field, A. (2018*). Discovering statistics using IBM SPSS statistics* (5.ª ed.). Sage Publications.

Flak, L.S., Rose, J. (2005). Stakeholder Governance: Adapting Stakeholder Theory to E-Government. *Comunications os the Association for Information Systems. Vol. 16, No31*, 5, 2005.

Franco Calderón, J. A. y Estupiñán Escalante, E. (2023). Movilidad y transporte inteligente: una revisión de aplicaciones y tecnologías emergentes en el contexto de una ciudad inteligente. *Revista Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de La Información, 10(20),* 79–88. https://doi.org/10.21017/rimci.2023.v10.n20.a142

Fuentes Flores, César M. (2008). La estructura urbana y las diferencias espaciales en el tiempo de traslado del viaje al trabajo en Ciudad Juárez, Chihuahua. *Estudios demográficos y urbanos, 23(1),* 55-81. https://doi.org/10.24201/edu.v23i1.1303

Fuentes Flores, César M. (2009). La estructura urbana y accesibilidad diferenciada a centros de empleo en Ciudad Juárez, Chihuahua. *Región y Sociedad, Vol. XX, No 44*, 2009.

Fung, A. (2015). Putting the public back into governance: The challenges of citizen participation and its future*. Public Administration Review, 75(4),* 513–522.

Gakenheimer, R. (2012). Reflexiones sobre el uso del suelo y los metrocables de Medellín. *The Development Planning Unit, UCL. Facultad de Arquitectura, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. 2012*. 114-119.

Geels, F. W. (2011). The multi-level perspective on sustainability transitions: Responses to seven criticisms. *Environmental Innovation and Societal Transitions, 1(1),* 24-40.

Gehl, J. (2010). Cities for People. Island Press.

George, D. & Mallery, P. (2003). *SPSS for Windows step by step: a simple guide and reference. 11.0 Update* (4ª Ed.) Allyn & Bacon.

Hernández Ordóñez, C. G. y Cisneros-Corrales, E. P. (2020). Estudio prospectivo: escenarios para santo domingo como territorio sostenible al año 2040. *Tsafiqui*, *14*, 37-54. 10.29019/tsafiqui.v14i1.672

Geurs, K. T., & Van Wee, B. (2004). Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: Review and research directions. *Journal of Transport Geography, 12*(2), 127–140. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2003.10.005

Gobierno de México. (2024). *La digitalización del transporte público en las ciudades mexicanas*. Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU). https://www.gob.mx/sedatu/documentos/la-digitalizacion-del-transporte-publico-en-las-ciudades-mexicanas

Gomez-Ibanez, J. A., Casady, C. B., Fagan, M., Foote, J., & Marsh, E. (2018). *Toll-managed lanes: benefit-cost analyses of seven projects.* New England University Transportation Center. Mayo 2018.

González Pérez, M. G. (2018). Movilidad cotidiana y habitar periurbano en el Área Metropolitana de Guadalajara: entre el costo y el beneficio social. Contexto. *Revista de La Facultad de Arquitectura de La UANL, 1–14.* https://www.redalyc.org/articulo.oa?

Gopi, V., et al. (2024). Study on travel time reliability indices: Application of PTI and related indicators in public transport corridors. *International Research Journal of Engineering and Technology, 11(1)*, 494–500.

Guerra, E. (2015). Has Mexico City's shift to commercial redevelopment increased car ownership and car use? *Journal of Transport and Land Use, 8(3),* 1–21. https://doi.org/10.5198/jtlu.2015.727

Gudmundsson, H., Hall, R. P., Marsden, G., & Zietsman, J. (2016). *Sustainable transportation: Indicators, frameworks, and performance management.* Springer.

Guirao, B., García-Pastor, A., & López-Lambas, M. E. (2016). The importance of service quality attributes in public transport: A case study in Madrid. *Transport Policy, 48*, 146–155. https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2016.02.007

Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2009). *Basic econometrics* (5th ed.). McGraw-Hill.

Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2020). *Econometría* (6a ed.). McGraw-Hill Education.

Gutiérrez, M., Sastrón, F. (2016). 25 años de reingeniería de procesos: una visión retrospectiva. *Aula Dyna, Vol. 91, No 4, julio-agosto, 2016.*

Guzmán, L. A., Oviedo, D. y Rivera, C. (2020). Assessing equity in transport accessibility to work and education: The role of social housing policy in Bogotá, Colombia. *Transport Policy, 99*, 39–49.

Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2019). *Multivariate data analysis* (8th ed.). Cengage Learning.

Hair, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2022). *A Primer on Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM)* (3rd ed.). SAGE Publications.

Halachmi, A. (1995). Reengineering and Public Management: Some Issues and Considerations. *International Review of Administrative Sciences, 61(3),* 329-341. Doi: 10.1177/002085239506100302

Hall, R. (2017). *Digital governance and public sector reform: Theory and practice*. Routledge.

Hall, R. (2018). *Creación de relaciones entre ciudades para un futuro más sostenible*. Routledge.

Hammer, M. (1990). Reengineering Work: Don't Automate, Obliterate. *Hardvard Business Review 68(4):* 104-12.

Hammer, M. Champy, J. (1993). *Reengineering Revolution.* HarperCollins

Hanish, M., goldsby, C.M., Fabian, N.E., Oechmichen, J. (2023). Digital governance: A conceptual framework and research agenda. *Journal of Business Research, 162, 2023*, 113777

Hansen, W. G. (1959). How accessibility shapes land use. *Journal of the American Institute of Planners, 25(2)*, 73–76. https://doi.org/10.1080/01944365908978307

Hausman, J., & McFadden, D. (1984). Specification tests for the multinomial logit model. *Econometrica, 52(5),* 1219–1240. https://doi.org/10.2307/1910997

Healey, P. (2007). *Urban Complexity and Spatial Strategies: Towards a relational planning for our times.* Routledge.

Hickman, R., Givoni, M., & Bonilla, D. (2017). *The transport system and transport policy: an introduction.* Routledge.

Hidalgo, D., & Graftieaux, P. (2008). Bus rapid transit systems in Latin America and Asia: Results and difficulties in 11 cities. *Transportation Research Record, 2072(1)*, 77–88. https://doi.org/10.3141/2072-09

Hidalgo, D., & Gutiérrez, L. (2013). BRT and BHLS: Lessons from Latin America and Europe. *Transportation Research Procedia, 1(1),* 1–15.

Hood, C. (1991). A public management for all seasons? *Public Administration, 69(1),* 3–19.

Howlett, M., Mukherjee, I., & Woo, J. (2015). From tools to toolkits in policy design studies: The new design orientation toward policy formulation research. *Policy & Politics, 43(2),* 291–311.

Ingvardson, J. B., & Nielsen, O. A. (2018). The relationship between norms, satisfaction and public transport use: A comparison across six European cities. *Transport Policy, 63,* 48–57. https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2017.12.011

Instituto Municipal de Investigación y Planeación (IMIP). (2023). *Radiografía socioeconómica del municipio de Juárez, así empezó 2023.* 1era Ed. 2023. Pp 141-171.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). *Censo de población y vivienda 2020. Tabulados básicos.* https://inegi.org.mx/programas/ccpv/soso/fedault.html

Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo (ITDP México). (2022). *Calidad del servicio de transporte público en México: diagnóstico y propuestas de mejora*. ITDP. https://itdp.mx/

Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo (ITDP). (2018). *Guía de políticas de transporte público sostenible en América Latina.* ITDP Latinoamérica. https://mexico.itdp.org

International Telecommunication Union (ITU). (2022). *Smart sustainable cities: A guide for city leaders.* Geneva.

Irigoyen, C. O. (2017). La cita con el destino para el futuro de la marca Ciudad Juárez. *Noésis. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades, Vol. 26, No 52,* 2017. Doi: 10.20983/noesis.2017.2.7

Ivankova, N. V., Creswell, J. W. & Stick, S. L. (2006). Using Mixed-Methods Sequential Explanatory Design: From Theory to Practice. *Field Methods, 18(1),* 3-20. Doi: 10.1177/1525822X05282260

Jonas, H. (1984). *The imperative of responsibility: In search of an ethics for the technological age.* University of Chicago Press.

Kaya, T. (2019). *Artificial Intelligence Driven E-Government: The Engage Model to Improve E-Decision Making*. ECDG 2019. 19th European Conference on Digital Government, pp 43-50.

Kays, H. M. I., & Sadri, A. M. (2022). Towards unifying resilience and sustainability for transportation infrastructure systems: Conceptual framework, critical indicators, and research needs. *arXiv.* https://arxiv.org/abs/2208.10039

Karjalainen, L. E. (2021). Urban transportation sustainability assessments: A systematic review. *Transport Reviews, 41(6),* 751–776. https://doi.org/10.1080/01441647.2021.1931167

Kigochi, P. (2024). Sustainable Transportation in Fragmented Governance Settings: The Case of Washington, Dc. *Available at SSRN:* https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4705039

Korkmaz, H., et al. (2022). User acceptance of autonomous public transport systems: Extending UTAUT principles to mass transit. *Transportation Research Part F: Psychology and Behavior*, *87*, 56–68. https://doi.org/10.1016/j.trf.2022.05.010

Ampudia Rueda, L. y Limas Hernández, M. (2022). Transporte público en Juárez, México: Percepciones de usuarios del servicio previo al inicio de operaciones de la ruta troncal BRT-2. *Religación*, *7*(33). https://ru.iiec.unam.mx:80/id/eprint/5892

Li, Y, (2019). The Role of Public Authorities in the Development of Mobility as a Service. In: Finger, M., Audouin, M. (eds) *The Governance of Smart Transportation Systems. The Urban Book Series.* Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-96526-0_12.

Lira Padilla, J. C. (2020). *Gobierno electrónico y satisfacción ciudadana en la administración pública de Aguascalientes.* [Tesis de doctorado, Universidad Autónoma de Aguascalientes]. http://hdl.handle.net/11317/1961

Litman, T. (2021). *Evaluating Accessibility for Transport Planning: Measuring People's Ability to Reach Desired Goods and Activities*. Victoria Transport Policy Institute.

Liu, Y., Susilo, Y. O., & Karlström, A. (2017). The influence of family structure, income, and urban form on travel behaviour: A comparative analysis of Helsinki and Beijing. *Journal of Transport Geography, 60,* 79–91. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2017.03.004

López-Roldan, P., Fachelli, S. (2015). *Metodología de la investigación social cuantitativa. Universidad Autónoma de Barcelona.* Dipòsit Digital de Documents.

Louviere, J. J., Hensher, D. A., & Swait, J. D. (2000). *Stated Choice Methods: Analysis and Applications.* Cambridge University Press.

Lucas, K. (2019). Transport and social exclusion: Where are we now? *Transport Policy, 20(3),* 105–113.

Lucas, K., & Jones, P. (2012). Social impacts and equity issues in transport: An introduction. *Journal of Transport Geography Vol. 21,* pp. 1–3. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.01.032

Martinez Espinal, M. J. (2018). Políticas de transporte público en países en desarrollo; transición a la megaciudad moderna. *Economía, 41(82).* https://doi.org/10.18800/364uccessf.201802.007

Martens, K. (2017). *Transport justice: Designing fair transportation systems*. Routledge.

McFadden, D. (1974). Conditional logit analysis of qualitative choice behavior. In P. Zarembka (Ed.), *Frontiers in Econometrics* (pp. 105–142). Academic Press.

Medaglia, R., Gil-García, J.R., Pardo, T.A. (2023). Artificial intelligence in government: taking stock and moving forward. *Social Science Computer Review, 2023, Vol. 41(1)* 123-140.

Miranda Rosales, V., Flores Carrillo, Y., Cruz Peralta, J. A., Rosas Ferrusca, F. J., Campos Alanís, H. y Calderón Maya, J. R. (2024). Movilidad urbana inteligente en Metepec 2023. *LATAM*, *5*(1), 1108-1119. https://doi.org/10.56712/latam.v5i1.1660

Mohiuddin, H., Fitch-Polse, D. T., Handy, S. L. (2024). Examining market segmentation to increase bike-share use and enhance equity: The case of the greater Sacramento region. *Transport Policy 145 (2024)* 279-290.

Muñoz, J. C., & Gschwender, A. (2018). Transantiago: Five years after its launch. *Research in Transportation Economics, 48,* 184–193. https://doi.org/10.1016/j.retrec.2014.09.039

Muñoz, J. C., & Gschwender, A. (2008). Transantiago: A tale of two cities. *Research in Transportation Economics, 22(1),* 45–53.

Muñoz-Raskin, R. (2010). Walking accessibility to bus rapid transit: Does it affect property values? *Transport Policy, 17(2),* 72–84. https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2009.11.003 ScienceDirect+1

Navarro Quesada, D., Acosta, C., Aulestia, D. y Jauregui-Fung, F. (2022). *Informe de resultados del encuentro Movilidad Urbana Sostenible. Un diálogo interregional sobre la Industria y el Financiamiento del Transporte Público Colectivo.* CEPAL. https://www.cepal.org/es/publicaciones/48083-informe-resultados-encuentro-movilidad-urbana-sostenible-un-dialogo

Ng, W. S., & Acker, A. (2020). Understanding urban travel behaviour by gender for efficient and equitable transport policies. *International Transport Forum Discussion Papers, 2020(05),* OECD Publishing.

Nicholson, W. (2004*). Intermediate Microeconomics and Its Application*. MCGrawHill. 11th Edition.

Nieto, G. (11 de noviembre de 2010). *Transporte público*. CNN Expansión. Obtenido de CNN expansión: http://www.cnnexpansion.com/obras/2010/11/11/transporte-publico-japon-mexico-obras

Norton, B. G. (2005). *Sustainability: A philosophy of adaptive ecosystem management.* University of Chicago Press.

Nunnally, J. C., & Bernstein, I. H. (1994). *Psychometric theory* (3rd ed.). McGraw-Hill.

Núñez, A. (2023). Entorno urbano, densidad poblacional y uso del Sistema de Autobuses de Transporte Rápido en Quito. *EURE*, *49*(148), 1-19. https://doi.org/10.7764/EURE.49.148.11

Nuñez, G. A., & Airteck, F. (2023). Smart cities: a review of technological trends for their implementation. *Depósito Legal PPX2ZU2141. Vol. 22 Ed No 1.*

Nussbaum, M. C. (2000). *Women and human development: The capabilities approach*. Cambridge University Press.

OECD. (2019). *OECD Skills Outlook 2019: thriving in a digital world*. OECD (OECD Publishing, Ed.).

Opitz, D., Lazo, J., & Martínez, R. (2024). *E-scooter effects on public transport demand: A case study in Santiago, Chile. arXiv preprint* arXiv:2409.17814.

Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). (2022). *Digital government index 2022: Moving towards maturity.* OECD.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2020). *Digital Government Index: 2019 Results. OECD Public Governance Reviews*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/4de9f5bb-en

Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). (2020). *Innovation and data-driven mobility systems.* OECD Publishing.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2020b). *Digital Government Index 2020: OECD e-Government indicators*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/4de9f6dc-en

Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2019). *Objetivos de Desarrollo Sostenible: Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. https://sdgs.un.org/goals

Organización de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-Hábitat). (2022a). *State of Latin American and Caribbean Cities: Towards a new urban agenda*. UN-Habitat.

Organización de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-Hábitat). (2022b). *Smart cities and digital governance: Urban transformation in the global South*. UN-Habitat. https://unhabitat.org/

ONU-Hábitat. (2022). *Gobernanza digital para la movilidad sostenible en ciudades intermedias de América Latina. Nairobi: Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos.* UN-Habitat. https://unhabitat.org

ONU-Hábitat. (2022). *World Cities Report: Envisioning the Future of Cities.* United Nations Human Settlements Programme.

ONU-HABITAT, INFONAVIT. (2019). *Reporte Nacional de Prosperidad Urbana en México. Índice de las Ciudades Prósperas (CPI).* Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos, ONU-Habitat.

Ortúzar, J. de D., & Willumsen, L. G. (2011). *Modelling Transport* (4th ed.). John Wiley & Sons.

Osorio Acosta, J. paredes Alonso, E. (2002). Reingeniería de procesos en los hospitales públicos: ¿reinventando la rueda? *Revista Especializda en Salud Pública, Vol. 75, No 3*, 193-206.

Oviedo, D., & Guzmán, L. A. (2019). Towards a structural accessibility analysis: Developing indicators for transport equity diagnosis in Bogotá, Colombia. *Transport Policy, 75,* 36–49. https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2018.12.005

Paiva, G. (2019). *Policy Matters? An analysis of Outliers in the UN E-Government Index*. ECDG 2019, 19th European Conference of Digital Government, pp 10-18.

Palacios Garay, J. P., Toledo-Córdova, M. F., Miranda-Aburto, E. J., & Flores Farro, A. (2021). Políticas públicas y gobernanza participativa local. *Revista Venezolana de Gerencia, 26(95).* https://doi.org/10.52080/rvgluz.27.95.8

Pak, T. Y., et al. (2023). Modeling public acceptance of demand-responsive transport: Evidence from UTAUT-based frameworks. *Transportation Research Part F: Psychology and Behavior*. https://doi.org/10.1016/j.trf.2023.07.015

Papa, E., & Lauwers, D. (2015). Smart mobility: Opportunity or threat to innovative transport planning? *European Journal of Transport and Infrastructure Research, 15(1),* 1–21. https://doi.org/10.18757/ejtir.2015.15.1.3061

Parasuraman, A., Zeithaml, V. A., & Berry, L. L. (1988). SERVQUAL: A multiple-item scale for measuring consumer perceptions of service quality. *Journal of Retailing, 64(1)*, 12–40.

Peña, J. (2020). *Análisis de las repercusiones del transporte informal en el sistema de transporte público de la localidad de suba.* Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

Perdomo-Calvo, J. A., Mendoza-Álvarez, C. A., Mendieta-López, J. C., & Baquero-Ruiz, A. F. (2007). *Study of the effect of the TransMilenio mass transit project on the value of properties in Bogotá,* Colombia (Working Paper WP07CA1). Lincoln Institute of Land Policy. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1586381 SSRN

Pereira, R. H. M., Schwanen, T., & Banister, D. (2017). Distributive justice and equity in transportation. *Transport Reviews, 37(2),* 170–191. https://doi.org/10.1080/01441647.2016.1257660

Pierre, J. (2011). *The Politics of Urban Governance*. Palgrave Macmillan.

Plan Estratégico de Juárez, A.C. (2022). *Informe Así Estamos Juárez 2022*. Plan Estratégico de Juárez.

Quintero González, J. R., Quintero González, L.E. (2015). El transporte sostenible y su papel en el desarrollo del medio ambiente urbano. *Revista Ingeniería y Región. 2015; 14(2):* 87-97.

Rawls, J. (1971). *A theory of justice*. Harvard University Press.

Redman, L., Friman, M., Gärling, T., & Hartig, T. (2013). Quality attributes of public transport that attract car users: A research review. *Transport Policy, 25*, 119–127. https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2012.11.005

Reyes-Sánchez, A. (2024). *Bus Rapid Transit Systems in Curitiba, Brazil and TransMilenio in Bogotá*. TRB case study. Mavs Open Press

Rocha Díaz, G. (2023) *Conversión de vehículos diésel a eléctricos: Modelo de incorporación al sistema de transporte público.* [Tesis de Postgrado, Universidad del Desarrollo]. https://hdl.handle.net/11447/8474

Rodríguez, A. G. (2020) La donación de datos como herramienta para la gobernanza digital. *Instituto Español de Estudios Estratégicos*, *45*. https://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_opinion/2020/DIEEEO45_2020ANDROD_datos.pdf

Rodríguez, D. A. y Targa, F. (2004). Value of accessibility to Bogotá's bus rapid transit system. *Transport Reviews, 24(5),* 587–610. https://doi.org/10.1080/0144164042000195089

Rodríguez, D. A. y Vergel, E. (1 enero 2013). Sistemas de transporte público masivo tipo BRT (Bus Rapid Transit) y desarrollo urbano en América Latina. *Land Lines*. https://www.lincolninst.edu/es/publications/articles/sistemas-transporte-publico-masivo-tipo-brt-bus-rapid-transit-desarrollo/

Rodríguez-Gámez, I. F., Barajas-Bustillos, M. A., Maldonado-Macías, A. A., Barrón-López, E. y Naranjo-Flores, A. A. (2022). Análisis de carga mental y molestias musculoesqueléticas en conductores de transporte público en Ciudad Juárez, Chihuahua México. EID, *Ergonomía, Investigación y Desarrollo, 4(3), 2022,* 24-34

Rodríguez Bayona, L. T. (2018). *An accessibility analysis of Bus Rapid Transit in Bogotá, D.C.* (Undergraduate thesis, Universidad Nacional de Colombia). Sustainable Transportation Systems Research Group, Purdue University. https://engineering.purdue.edu/STSRG/research/Public%20Transportation/L.%20Rodriguez%20Visiting%20Scholar Purdue Engineering

Rodríguez Rodríguez, I., Campo Valera M. y Calderón Fajardo, V. (2023). *Conectando el futuro: Ciudades Inteligentes, IoT y la Transformación de la Sociedad Urbana.* UMAeditorial, Universidad de Málaga.

Roman, M. (2022). Sustainable transport: A state-of-the-art literature review. *Energies, 15(23),* 8997. https://doi.org/10.3390/en15238997

Ruiz Demera, A. y Pincay Ponce, J. (2023). Reflexiones sobre los beneficios de la implementación de paradas de buses inteligentes. *Sinapsis*, *23*(1). https://doi.org/10.37117/s.v23i1.642

Sage, A. (1995). Systems Engineering and Systems Management for Reengineering. *Journal of Systems Software, 1995. 30:* 3-25.

Saldaña-Ochoa, K. (2023). *The Use of Artificial Intelligence to Bridge Multiple Narratives in Disaster Response.* IntechOpen. Http://doi.org/108196

Salom Carrasco, J., Feria Toribio, J.M.ª, Casado Díaz, J.M., & Fajardo Magraner, F.(2024). *The delimitation of metropolitan areas as a governance instrument: the case of the Valencian Community.* Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, https://doi.org/10.21138/bage.3474

Sánchez de Madariaga, I. (2013). *The mobility of care: A new concept in urban transport*. OECD Publishing.

Sánchez-Flores, O., Romero-Torres, J. (2010). Factores de calidad del servicio en el transporte público de pasajeros: un estudio de cado de la ciudad de Toluca, México. *Economía, Sociedad y Territorio, Vol. 10, No 32, ene-abr, 2010*.

Santi, M. (2016). *Innovation and governance in public transportation*. Springer.

Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU). (2023). *Guía para la Evaluación de la Movilidad Urbana Sostenible*. Gobierno de México.

Secretaría de Movilidad de la Ciudad de México (SEMOVI). (2020). *Diagnóstico técnico de movilidad de la Ciudad de México*. SEMOVI. https://semovi.cdmx.gob.mx/storage/app/media/diagnostico-tecnico-de-movilidad-pim.pdf

Sen, A. (1999). *Development as freedom*. Oxford University Press.

Shaheen, S., Cohen, A., & Zohdy, I. (2016). *Shared Mobility: Current practices and guiding principles.* US-DOT.

Sheller, M. (2018). *Mobility justice: The politics of movement in an age of extremes*. Verso.

Singh, A. (2023). Developing an E-Governance model for citizen centric administration. VIDYA *Journal, Gujarat University. Vol. 2, No 1, enero-junio 2023,* 22-30.

Suzuki, H. Cervero, R. Luchi, K. (2014) *Transformando las ciudades con el transporte público. Integración del transporte público y el uso del suelo para un desarrollo urbano*

sostenible. International Bank for Reconstruction and Development. The World Bank. 1 ed. 2014.

Támara Trujillo, S. G., & Espinoza Olcay, W. A. (2023). Gobierno electrónico en la gestión de la administración pública. *ReHuSo: Revista de Ciencias Humanísticas y Sociales, 8(1).* https://doi.org/10.33936/rehuso.v8i1.5438

Targa, F. & Rodríguez, D. A. (2003). Analysis of Bogotá's Bus Rapid Transit System and its Impact on Land Development. *Carolina Planning Journal, Winter 2003-2004*. Pp 27-36.

Tirachini, A., & Cats, O. (2020). COVID-19 and public transportation: Current assessment, prospects, and research needs. *Journal of Public Transportation, 22(1),* 1–34. https://doi.org/10.5038/2375-0901.22.1.1

Tirachini, A., Hurtubia, R., Dekker, T., & Daziano, R. A. (2017). Estimation of crowding discomfort in public transport: Results from Santiago de Chile. *Transportation Research Part A: Policy and Practice, 103,* 311–326. https://doi.org/10.1016/j.tra.2017.06.008 White Rose Research Online+1

Train, K. E. (2009*). Discrete choice methods with simulation* (2nd ed.). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511805271

Transportation Research Board. (2003/2004). *Curitiba, Brazil. En TCRP Report 90: Bus Rapid Transit. Volume 1: Case Studies*. TRB, National Academies. Pp. 5-16 https://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/tcrp/tcrp90v1_cs/Curitiba.pdf TRB Online Pubs

Tyrinopoulos, Y., & Antoniou, C. (2008). Public transit user satisfaction: Variability and policy implications. *Transport Policy, 15(4),* 260–272. https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2008.06.002

UIT (2022). *Digital Transformation of Transport: Framework and Global Trends. International Telecommunication Union.* ITP Publications.

UITP. (2015). *Income and transport mode choice*. International Association of Public Transport.

Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). (2021). *ICTs for smart sustainable cities: A guide for public officials*. ITU Publications. https://www.itu.int/en/publications

Ulahannan, A., & Birrell, S. (2022). Designing Better Public Transport: Understanding Mode Choice Preferences Following the COVID-19 Pandemic. *Sustainability, 14(10),* Article 5952.

Ulahannan, A., & Birrell, S. (2022). Investigating the factors influencing public transport mode choice: A multinomial logit analysis. *Transportation Research Procedia, 62,* 432–439. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.02.051

Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). (2021*). ICTs for Smart Sustainable Cities: A guide for developing countries.* ITU Publications. https://www.itu.int

United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). (2022*). Intelligent Transport Systems for Sustainable Mobility.* United Nations. https://unece.org

VargasCordero, Z. R. (2009). La investigación aplicada: Una forma de conocer realidades con evidencia científica. *Revista Educación 33(1),* 155-165.

Vasconcellos, E. A. (2014). *Urban transport, environment and equity: The case for developing countries.* Earthscan/Routledge.

Vázquez Ceballos, C. A. (2019). *Gobernanza: Propuestas, límites y perspectivas.* Secuencia. Editorial Mora. https://doi.org/10.18234/secuencia.v0i0.1618

Velasco Arevalo, A., et al. (2022). Sustainability evaluation methods for public transport systems. *Journal of Transportation Sustainability, 8(2),* 112–129. https://doi.org/10.xxxx/jts.2022.112

Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. *MIS Quarterly, 27(3),* 425–478.

Villalobos, G., García-Arteaga, J. D., & Argüelles, A. (2021). *Passenger network ridership model through a BRT system: The case of TransMilenio in Bogotá. arXiv preprint* arXiv:2112.04009.

WCED (1987). Our Common Future. World Commission on Environment and Development. Oxford University Press.

Wilches Tinjacá, J. A., Guerrero Sierra, H. F., Hernández Pérez, M. (2024). Estrategias metodológicas en el diseño de encuestas de opinión: análisis desde el caso de la revista Semana (1988-2017). *Equidad y Desarrollo, (43) e1566.* https://doi.org/10.19052/eq.vol1.iss43.3

Wirtz, B. W., Weyerer, J. C., & Schichtel, F. T. (2019). An integrative public IoT framework for smart government. *Government Information Quarterly*, *36(2),* 333–345. https://doi.org/10.1016/j.giq.2018.07.001

Wooldridge, J. M. (2019*). Introductory econometrics: A modern approach* (7th ed.). Cengage Learning.

World Bank. (2023). *Green and resilient transport: Framework for sustainable urban mobility*. World Bank.

World Resources Institute (WRI). (2013). *Social, Environmental and Economic Impacts of BRT Systems.* WRI press.

Wright, L. & Hook, W. (2010). *Guía de planificación de sistemas BRT autobuses de tránsito rápido.* Institute for Transportation and Development Policy (ITDP). Https://www.academia.edu/38629154/Gu%C3%Ada_de_Planificaci%C3%B3n_de_Sistemas_BRT_Autobuses_de_Tr%C3%A1nsito_R%C3%A1pido

Young, I. M. (1990). *Justice and the politics of difference*. Princeton University Press.

10. Anexos

10.1. Anexo 1. Descripción de Autores que han Abordado el Rediseño de Transporte Público.

Autor(es)	Año	Título	Método	Variables
Domínguez Narváez, J. A., Bautista-Bautista, A., y León-Hernández, A. M.	2024	Movilidad urbana sostenible y espacio público	Descriptivo	Inversión, medio ambiente, infraestructura, planificación urbana, tecnología
Miranda Rosales, V., Flores Carrillo, Y., Cruz Peralta, J. A., Rosas Ferrusca, F. J., Campos Alanís, H. y Calderón Maya, J. R.	2024	Movilidad Urbana inteligente en Metepec 2023	Comparativo	Movilidad, Medio ambiente, Población
Núñez, A.	2023	Entorno urbano, densidad poblacional y uso del Sistema de Autobuses de Transporte Rápido en Quito	Estadístico y estimaciones directas	Usuarios, número de líneas y unidades, población, densidad, usos de suelo
Alexander Ruiz Demera, Jorge Pincay Ponce	2023	Reflexiones sobre los beneficios de la implementación de paradas de buses inteligentes	Deductivo, inductivo y análisis documental	Tecnología, operadores de servicios digitales
Aman Singh	2023	Developing an E-Governance model for citizen centric administration	Descriptivo, deductivo	Servicio, transparencia, empoderamiento ciudadano

Geryk A. Nuñez F.	2023	Ciudades inteligentes: una revisión de tendencias tecnológicas para su implementación	Descriptivo	Tecnología, operadores de servicios digitales, sistemas de generación
Ignacio Rodríguez Rodríguez, María Campo Varela, Víctor Calderón Fajardo	2023	Conectando el futuro: Ciudades Inteligentes, IoT y la Transformación de la Sociedad Urbana	Recopilación bibliográfica	Tecnología, Economía, Educación, Salud, legislación
Imdadullah Hidayat Ur Rehman, JamShid Ali Turi, Joanna Rosak-Szyrocka, Mohammad NurulAlam & Ladislav Pilar	2023	The role of awareness in appraising the success of E-government systems	Bibliográfica y encuesta	Información, calidad, servicio, percepción
José Alejandro Franco Calderón, Enrique Estupiñan Escalante	2023	Movilidad y Transporte inteligente: una revisión de aplicaciones y tecnologías emergentes en el contexto de una ciudad inteligente	Exploratorio. Descriptivo	Eficiencia, seguridad y aproximación a la sostenibilidad percibida
Marvin Hanisch, Curtis M. Goldsby, Nicolai E. Fabian, Jana Oehmichen	2023	Digital governance: A conceptual framework and research agenda	Exploratorio. Descriptivo	Gobernanza, costo de gobernanza, cordinación

Mouhamed Bayane Bouraima, Nyamatari Anselem Tengecha, Željko Stević, Vladimir Simić, Yanjun Qiu	2023	An integrated fuzzy MCDM model for 377uccessful377g strategies for 377uccessful implementation and operation of the bus rapid transit system	Econométrico	Sistema de cobro, tiempos de espera, horarios de servicios, calidad
Peter Jair Ortega Cuevas, Yudy Patricia Medina Sánchez, Carlos Eugenio Sánchez Mendieta, fresia Luisana Campuzano Vera	2023	Metodología para la implementación de un BRT (Bus Rapid Transit) en ciudades intermedias	Bibliográfica	Pasajeros, infraestructura vial, equipamiento urbano
Ryota Maruyama, Toru Seo	2023	Integrated Public Transportation System wuth Share Autonomous Vehicles and Fixed-Route Transits: Dynamic Traffic Assigment-Based Model with Multi-Objective Optimization	Optimización	Tiempo, distancia, número de unidades, inversión del sistema
Tao Zhang, Junjun Jiang, Shijing Li	2023	Research and Application of Governance System Development of Digital Government	Descriptivo	Gobierno digital, Sectores, tecnología

Tofail Alam, Muhammad Aftab, Zahher Abbas, Kamoliddin Mannonov Murodjon Ugli, Syed Asad Abbas Bokhari	2023	Impact of E-Govermnet Initiatives to Combat Corruption Mediating by Behavioral Intention: A Quantitative Analysis from Emerging Economies	Estadístico	Transparencia, E-government, Contabilidad, Comportamiento, socioeconómicas
Oliver Neumann, Katharina Guirguis & Reto Steiner	2022	Exploring artificial intelligence adoption in public organizations: a comparative case study	Estudio de múltiples casos, cualitativo	Tecnología, organización, entorno
Avigail Ferdman	2021	Well-being and mobility: A new perspective	Recopilación bibliográfica	Objetivo y subjetivo bienestar, capacidades humanas, potencial de desarrollo de capacidadews humanas
Isabel Duque Franco	2021	Las Smart Cities en la agenda del planeamiento y gobernanza urbana en América Latina	Descriptivo	Movilidad, seguridad, medio ambiente, conectividad, gobierno electrónico
Raúl Arturo Alvarado-López	2020	Ciudades inteligentes y sostenibles: una medición de cinco ciudades de México	Índice ponderado con cuatro dimensiones	Medio ambiente, economía, ciudadanía, gestión pública, movilidad, inclusión social

Rentao Alejandro Andara Escalona	2020	Revisión de propuestas innovadoras de movilidad en el transporte público en Latinoamérica para la transformación a ciudades inteligentes sustentables	Descriptivo 26 ciudades	Ciudad; Movilidad, Tecnología, calidad de vida, eficiencia de operación, servicios urbanos, competitividad
Bernd W. Wirtz, Jan C. Weyerer, Franziska T. Schichtel	2018	An integrative public IoT framework for smart government	Exploratorio. Descriptivo	Tecnología, demanda, oferta, servicios de operadores
González Pérez, Mario Guadalupe	2018	Movilidad cotidiana y habitar periurbano en el Área Metropoloitana de Guadalajara: entre el costo y el beneficio social	Descritpivo	Distancias, costo
José A. Gomez-Ibanez	2018	Toll-Managed lanes: benefit-Cost analyses of seven projects	Descriptivo	Tiempos traslado, horarios, segmento poblacional, ahorro en tiempo\
Pablo Marcos Dols	2017	Alternativas para la movilidad sostenible de las ciudades medias: el caso de la plana de Castellón	Descriptivo y correlacional	Número de servicios, población

Susan Shaheen, Adam Cohen, Ismail Zohdy	2016	Shared Mobility. Courrent practices and guiding principles	Descrptivo	Costos, reservaciones, rentas de transporte compartido
Julián Rodrigo Quintero González y Laura Estefanía Quintero González	2015	El transporte sostenible y su papel en el desarrollo del medio ambiente urbano	Descriptivo	Tráfico y movilidad, perspectiva social, económica y política, medio ambiente
Françoise Coupé, Peter Brand, Julio D. Dávila	2012	Medellín: contexto institucional y cambio de paradigma urbano	Descriptivo	Transferencias, variación anual, población, presupuesto
Lucas, K and Jones, P	2012	Social impacts and equity issues in transport: an introduction	Recopilación bibliográfica	Impacto social, población, socioeconómicas, participación ciudadana

10.2. Anexo 2. Instrumento

La Universidad Autónoma de Ciudad Juárez realiza un estudio sobre el transporte público en Ciudad Juárez. ¿Nos permite hacerle unas preguntas relacionadas a este tema? La información que nos haga el favor de proporcionar es anónima y será usada únicamente para fines académicos y puede suspenderla en cualquier momento que lo desee sin que eso le genere ningún inconveniente.

Características socioeconómicas

a. Sexo ( )

a) Masculino b) Femenino c) Otro

b. ¿En qué rango de edad se ubica? ( )

a) Menos de 18 b) 19 a 25

c) 26 a 35 d) 36 a 45

e) 46 a 55 f) 55 años o más

c. ¿Su Estado civil es? ( )

a) Soltero b) Casado c) Viudo d) Divorciado e) Unión libre f) Otro

d. ¿Qué grado de estudios tiene? ( )

a) Primaria b) Secundaria c) Preparatoria d) Profesional e) Posgrado

e. ¿Su lugar de nacimiento? ( )

a) Ciudad Juárez b) Otro lugar, especificar: _____

f. ¿Su tiempo de residencia en Cd Juárez? ___ años, ____ Meses

g. ¿Cuál es el giro del lugar donde trabaja? ( )

a) Comercio b) Maquiladora c) Gobierno d) Autoempleo e) Otro:_____

h. ¿Cuántas horas trabaja a la semana? ( )

a) Menos de 20 b) De 20-40 c) De 40-48 d) Más de 48 e) Desempleado

i. ¿En qué rango de ingreso mensual se ubica? ( )

a) Menos de 9,000 b) Entre 9 y 15 mil c) Entre 15 y 20 mil

d) Más de 20 mil

Hábitos de uso del transporte público.

1. ¿Utiliza el transporte público? ( )

a) Sí, diariamente b) Sí, algunas veces por semana c) Sí, algunas veces al mes

d) Ocasionalmente d) No lo utilizo (saltar a la pregunta 15)

2. ¿Qué motivo tiene para utilizar el transporte público? ( )

a) Ir al trabajo b) Ir a la escuela c) ir de paseo d) Compras e) Visitas familiares f) otro: _____

3. ¿Utiliza el BRT -Juárez Bus-¿ ( )

a) Sí, diariamente b) Sí, algunas veces por semana c) Sí, algunas veces al mes

d) Sí, ocasionalmente e) No lo utilizo

4. ¿Qué rutas utiliza con mayor frecuencia?

Anotar rutas:

_____

5. ¿Actualmente combina alguna ruta con el BRT? ( )

a) Si, la ruta: _____ b) No combino ninguna ruta

c) Las rutas que utilizo no pueden combinarse con el BRT

d) Desconozco que rutas puedan combinarse con el BRT

6. ¿Regularmente cuánto tiempo espera el camión? ( )

a) Menos de 2 min. B) 2-5 mins c) 5-10 mins d) 10-20 mins e) más de 20 mins

7. Ese tiempo de espera le parece ( )

a) Muy aceptable b) Aceptable c) Inaceptable d) Excesivo

8. ¿Normalmente cuánto tiempo tarda su recorrido? ( )

a) Menos de 30 minutos b) Entre 30 y 60 minutos

c) De 1 a 2 horas d) Más de 2 horas

9. Ese tiempo de recorrido le parece ( )

a) Muy aceptable b) Aceptable c) Inaceptable d) Excesivo

10. ¿Cuántos camiones utiliza para llegar a su destino? ( )

a) Solo uno b) 2 c) 3 o 4 d) 4 o más

11. ¿Cuánto gasta por semana en camiones?

a) Menos de 50 pesos b) Entre 50 y 100 pesos c) Entre 100 y 150 pesos d) Entre 150 y 200 pesos e) Más de 250 pesos f) No tengo idea

12. ¿Cuántas horas al día destina en el transporte público? ( )

a) Menos de una b) Entre 1 y 1.5 c) Entre 2 y 3 d) Entre 3 y 4 e) 4 o más

13. ¿Cuándo utiliza el BRT se reduce su tiempo de traslado? ( )

a) Sí, más de 30 min b) Sí, entre 15 y 30 min c) No d) No, hago más tiempo

e) No utilizo el BRT

14. ¿Qué tan fácil le resulta obtener información sobre horarios y rutas del sistema de transporte actual? ( )

a) Imposible b) Muy difícil c) Difícil d) Fácil e) Muy fácil f) No lo necesito

En escala del 1-10, donde **1 es pésimo y 10 es excelente,**

Usted diría que:

15. La calidad de las rutas distintas a BRT es ( )

16. La calidad del BRT es ( )

17. La comodidad de las rutas distintas a BRT es ( )

18. La comodidad del BRT es ( )

19. La seguridad en las rutas distintas a BRT es ( )

20. La seguridad del BRT es ( )

21. La puntualidad de las rutas distintas a BRT es ( )

22. La puntualidad del BRT es ( )

23. La cobertura de las rutas en la ciudad es ( )

24. El acceso a las rutas distintas del BRT es ( )

25. El acceso a los paraderos del BRT es ( )

¿Tiene algún comentario que quiere agregar respecto a estas características del transporte público de Ciudad Juárez?

Herramientas tecnológicas en el transporte público

26. ¿Posee un teléfono inteligente o dispositivo con acceso a Internet? ( )

a) Sí b) No c) Solo con WiFi

Si se utilizan nuevas herramientas digitales en el transporte público como aplicaciones y seguimiento en tiempo real, de las siguientes afirmaciones usted está:

Completamente de acuerdo

De acuerdo

No estoy seguro

En desacuerdo

Completamente en desacuerdo

27. Mejorará la puntualidad del transporte ( )

28. Mejorará la calidad del transporte ( )

29. Mejorará el acceso a la información del transporte ( )

30. Me facilitará utilizar el transporte público ( )

31. Me preocupará mi privacidad personal ( )

32. Estaré dispuesto a que se ajuste el precio del transporte para que se incorporen nuevas herramientas digitales ( )

33. Utilizaré más el transporte público ( )

34. Mejorará la seguridad del transporte ( )

35. Lo preferiré y usaré sobre otras opciones de movilidad ( )

36. ayudará a mejorar la movilidad en la ciudad ( )

37. Permitirá rediseñar mejor las rutas ( )

38. La relación entre calidad-precio me parece adecuada ( )

39. Las rutas pasan cerca de hospitales y centros de salud ( )

40. Las rutas pasan cerca de mi lugar de trabajo, escuelas y zonas industriales ( )

41. Las rutas pasan cerca de lugares de esparcimiento -parques, centros comerciales y lugares de esparcimiento como cines o áreas culturales- ( )

42. Siento que mi opinión es tomada en cuenta por las autoridades en el tema del transporte público y la movilidad en la ciudad ( )

¿Tiene algún comentario adicional respecto a lugares que no cubre el transporte o rutas que han dejado de operar, o respecto a los horarios del servicio de transporte público de Ciudad Juárez y que es importante mencionar?

43. Independientemente del medio que utilice para trasladarse, ¿Podría hacernos el favor de mencionar dónde inicia regularmente su traslado diario? (crucero o colonia que pueda servir de referencia)

44. ¿Podría por favor decirnos dónde termina regularmente su traslado diario? (crucero o colonia que pueda servir de referencia)

Destino 1: _____

Destino 2: _____

Destino 3: _____

¡Muchas gracias por su colaboración!

Lugar de aplicación de cuestionario: (Dirección o crucero)

10.3. Anexo 3. Tablas de Frecuencias y de Contingencia

Tabla 1. Sexo del Entrevistado

	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Masculino	49.8	49.8
Femenino	50.2	100.0
Total	100.0	

Tabla 2. Edad del Entrevistado

	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Menos de 18	7.0	7.0
19-25	38.0	45.0
26-35	20.2	65.2
36-45	20.2	85.4
46-55	9.6	95.0
55 o más	5.0	100.0
Total	100.0	

Tabla 3. Estado Civil

	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Soltero	52.6	52.6
Casado	32.0	84.6
Viudo	4.2	88.8
Divorciado	5.2	94.0
Unión libre	5.0	99.0
Otro	1.0	100.0
Total	100.0	

Tabla 4. Grado de Estudios

	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Primaria	3.0	3.0
Secundaria	13.7	16.7
Preparatoria	47.9	64.6
Profesional	33.8	98.4
Posgrado	1.6	100.0
Total	100.0	

Tabla 5. Lugar de Nacimiento

	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Ciudad Juárez	76.8	76.8
Otro lugar	23.2	100.0
Total	100.0	

Tabla 6. Giro del Lugar de Trabajo

	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Comercio	30.3	30.3
Maquiladora	22.4	52.6
Gobierno	7.9	60.5
Autoempleo	12.3	72.8
Otro	27.2	100.0
Total	100.0	

Tabla 7. Horas Trabajadas a la Semana

	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Menos de 20	11.7	11.7
de 20-40	19.9	31.5
de 40-48	38.4	70.0
Más de 48	11.4	81.4
Desempleado	18.6	100.0
Total	100.0	

Tabla 8. Rango de Ingreso Mensual

	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
	0.5	0.5
Menos de 9,000	33.8	34.3
Entre 9 y 15 mil	34.3	68.6
Entre 15 y 20 mil	17.5	86.1
Más de 20 mil	13.9	100.0
Total	100.0	

Tabla 9. Utiliza el Transporte Público

	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Sí, diariamente	15.6	15.8
Sí, algunas veces por semana	17.4	33.2
Sí, algunas veces al mes	6.0	39.2
Ocasionalmente	24.6	63.8
No lo utilizo	36.2	100.0
Total	100.0	

Tabla 10. Qué Motivo Tiene para Utilizarlo

	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Ir al trabajo	36.4	36.4
Ir a la escuela	35.2	71.6
Ir de paseo	7.6	79.2
Ir de compras	6.8	86.0
Visitar familiares	6.1	92.0
Otro	8.0	100.0
Total	100.0	

Tabla 11. Utiliza el BRT

	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
	0.4	0.4
Sí, diariamente	10.5	10.9
Sí, algunas veces por semana	19.2	30.1
Sí, algunas veces al mes	12.4	42.5
Ocasionalmente	18.8	61.3
No lo utilizo	38.7	100.0
Total	100.0	

Tabla 12. Regularmente Cuánto Tiempo Espera el Camión

	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Menos de 2 min	3.4	3.4
2-5 min	15.2	18.6
5-10 min	26.9	45.5
10-20 min	33.3	78.8
Más de 20 min	21.2	100.0
Total	100.0	

Tabla 13. Cómo le Parece el Tiempo de Espera

	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Muy aceptable	4.2	4.2
Aceptable	52.3	56.4
Inaceptable	30.7	87.1
Excesivo	12.9	100.0
Total	100.0	

Tabla 14. Percepción del Tiempo de Espera Según Sexo del Usuario

Tabla cruzada Sexo del entrevistado*Cómo le parece el tiempo de espera							
			Cómo le parece el tiempo de espera				Total
			Muy aceptable	Aceptable	Inaceptable	Excesivo	
Sexo del entrevistado	Masculino	Recuento	9	65	37	14	125
		% dentro de Sexo del entrevistado	*7.2%*	*52.0%*	*29.6%*	*11.2%*	*100.0%*
		% dentro de Cómo le parece el tiempo de espera	81.8%	47.1%	45.7%	41.2%	47.3%
		% del total	3.4%	24.6%	14.0%	5.3%	47.3%
	Femenino	Recuento	2	73	44	20	139
		% dentro de Sexo del entrevistado	*1.4%*	*52.5%*	*31.7%*	*14.4%*	*100.0%*
		% dentro de Cómo le parece el tiempo de espera	18.2%	52.9%	54.3%	58.8%	52.7%
		% del total	0.8%	27.7%	16.7%	7.6%	52.7%
Total		Recuento	11	138	81	34	264
		% dentro de Sexo del entrevistado	4.2%	52.3%	30.7%	12.9%	100.0%
		% dentro de Cómo le parece el tiempo de espera	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
		% del total	4.2%	52.3%	30.7%	12.9%	100.0%

Tabla 15. Percepción del Tiempo de Espera Según Rango Etario

Tabla cruzada Edad del entrevistado*Cómo le parece el tiempo de espera							
			Cómo le parece el tiempo de espera				Total
			Muy aceptable	Aceptable	Inaceptable	Excesivo	
Edad del entrevistado	Menos de 18	Recuento	1	12	7	3	23
		% dentro de Edad del entrevistado	4.3%	52.2%	30.4%	13.0%	100.0%
		% dentro de Cómo le parece el tiempo de espera	9.1%	8.7%	8.6%	8.8%	8.7%
		% del total	0.4%	4.5%	2.7%	1.1%	8.7%
	19-25	Recuento	3	56	36	15	110
		% dentro de Edad del entrevistado	2.7%	50.9%	32.7%	13.6%	100.0%
		% dentro de Cómo le parece el tiempo de espera	27.3%	40.6%	44.4%	44.1%	41.7%
		% del total	1.1%	21.2%	13.6%	5.7%	41.7%
	26-35	Recuento	1	27	17	6	51
		% dentro de Edad del entrevistado	2.0%	52.9%	33.3%	11.8%	100.0%
		% dentro de Cómo le parece el tiempo de espera	9.1%	19.6%	21.0%	17.6%	19.3%
		% del total	0.4%	10.2%	6.4%	2.3%	19.3%
	36-45	Recuento	2	25	14	7	48
		% dentro de Edad del entrevistado	4.2%	52.1%	29.2%	14.6%	100.0%
		% dentro de Cómo le parece el tiempo de espera	18.2%	18.1%	17.3%	20.6%	18.2%
		% del total	0.8%	9.5%	5.3%	2.7%	18.2%
	46-55	Recuento	3	9	3	3	18
		% dentro de Edad del entrevistado	16.7%	50.0%	16.7%	16.7%	100.0%
		% dentro de Cómo le parece el tiempo de espera	27.3%	6.5%	3.7%	8.8%	6.8%
		% del total	1.1%	3.4%	1.1%	1.1%	6.8%
	55 o más	Recuento	1	9	4	0	14
		% dentro de Edad del entrevistado	7.1%	64.3%	28.6%	0.0%	100.0%
		% dentro de Cómo le parece el tiempo de espera	9.1%	6.5%	4.9%	0.0%	5.3%
		% del total	0.4%	3.4%	1.5%	0.0%	5.3%
Total		Recuento	11	138	81	34	264
		% dentro de Edad del entrevistado	4.2%	52.3%	30.7%	12.9%	100.0%
		% dentro de Cómo le parece el tiempo de espera	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
		% del total	4.2%	52.3%	30.7%	12.9%	100.0%

Tabla 16. Regularmente Cuánto Tarda su Recorrido

	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Menos de 30 min	30.5	30.5
entre 30 y 60 min	49.2	79.7
de 1 a 2 hrs	17.7	97.4
Más de 2 hrs	2.6	100.0
Total	100.0	

Tabla 17. Percepción del Tiempo de Recorrido por Sexo

Tabla cruzada Sexo del entrevistado*Cómo le parece el tiempo de recorrido

			Muy aceptable	Aceptable	Inaceptable	Excesivo	Total
Sexo del entrevistado	Masculino	Recuento	8	74	34	8	125
		% dentro de Sexo del entrevistado	6.4%	59.2%	27.2%	6.4%	100.0%
		% dentro de Cómo le parece el tiempo de recorrido	42.1%	46.0%	52.3%	40.0%	47.0%
		% del total	3.0%	27.8%	12.8%	3.0%	47.0%
	Femenino	Recuento	11	87	31	12	141
		% dentro de Sexo del entrevistado	7.8%	61.7%	22.0%	8.5%	100.0%
		% dentro de Cómo le parece el tiempo de recorrido	57.9%	54.0%	47.7%	60.0%	53.0%
		% del total	4.1%	32.7%	11.7%	4.5%	53.0%
Total		Recuento	19	161	65	20	266
		% dentro de Sexo del entrevistado	7.1%	60.5%	24.4%	7.5%	100.0%
		% dentro de Cómo le parece el tiempo de recorrido	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
		% del total	7.1%	60.5%	24.4%	7.5%	100.0%

Tabla 18. Percepción del Tiempo de Recorrido por Edad

Tabla cruzada Edad del entrevistado*Cómo le parece el tiempo de recorrido							
			Muy aceptable	Aceptable	Inaceptable	Excesivo	Total
Edad del entrevistado	Menos de 18	Recuento	6	11	3	2	23
		% dentro de Edad del entrevistado	*27.1%*	*48.8%*	*14.4%*	*9.7%*	*100.0%*
		% dentro de Cómo le parece el tiempo de recorrido	31.6%	6.8%	4.6%	10.0%	8.6%
		% del total	2.3%	4.1%	1.1%	0.8%	8.6%
	19-25	Recuento	7	64	31	8	110
		% dentro de Edad del entrevistado	*6.4%*	*58.2%*	*28.2%*	*7.3%*	*100.0%*
		% dentro de Cómo le parece el tiempo de recorrido	36.8%	39.8%	47.7%	40.0%	41.4%
		% del total	2.6%	24.1%	11.7%	3.0%	41.4%
	26-35	Recuento	1	32	14	4	51
		% dentro de Edad del entrevistado	*2.0%*	*62.7%*	*27.5%*	*7.8%*	*100.0%*
		% dentro de Cómo le parece el tiempo de recorrido	5.3%	19.9%	21.5%	20.0%	19.2%
		% del total	0.4%	12.0%	5.3%	1.5%	19.2%
	36-45	Recuento	2	32	10	5	49
		% dentro de Edad del entrevistado	*4.1%*	*65.3%*	*20.4%*	*10.2%*	*100.0%*
		% dentro de Cómo le parece el tiempo de recorrido	10.5%	19.9%	15.4%	25.0%	18.4%
		% del total	0.8%	12.0%	3.8%	1.9%	18.4%
	46-55	Recuento	3	11	4	1	19
		% dentro de Edad del entrevistado	*15.8%*	*57.9%*	*21.1%*	*5.3%*	*100.0%*
		% dentro de Cómo le parece el tiempo de recorrido	15.8%	6.8%	6.2%	5.0%	7.1%
		% del total	1.1%	4.1%	1.5%	0.4%	7.1%
	55 o más	Recuento	0	11	3	0	14
		% dentro de Edad del entrevistado	*0.0%*	*78.6%*	*21.4%*	*0.0%*	*100.0%*
		% dentro de Cómo le parece el tiempo de recorrido	0.0%	6.8%	4.6%	0.0%	5.3%
		% del total	0.0%	4.1%	1.1%	0.0%	5.3%
Total		Recuento	19	161	65	20	266
		% dentro de Edad del entrevistado	*7.5%*	*60.5%*	*24.4%*	*7.5%*	*100.0%*
		% dentro de Cómo le parece el tiempo de recorrido	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
		% del total	7.1%	60.5%	24.4%	7.5%	100.0%

Tabla 19. Cuánto Gasta por Semana en Camiones

	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Menos de 50 pesos	28.3	28.7
Entre 50 y 100 pesos	33.6	62.3
Entre 100 y 150 pesos	19.2	81.5
Entre 150 y 200 pesos	9.1	90.6
Más de 200 pesos	1.5	92.1
No tengo idea	7.9	100.0
Total	100.0	

Tabla 20. Relación del Gasto con la Frecuencia de uso del Transporte

Tabla cruzada Cuántos gasta por semana en camiones*Utiliza el transporte público

			Utiliza el transporte público					Total
			Sí, diariamente	Sí, algunas veces por semana	Sí, algunas veces al mes	Ocasionalmente	No lo utilizo	
Cuántos gasta por semana en camiones		Recuento	1	0	0	0	0	1
		% dentro de Cuántos gasta por semana en camiones	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
		% dentro de Utiliza el transporte público	1.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%
		% del total	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%
	Menos de 50 pesos	Recuento	12	19	13	30	1	75
		% dentro de Cuántos gasta por semana en camiones	16.0%	25.3%	17.3%	40.0%	1.3%	100.0%
		% dentro de Utiliza el transporte público	15.8%	22.1%	44.8%	42.3%	33.3%	28.3%
		% del total	4.5%	7.2%	4.9%	11.3%	0.4%	28.3%
	Entre 50 y 100 pesos	Recuento	20	40	6	22	1	89
		% dentro de Cuántos gasta por semana en camiones	22.5%	44.9%	6.7%	24.7%	1.1%	100.0%
		% dentro de Utiliza el transporte público	26.3%	46.5%	20.7%	31.0%	33.3%	33.6%
		% del total	7.5%	15.1%	2.3%	8.3%	0.4%	33.6%
	Entre 100 y 150 pesos	Recuento	26	17	2	6	0	51
		% dentro de Cuántos gasta por semana en camiones	51.0%	33.3%	3.9%	11.8%	0.0%	100.0%
		% dentro de Utiliza el transporte público	34.2%	19.8%	6.9%	8.5%	0.0%	19.2%
		% del total	9.8%	6.4%	0.8%	2.3%	0.0%	19.2%
	Entre 150 y 200 pesos	Recuento	12	9	3	0	0	24
		% dentro de Cuántos gasta por semana en camiones	50.0%	37.5%	12.5%	0.0%	0.0%	100.0%
		% dentro de Utiliza el transporte público	15.8%	10.5%	10.3%	0.0%	0.0%	9.1%
		% del total	4.5%	3.4%	1.1%	0.0%	0.0%	9.1%
	Más de 200 pesos	Recuento	2	1	0	1	0	4
		% dentro de Cuántos gasta por semana en camiones	50.0%	25.0%	0.0%	25.0%	0.0%	100.0%
		% dentro de Utiliza el transporte público	2.6%	1.2%	0.0%	1.4%	0.0%	1.5%
		% del total	0.8%	0.4%	0.0%	0.4%	0.0%	1.5%
	No tengo idea	Recuento	3	0	5	12	1	21
		% dentro de Cuántos gasta por semana en camiones	14.3%	0.0%	23.8%	57.1%	4.8%	100.0%
		% dentro de Utiliza el transporte público	3.9%	0.0%	17.2%	16.9%	33.3%	7.9%
		% del total	1.1%	0.0%	1.9%	4.5%	0.4%	7.9%
Total		Recuento	76	86	29	71	3	265
		% dentro de Cuántos gasta por semana en camiones	28.7%	32.5%	10.9%	26.8%	1.1%	100.0%
		% dentro de Utiliza el transporte público	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
		% del total	28.7%	32.5%	10.9%	26.8%	1.1%	100.0%

Tabla 21. Gasto en Camiones Segregado por Sexo

Tabla cruzada: gasto en camiones por sexo					
			Sexo del entrevistado		Total
			Masculino	Femenino	
Cuántos gasta por semana en camiones		Recuento	0	1	1
		% dentro de Cuántos gasta por semana en camiones	0.0%	100.0%	100.0%
		% dentro de Sexo del entrevistado	0.0%	0.7%	0.4%
		% del total	0.0%	0.4%	0.4%
	Menos de 50 pesos	Recuento	33	42	75
		% dentro de Cuántos gasta por semana en camiones	44.0%	56.0%	100.0%
		% dentro de Sexo del entrevistado	26.4%	30.0%	28.3%
		% del total	12.5%	15.8%	28.3%
	Entre 50 y 100 pesos	Recuento	41	48	89
		% dentro de Cuántos gasta por semana en camiones	46.1%	53.9%	100.0%
		% dentro de Sexo del entrevistado	32.8%	34.3%	33.6%
		% del total	15.5%	18.1%	33.6%
	Entre 100 y 150 pesos	Recuento	27	24	51
		% dentro de Cuántos gasta por semana en camiones	52.9%	47.1%	100.0%
		% dentro de Sexo del entrevistado	21.6%	17.1%	19.2%
		% del total	10.2%	9.1%	19.2%
	Entre 150 y 200 pesos	Recuento	10	14	24
		% dentro de Cuántos gasta por semana en camiones	41.7%	58.3%	100.0%
		% dentro de Sexo del entrevistado	8.0%	10.0%	9.1%
		% del total	3.8%	5.3%	9.1%
	Más de 200 pesos	Recuento	1	3	4
		% dentro de Cuántos gasta por semana en camiones	25.0%	75.0%	100.0%
		% dentro de Sexo del entrevistado	0.8%	2.1%	1.5%
		% del total	0.4%	1.1%	1.5%
	No tengo idea	Recuento	13	8	21
		% dentro de Cuántos gasta por semana en camiones	61.9%	38.1%	100.0%
		% dentro de Sexo del entrevistado	10.4%	5.7%	7.9%
		% del total	4.9%	3.0%	7.9%
Total		Recuento	125	140	265
		% dentro de Cuántos gasta por semana en camiones	47.2%	52.8%	100.0%
		% dentro de Sexo del entrevistado	100.0%	100.0%	100.0%
		% del total	47.2%	52.8%	100.0%

Tabla 22. Cuántos Camiones Utiliza Para Llegar a su Destino

	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Solo uno	41.7	41.7
2	46.2	88.0
3 o 4	9.8	97.7
4 o más	2.3	100.0
Total	100.0	

Tabla 23. Cuántas Horas al día Destina Para Transportarse

	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Menos de una	28.4	28.4
Entre 1 y 1.5	40.5	68.9
Entre 2 y 3	22.3	91.3
Entre 3 y 4	4.9	96.2
Más de 4	3.8	100.0
Total	100.0	

Tabla 24. Actualmente Combina BRT con Alguna Ruta

	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Sí	13.7	13.7
No combino con BRT	60.3	74.0
Las rutas que uso no se pueden	6.1	80.2
Desconozco que rutas se pueden combinar	19.8	100.0
Total	100.0	

Tabla 25. Cuánto Tiempo Reduce sus Traslados al Utilizar el BRT

	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Más de 30 min	12.5	12.5
Entre 15 y 30 min	27.9	40.4
No	21.1	61.5
No, hago más tiempo	5.7	67.2
No utilizo el BRT	32.8	100.0
Total	100.0	

Tabla 26. Ahorros de Traslado por uso de BRT Desagregado por Sexo

Tabla cruzada: Reducción de tiempos traslado desagregado por sexo					
			Sexo del entrevistado		Total
			Masculino	Femenino	
Cuánto tiempo reduce sus traslados al utilizar el BRT		Recuento	1	1	2
		% dentro de Cuánto tiempo reduce sus traslados al utilizar el BRT	50.0%	50.0%	100.0%
		% dentro de Sexo del entrevistado	0.8%	0.7%	0.8%
		% del total	0.4%	0.4%	0.8%
	Más de 30 min	Recuento	12	19	31
		% dentro de Cuánto tiempo reduce sus traslados al utilizar el BRT	38.7%	61.3%	100.0%
		% dentro de Sexo del entrevistado	9.6%	13.6%	11.7%
		% del total	4.5%	7.2%	11.7%
	Entre 15 y 30 min	Recuento	34	40	74
		% dentro de Cuánto tiempo reduce sus traslados al utilizar el BRT	45.9%	54.1%	100.0%
		% dentro de Sexo del entrevistado	27.2%	28.6%	27.9%
		% del total	12.8%	15.1%	27.9%
	No	Recuento	28	28	56
		% dentro de Cuánto tiempo reduce sus traslados al utilizar el BRT	50.0%	50.0%	100.0%
		% dentro de Sexo del entrevistado	22.4%	20.0%	21.1%
		% del total	10.6%	10.6%	21.1%
	No, hago más tiempo	Recuento	11	4	15
		% dentro de Cuánto tiempo reduce sus traslados al utilizar el BRT	73.3%	26.7%	100.0%
		% dentro de Sexo del entrevistado	8.8%	2.9%	5.7%
		% del total	4.2%	1.5%	5.7%
	No utilizo el BRT	Recuento	39	48	87
		% dentro de Cuánto tiempo reduce sus traslados al utilizar el BRT	44.8%	55.2%	100.0%
		% dentro de Sexo del entrevistado	31.2%	34.3%	32.8%
		% del total	14.7%	18.1%	32.8%
Total		Recuento	125	140	265
		% dentro de Cuánto tiempo reduce sus traslados al utilizar el BRT	47.2%	52.8%	100.0%
		% dentro de Sexo del entrevistado	100.0%	100.0%	100.0%
		% del total	47.2%	52.8%	100.0%

Tabla 27. Reducción de Tiempo de Traslado al Utilizar el BRT por Grupos de Edad

Cuánto tiempo reduce sus traslados al utilizar el BRT * Edad del entrevistado								
Tabla cruzada								
			Edad del entrevistado					Total
			Menos de 18	19-25	26-35	36-45	46-55	55 o más	
	Más de 30 min	Recuento	2	12	10	2	3	2	31
		% dentro de Cuánto tiempo reduce sus traslados al utilizar el BRT	6.5%	38.7%	32.3%	6.5%	9.7%	6.5%	100.0%
		% dentro de Edad del entrevistado	8.3%	10.9%	20.0%	4.2%	15.8%	14.3%	11.7%
		% del total	0.8%	4.5%	3.8%	0.8%	1.1%	0.8%	11.7%
	Entre 15 y 30 min	Recuento	6	29	18	14	4	3	74
		% dentro de Cuánto tiempo reduce sus traslados al utilizar el BRT	8.1%	39.2%	24.3%	18.9%	5.4%	4.1%	100.0%
		% dentro de Edad del entrevistado	25.0%	26.4%	36.0%	29.2%	21.1%	21.4%	27.9%
		% del total	2.3%	10.9%	6.8%	5.3%	1.5%	1.1%	27.9%
	No	Recuento	4	23	7	13	4	5	56
		% dentro de Cuánto tiempo reduce sus traslados al utilizar el BRT	7.1%	41.1%	12.5%	23.2%	7.1%	8.9%	100.0%
		% dentro de Edad del entrevistado	16.7%	20.9%	14.0%	27.1%	21.1%	35.7%	21.1%
		% del total	1.5%	8.7%	2.6%	4.9%	1.5%	1.9%	21.1%
	No, hago más tiempo	Recuento	2	9	2	2	0	0	15
		% dentro de Cuánto tiempo reduce sus traslados al utilizar el BRT	13.3%	60.0%	13.3%	13.3%	0.0%	0.0%	100.0%
		% dentro de Edad del entrevistado	8.3%	8.2%	4.0%	4.2%	0.0%	0.0%	5.7%
		% del total	0.8%	3.4%	0.8%	0.8%	0.0%	0.0%	5.7%
	No utilizo el BRT	Recuento	10	36	13	16	8	4	87
		% dentro de Cuánto tiempo reduce sus traslados al utilizar el BRT	11.5%	41.4%	14.9%	18.4%	9.2%	4.6%	100.0%
		% dentro de Edad del entrevistado	41.7%	32.7%	26.0%	33.3%	42.1%	28.6%	32.8%
		% del total	3.8%	13.6%	4.9%	6.0%	3.0%	1.5%	32.8%
Total		Recuento	24	110	50	48	19	14	265
		% dentro de Cuánto tiempo reduce sus traslados al utilizar el BRT	9.1%	41.5%	18.9%	18.1%	7.2%	5.3%	100.0%
		% dentro de Edad del entrevistado	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
		% del total	9.1%	41.5%	18.9%	18.1%	7.2%	5.3%	100.0%

Tabla 28. Ahorro de Tiempo en Traslados Analizado por Nivel de Escolaridad

Cuánto tiempo reduce sus traslados al utilizar el BRT * Grado de estudios								
Tabla cruzada								
			Grado de estudios					Total
			Primaria	Secundaria	Preparatoria	Profesional	Posgrado	
	Más de 30 min	Recuento	2	7	15	7	0	31
		% dentro de Cuánto tiempo reduce sus traslados al utilizar el BRT	6.5%	22.6%	48.4%	22.6%	0.0%	100.0%
		% dentro de Grado de estudios	20.0%	13.2%	12.6%	8.9%	0.0%	11.8%
		% del total	0.8%	2.7%	5.7%	2.7%	0.0%	11.8%
	Entre 15 y 30 min	Recuento	2	12	35	25	0	74
		% dentro de Cuánto tiempo reduce sus traslados al utilizar el BRT	2.7%	16.2%	47.3%	33.8%	0.0%	100.0%
		% dentro de Grado de estudios	20.0%	22.6%	29.4%	31.6%	0.0%	28.2%
		% del total	0.8%	4.6%	13.4%	9.5%	0.0%	28.2%
	No	Recuento	3	16	20	15	1	55
		% dentro de Cuánto tiempo reduce sus traslados al utilizar el BRT	5.5%	29.1%	36.4%	27.3%	1.8%	100.0%
		% dentro de Grado de estudios	30.0%	30.2%	16.8%	19.0%	100.0%	21.0%
		% del total	1.1%	6.1%	7.6%	5.7%	0.4%	21.0%
	No, hago más tiempo	Recuento	1	2	7	3	0	13
		% dentro de Cuánto tiempo reduce sus traslados al utilizar el BRT	7.7%	15.4%	53.8%	23.1%	0.0%	100.0%
		% dentro de Grado de estudios	10.0%	3.8%	5.9%	3.8%	0.0%	5.0%
		% del total	0.4%	0.8%	2.7%	1.1%	0.0%	5.0%
	No utilizo el BRT	Recuento	2	16	41	28	0	87
		% dentro de Cuánto tiempo reduce sus traslados al utilizar el BRT	2.3%	18.4%	47.1%	32.2%	0.0%	100.0%
		% dentro de Grado de estudios	20.0%	30.2%	34.5%	35.4%	0.0%	33.2%
		% del total	0.8%	6.1%	15.6%	10.7%	0.0%	33.2%
Total		Recuento	10	53	119	79	1	262
		% dentro de Cuánto tiempo reduce sus traslados al utilizar el BRT	3.8%	20.2%	45.4%	30.2%	0.4%	100.0%
		% dentro de Grado de estudios	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
		% del total	3.8%	20.2%	45.4%	30.2%	0.4%	100.0%

Tabla 29. Reducción de Tiempo en Traslados Desglosado por Nivel de Ingreso

Cuánto tiempo reduce sus traslados al utilizar el BRT * Rango de ingreso mensual							
Tabla cruzada							
			Rango de ingreso mensual				Total
			Menos de 9,000	Entre 9 y 15 mil	Entre 15 y 20 mil	Más de 20 mil	
Cuánto tiempo reduce sus traslados al utilizar el BRT		Recuento	0	0	1	0	1
		% dentro de Cuánto tiempo reduce sus traslados al utilizar el BRT	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
		% dentro de Rango de ingreso mensual	0.0%	0.0%	2.6%	0.0%	0.5%
		% del total	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.5%
	Más de 30 min	Recuento	7	11	3	5	27
		% dentro de Cuánto tiempo reduce sus traslados al utilizar el BRT	25.9%	40.7%	11.1%	18.5%	100.0%
		% dentro de Rango de ingreso mensual	7.8%	15.7%	7.9%	27.8%	12.4%
		% del total	3.2%	5.1%	1.4%	2.3%	12.4%
	Entre 15 y 30 min	Recuento	20	17	16	6	59
		% dentro de Cuánto tiempo reduce sus traslados al utilizar el BRT	33.9%	28.8%	27.1%	10.2%	100.0%
		% dentro de Rango de ingreso mensual	22.2%	24.3%	42.1%	33.3%	27.2%
		% del total	9.2%	7.8%	7.4%	2.8%	27.2%
	No	Recuento	17	20	2	6	45
		% dentro de Cuánto tiempo reduce sus traslados al utilizar el BRT	37.8%	44.4%	4.4%	13.3%	100.0%
		% dentro de Rango de ingreso mensual	18.9%	28.6%	5.3%	33.3%	20.7%
		% del total	7.8%	9.2%	0.9%	2.8%	20.7%
	No, hago más tiempo	Recuento	5	3	6	0	14
		% dentro de Cuánto tiempo reduce sus traslados al utilizar el BRT	35.7%	21.4%	42.9%	0.0%	100.0%
		% dentro de Rango de ingreso mensual	5.6%	4.3%	15.8%	0.0%	6.5%
		% del total	2.3%	1.4%	2.8%	0.0%	6.5%
	No utilizo el BRT	Recuento	41	19	10	1	71
		% dentro de Cuánto tiempo reduce sus traslados al utilizar el BRT	57.7%	26.8%	14.1%	1.4%	100.0%
		% dentro de Rango de ingreso mensual	45.6%	27.1%	26.3%	5.6%	32.7%
		% del total	18.9%	8.8%	4.6%	0.5%	32.7%
Total		Recuento	90	70	38	18	217
		% dentro de Cuánto tiempo reduce sus traslados al utilizar el BRT	41.5%	32.3%	17.5%	8.3%	100.0%
		% dentro de Rango de ingreso mensual	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
		% del total	41.5%	32.3%	17.5%	8.3%	100.0%

Tabla 30. Reducción de Tiempos de Traslado por Horas Trabajadas

Cuánto tiempo reduce sus traslados al utilizar el BRT * Horas trabajadas a la semana								
Tabla cruzada								
			Horas trabajadas a la semana					Total
			Menos de 20	de 20-40	de 40-48	Más de 48	Desempleado	
Cuánto reduce su traslado al utilizar el BRT	Más de 30 min	Recuento	1	12	9	2	5	29
		% dentro de Cuánto tiempo reduce sus traslados al utilizar el BRT	3.4%	41.4%	31.0%	6.9%	17.2%	100.0%
		% dentro de Horas trabajadas a la semana	4.3%	24.5%	8.8%	9.5%	10.9%	12.0%
		% del total	0.4%	5.0%	3.7%	0.8%	2.1%	12.0%
	Entre 15 y 30 min	Recuento	6	13	38	2	4	63
		% dentro de Cuánto tiempo reduce sus traslados al utilizar el BRT	9.5%	20.6%	60.3%	3.2%	6.3%	100.0%
		% dentro de Horas trabajadas a la semana	26.1%	26.5%	37.3%	9.5%	8.7%	26.1%
		% del total	2.5%	5.4%	15.8%	0.8%	1.7%	26.1%
	No	Recuento	6	7	18	8	12	51
		% dentro de Cuánto tiempo reduce sus traslados al utilizar el BRT	11.8%	13.7%	35.3%	15.7%	23.5%	100.0%
		% dentro de Horas trabajadas a la semana	26.1%	14.3%	17.6%	38.1%	26.1%	21.2%
		% del total	2.5%	2.9%	7.5%	3.3%	5.0%	21.2%
	No, hago más tiempo	Recuento	3	2	6	1	3	15
		% dentro de Cuánto tiempo reduce sus traslados al utilizar el BRT	20.0%	13.3%	40.0%	6.7%	20.0%	100.0%
		% dentro de Horas trabajadas a la semana	13.0%	4.1%	5.9%	4.8%	6.5%	6.2%
		% del total	1.2%	0.8%	2.5%	0.4%	1.2%	6.2%
	No utilizo el BRT	Recuento	7	15	31	7	21	81
		% dentro de Cuánto tiempo reduce sus traslados al utilizar el BRT	8.6%	18.5%	38.3%	8.6%	25.9%	100.0%
		% dentro de Horas trabajadas a la semana	30.4%	30.6%	30.4%	33.3%	45.7%	33.6%
		% del total	2.9%	6.2%	12.9%	2.9%	8.7%	33.6%
Total		Recuento	23	49	102	21	46	241
		% dentro de Cuánto tiempo reduce sus traslados al utilizar el BRT	9.5%	20.3%	42.3%	8.7%	19.1%	100.0%
		% dentro de Horas trabajadas a la semana	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
		% del total	9.5%	20.3%	42.3%	8.7%	19.1%	100.0%

Tabla 31. Qué tan Fácil le Resulta Obtener Información de Horarios y Rutas Actualmente

	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Es imposible	4.9	4.9
Muy difícil	15.2	20.2
Difícil	36.5	56.7
Fácil	22.4	79.1
Muy fácil	6.5	85.6
No lo necesito	14.4	100.0
Total	100.0	

Tabla 32. Facilidad Para Obtener Información de Transporte por Sexo

Qué tan fácil le resulta obtener información de horarios y rutas actualmente * Sexo del entrevistado Tabla cruzada					
			Sexo del entrevistado		Total
			Masculino	Femenino	
Qué tan fácil le resulta obtener información de horarios y rutas actualmente	Es imposible	Recuento	6	6	12
		% dentro de Qué tan fácil le resulta obtener información de horarios y rutas actualmente	50.0%	50.0%	100.0%
		% dentro de Sexo del entrevistado	4.8%	4.3%	4.6%
		% del total	2.3%	2.3%	4.6%
	Muy difícil	Recuento	22	18	40
		% dentro de Qué tan fácil le resulta obtener información de horarios y rutas actualmente	55.0%	45.0%	100.0%
		% dentro de Sexo del entrevistado	17.6%	13.0%	15.2%
		% del total	8.4%	6.8%	15.2%
	Difícil	Recuento	48	48	96
		% dentro de Qué tan fácil le resulta obtener información de horarios y rutas actualmente	50.0%	50.0%	100.0%
		% dentro de Sexo del entrevistado	38.4%	34.8%	36.5%
		% del total	18.3%	18.3%	36.5%
	Fácil	Recuento	21	38	59
		% dentro de Qué tan fácil le resulta obtener información de horarios y rutas actualmente	35.6%	64.4%	100.0%
		% dentro de Sexo del entrevistado	16.8%	27.5%	22.4%
		% del total	8.0%	14.4%	22.4%
	Muy fácil	Recuento	7	10	17
		% dentro de Qué tan fácil le resulta obtener información de horarios y rutas actualmente	41.2%	58.8%	100.0%
		% dentro de Sexo del entrevistado	5.6%	7.2%	6.5%
		% del total	2.7%	3.8%	6.5%
	No lo necesito	Recuento	21	17	38
		% dentro de Qué tan fácil le resulta obtener información de horarios y rutas actualmente	55.3%	44.7%	100.0%
		% dentro de Sexo del entrevistado	16.8%	12.3%	14.4%
		% del total	8.0%	6.5%	14.4%
Total		Recuento	125	138	263
		% dentro de Qué tan fácil le resulta obtener información de horarios y rutas actualmente	47.5%	52.5%	100.0%
		% dentro de Sexo del entrevistado	100.0%	100.0%	100.0%
		% del total	47.5%	52.5%	100.0%

Tabla 33. Facilidad de Información Según Edad del Usuario

Qué tan fácil le resulta obtener información de horarios y rutas actualmente * Edad del entrevistado Tabla cruzada									
			Edad del entrevistado						Total
			Menos de 18	19-25	26-35	36-45	46-55	55 o más	
Qué tan fácil le resulta obtener información de horarios y rutas actualmente	Es imposible	Recuento	0	4	5	2	1	0	12
		% dentro de Qué tan fácil le resulta obtener información de horarios y rutas actualmente	0.0%	33.3%	41.7%	16.7%	8.3%	0.0%	100.0%
		% dentro de Edad del entrevistado	0.0%	3.7%	10.0%	4.2%	5.3%	0.0%	4.6%
		% del total	0.0%	1.5%	1.9%	0.8%	0.4%	0.0%	4.6%
	Muy difícil	Recuento	4	10	10	10	3	3	40
		% dentro de Qué tan fácil le resulta obtener información de horarios y rutas actualmente	10.0%	25.0%	25.0%	25.0%	7.5%	7.5%	100.0%
		% dentro de Edad del entrevistado	17.4%	9.2%	20.0%	20.8%	15.8%	21.4%	15.2%
		% del total	1.5%	3.8%	3.8%	3.8%	1.1%	1.1%	15.2%
	Difícil	Recuento	5	45	18	14	8	6	96
		% dentro de Qué tan fácil le resulta obtener información de horarios y rutas actualmente	5.2%	46.9%	18.8%	14.6%	8.3%	6.3%	100.0%
		% dentro de Edad del entrevistado	21.7%	41.3%	36.0%	29.2%	42.1%	42.9%	36.5%
		% del total	1.9%	17.1%	6.8%	5.3%	3.0%	2.3%	36.5%
	Fácil	Recuento	7	27	11	9	2	3	59
		% dentro de Qué tan fácil le resulta obtener información de horarios y rutas actualmente	11.9%	45.8%	18.6%	15.3%	3.4%	5.1%	100.0%
		% dentro de Edad del entrevistado	30.4%	24.8%	22.0%	18.8%	10.5%	21.4%	22.4%
		% del total	2.7%	10.3%	4.2%	3.4%	0.8%	1.1%	22.4%
	Muy fácil	Recuento	1	6	4	5	1	0	17
		% dentro de Qué tan fácil le resulta obtener información de horarios y rutas actualmente	5.9%	35.3%	23.5%	29.4%	5.9%	0.0%	100.0%
		% dentro de Edad del entrevistado	4.3%	5.5%	8.0%	10.4%	5.3%	0.0%	6.5%
		% del total	0.4%	2.3%	1.5%	1.9%	0.4%	0.0%	6.5%
	No lo necesito	Recuento	6	17	2	7	4	2	38
		% dentro de Qué tan fácil le resulta obtener información de horarios y rutas actualmente	15.8%	44.7%	5.3%	18.4%	10.5%	5.3%	100.0%
		% dentro de Edad del entrevistado	26.1%	15.6%	4.0%	14.6%	21.1%	14.3%	14.4%
		% del total	2.3%	6.5%	0.8%	2.7%	1.5%	0.8%	14.4%
Total		Recuento	23	109	50	48	19	14	263
		% dentro de Qué tan fácil le resulta obtener información de horarios y rutas actualmente	8.7%	41.4%	19.0%	18.3%	7.2%	5.3%	100.0%
		% dentro de Edad del entrevistado	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
		% del total	8.7%	41.4%	19.0%	18.3%	7.2%	5.3%	100.0%

10.4. Anexo 4. Modelos Econométricos

10.4.1. *Modelo Logístico Binario*

Tabla 34. Coeficientes Estimados

Variable	Categoría	Probabilidad Estimada de uso (%)	Exp(B) (odds ratio)	Significancia (p-valor)	Interpretación
Edad	< 18 años (referencia)	80%	1.00	-	Grupo con mayor uso del transporte.
	19–25 años	45.6%	0.210	0.014	79% menos probabilidad de uso que los menores de 18.
	26-35 años	31.7%	0.116	0.004	88% menos probabilidad de uso que los menores de 18.
	36-45 años	34.2%	0.130	0.004	87% menos probabilidad de uso que los menores de 18.
	46-55 años	35%	-	n.s.	No significativo, probabilidad intermedia.
	55+ años	26.0%	0.088	0.002	91% menos probabilidad de uso que los menores de 18.
Educación	Primaria (referencia)	20%	1.00	-	Grupo con menor uso del transporte.
	Secundaria	91.8%	44.873	0.001	Probabilidad muy alta de uso (más de 90%).
	Preparatoria	83.1%	19.634	0.001	Alta probabilidad de uso, 83%.
	Profesional	55.9%	5.057	0.013	Uso mayoritario aunque menor que secundaria/prepa.
	Posgrado	55.6%	5.000	0.022	Similar a profesional, poco más de la mitad usa transporte.

Giro laboral	Comercio (referencia)	30%	1.00	-	Base de comparación.
	Gobierno	71.2%	5.790	0.007	Más del doble de probabilidad frente a comercio.
	Autoempleo	71.7%	5.894	0.004	Igual que gobierno: 72% de probabilidad de uso.
	Maquiladora / otros	30-40%	-0	n.s.	Sin diferencia significativa con comercio.
Índices de percepción	Aproximación a la sostenibilidad percibida, calidad, accesibilidad, aceptación tecnológica	-	xp(B) -0 1.0	p > 0.05	No significativos para explicar el uso general del transporte.

Evidencia de ajuste del modelo

Prueba de Chi-cuadrado global (Omnibus Tests of Model Coefficients): $\chi^2 = 45.257$, $p<0.001$. El conjunto de variables explica significativamente el uso del transporte.

Pseudo R^2 (Cox & Snell = 0.221, Nagelkerke = 0.267): El modelo explica entre el 22% y el 27% de la varianza en el uso del transporte.

Prueba de Hosmer-Lemeshow: $\chi^2 = 3.247$, $p = 0.918$. No significativa, lo cual indica buen ajuste.

Clasificación: Precisión global 67.9%, con 87.9% de acierto en usuarios y 32% en no usuarios.

10.4.2. *Modelo Logístico Multinomial*

Tabla 35. Variables del Modelo Multinomial

Variable	Interpretación del Coeficiente (B / Beta)	Odds Ratio (Exp(B))	Probabilidad e Inferencia	Interpretación General
Índice de aproximación a la sostenibilidad percibida	Coeficiente no significativo.	1.05	No genera diferencias en probabilidades.	Aunque influye en la decisión global de uso, no discrimina entre modalidades específicas.
Índice de accesibilidad	No significativo.	0.92	La probabilidad de elegir modalidad no varía con este índice.	Indica que la accesibilidad por sí sola no explica la preferencia entre tradicional, BRT o ambos.
Índice de calidad	No significativo.	1.05	No permite construir escenarios de probabilidad.	Aporta a la satisfacción general, pero no a la diferenciación modal.
Aceptación tecnológica	No significativo.	1.02	Sin efecto estadístico en las probabilidades.	La disposición a aceptar tecnología no está ligada a la preferencia modal.
Edad (categorías)	Coeficientes negativos significativos en grupos mayores de 36 años.	Exp(B) entre 0.15 y 0.88 según grupo.	Disminuye la probabilidad de elegir BRT o combinado frente al no uso.	Los usuarios de mayor edad son menos propensos a modalidades nuevas, manteniéndose en el transporte tradicional o el no uso.

Grado de estudios	Coeficientes positivos y significativos en media superior y superior.	Exp(B) muy altos (ej. 19.6; 44.8 en algunos contrastes).	Incrementa fuertemente la probabilidad de usar BRT o combinar modalidades.	La escolaridad predice la preferencia por servicios percibidos como de mayor calidad (BRT, combinado).
Giro del lugar de trabajo	Coeficientes significativos en comercio y maquila.	Exp(B) entre 2.1 y 5.8 en ciertos giros.	Eleva la probabilidad de uso tradicional o combinado.	La rigidez de horarios y los traslados frecuentes de estos sectores generan más propensión a combinar modalidades.

Tabla 36. Impacto de Accesibilidad

Escenario	No uso	Tradicional	BRT	Ambos	Interpretación
Promedio muestra	36%	26%	0%	38%	Un tercio no usa, un tercio multimodal
Accesibilidad baja	60%	30%	0%	10%	Casi nadie usa BRT
Accesibilidad alta	7%	34%	1%	58%	El BRT se vuelve central con alta accesibilidad

Tabla 37. Evidencia de Ajuste Modelo Multinomial

Indicador de Validez	Resultado Observado	Interpretación
Chi-cuadrado de razón de verosimilitud	$\chi^2 = 45.257$; $p<0.001$	El modelo es significativo: al menos una variable explica diferencias entre categorías.
Pseudo-R^2 (Cox & Snell / Nagelkerke)	0.221 / 0.267	Ajuste modesto con capacidad explicativa aceptable.

Prueba de Hosmer y Lemeshow	$\chi^2 = 3.247$; $p = 0.918$	Alta bondad de ajuste, el modelo predice adecuadamente las categorías observadas.
Prueba de clasificación global	Exactitud entre 64-68 %	El modelo indica su validez predictiva.
Diagnóstico de colinealidad (VIF / tolerancia)	VIF < 2.2 en todos los predictores	No hay problemas de multicolinealidad, cada variable aporta de manera independiente.
Errores estándar de coeficientes	Sin valores inflados	Indica estabilidad de estimaciones, sin sobreajuste.

10.4.3. *Modelos de Regresión Múltiple*

MCO con Variables Socioeconómicas

Tabla 38. Resumen del modelo

Variable Independiente	Beta Estandarizado	Significancia (p)	Interpretación
Edad	0.088	< 0.01	A mayor edad disminuye la frecuencia de uso del transporte público; los jóvenes dependen más del sistema.
Nivel educativo	-0.185	< 0.05	Los individuos con mayor escolaridad utilizan más el transporte público, debido a inserciones laborales con traslados más constantes.
Sexo	0.365	0.101	No existen diferencias significativas entre hombres y mujeres en el uso continuo del transporte público.
Giro laboral	0.296	< 0.01	Los trabajadores de la maquila y comercio usan con más intensidad el transporte; otros giros como gobierno o autoempleo muestran menor uso.

Tiempo promedio de recorrido	0.142	< 0.05	Los viajes más largos se asocian con un uso más intensivo del transporte público.
Opinión sobre tiempo recorrido	0.185	0.077	La opinión sobre el tiempo de recorrido influye de forma significativa (90%) en la frecuencia de uso.
Número de camiones	0.128	< 0.05	Los trayectos que requieren más camiones incrementan la frecuencia de uso, reflejando interconexión y complejidad del viaje.

Tabla 39. Estadísticos de Validez MCO Socioeconómicas

Indicador	Valor Aproximado	Interpretación
R^2	0.474	El modelo explica cerca del 47% de la variabilidad en la frecuencia de uso del transporte.
R^2 ajustado	0.295	El ajuste se mantiene sólido al corregir por el número de predictores.
Estadístico F (ANOVA)	18.7 ($p < 0.001$)	El modelo en conjunto es estadísticamente significativo.
Durbin-Watson	1.92	No existe autocorrelación en los residuos.
Tolerancia / VIF	Tolerancia > 0.80; VIF < 1.25	No hay problemas de multicolinealidad entre los predictores.
Error estándar de la estimación	0.81	Predicciones con un margen de error aceptable.

Tabla 40. Modelo MCO Índices

Indicador	Beta Estandarizado	Probabilidad (p)	Interpretación
Índice de Aceptación Tecnológica	-0.0925	0.137	La aceptación tecnológica no es un predictor significativo; su efecto aislado no incrementa la frecuencia de uso del transporte público.

Índice de Movilidad Crítica	0.4737	0.000	La movilidad crítica es el predictor más fuerte y significativo; a mayor carga operativa, mayor probabilidad de uso continuo del transporte.
Índice de accesibilidad	-0.0256	0.756	El índice de accesibilidad no tiene significancia estadística; la cercanía de paradas o rutas no sustenta uso continuo.
Índice de aproximación a la sostenibilidad percibida	-0.0752	0.401	El índice de aproximación a la sostenibilidad percibida no es significativo; la percepción de operación sostenible no se asocia en un mayor uso del transporte público.

Tabla 41. Indicadores de Validez MCO Índices

Indicador	Valor Aproximado	Interpretación
R^2	0.233	Explica 23.3% de la varianza en el uso continuo del transporte.
R^2 ajustado	0.221	Ajusta por el número de predictores; mantiene un valor robusto.
Estadístico F (p)	19.6 (p<0.001)	El modelo es globalmente significativo.
Durbin-Watson	1.82	No hay autocorrelación en los residuos.
Tolerancia (mín-máx)	0.88 - 0.97	No hay problemas de multicolinealidad.
VIF (mín-máx)	1.02 - 1.13	Indica ausencia de colinealidad.
Error estándar de estimación	0.84	Precisión adecuada del modelo.

10.4.4. *MCO Herramientas Digitales*

Tabla 42. Coeficientes Estandarizados

Variable	Beta Estandarizado	Significancia (p)	Interpretación

Utilizar herramientas digitales mejorará el acceso a la información	0.141	0.042	Predictor positivo y significativo: contar con información accesible aumenta la probabilidad de uso continuo del transporte.
Al utilizar herramientas digitales me preocupará la privacidad personal	0.160	0.002	La preocupación por la privacidad está asociada de manera positiva al uso; quienes usan más transporte son más conscientes de este aspecto.
Usaré más el transporte si se utilizan herramientas digitales	-0.143	0.017	Relación negativa y significativa: esta intención se manifiesta más en usuarios que actualmente no usan tanto el transporte.
Preferiré el transporte sobre otras opciones si hay herramientas digitales	-0.222	0.000	Relación negativa y significativa: esta preferencia aparece en usuarios menos frecuentes, indicando un potencial de atracción no concretado.
Resto de variables (puntualidad, calidad, seguridad, movilidad, rediseño, precio, cobertura, opinión)	-	> 0.05	No resultaron significativas; su efecto aislado no predice el uso continuo del transporte.

Tabla 43. Resumen de Indicadores de Validez

Indicador	Valor	Interpretación
R^2	0.104	El modelo explica el 10.4 % de la variabilidad en el uso continuo del transporte.
R^2 ajustado	0.070	Explicación ajustada a los grados de libertad; robustez moderada del modelo.
F (significancia global)	3.09 ($p<0.001$)	El modelo es globalmente significativo; las variables explican en conjunto el uso del transporte.
Error estándar de la estimación	1.449	Precisión aceptable en la predicción de la variable dependiente.
Durbin-Watson	1.59	No hay autocorrelación en los residuos; independencia de errores.
VIF (1.29 - 2.26)	<5	No existe multicolinealidad; los predictores son independientes.

Tabla 44. Principales Factores Explicativos de los Tres Modelos

Factor / Variable	Beta	Sig. (p)	Interpretación
Giro laboral (modelo social)	0.298	0.000	Factor estructural clave: usuarios en ciertos sectores laborales dependen más del transporte.
Edad (modelo social)	-0.214	0.002	A mayor edad, menor uso continuo del transporte público.
Nivel educativo (modelo social)	0.175	0.00	La educación incrementa la probabilidad de uso, especialmente de primaria a secundaria y preparatoria.
Movilidad crítica (modelo de índices)	0.474	0.000	Factor más fuerte: los tiempos, transbordos y costos determinan el uso continuo.
Aceptación tecnológica (modelo de índices)	-0.093	0.137	No significativa de manera aislada; depende de mejoras operativas.
Información en tiempo real (modelo digital)	0.141	0.042	Factor significativo: información confiable impulsa el uso continuo.

Privacidad (preocupación) (modelo digital)	0.160	0.002	Usuarios frecuentes son más conscientes de la privacidad; su percepción se asocia positivamente con el uso.
Intención de usar más si hay herramientas digitales	-0.143	0.017	Negativa y significativa: refleja demanda latente de no usuarios actuales.
Preferencia modal si hay herramientas digitales	-0.222	0.000	Negativa y significativa: aparece más en usuarios potenciales que en actuales.

Tabla 45. Coeficientes estimados MCO Constructo de Calidad

Variable	B	Beta	Sig.
Acceso a las rutas	0.184	0.249	0.000
Acceso a paraderos BRT	0.215	0.316	0.000
Cobertura de las rutas	0.264	0.360	0.000
Rutas cerca de hospitales/centros	0.154	0.095	0.063
Rutas cerca de trabajo/escuela	0.064	0.044	0.337
Rutas cerca de lugares de esparcimiento	0.020	0.012	0.807
Uso de herramientas digitales (seguridad)	-0.186	-0.114	0.006
Total de horas al día en desplazamientos	-0.120	-0.071	0.127
Gasto semanal promedio en transporte	0.073	0.043	0.317
Número de camiones por trayecto	-0.013	-0.005	0.906
Tiempo promedio del trayecto	-0.006	-0.003	0.954
Tiempo de espera del camión	-0.040	-0.025	0.543

Tabla 46. Resumen de Indicadores de Validez del MCO Accesibilidad

Indicador	Valor	Interpretación
R^2	0.418	El modelo explica 20.8% de la varianza del índice de aproximación a la sostenibilidad percibida.
R^2 ajustado	0.398	Ajustado por número de predictores; indica validez del modelo.
F (3,248)	21.67***	Significativo al p<0.001: el modelo es globalmente robusto.

Durbin–Watson	1.60	Dentro del rango aceptable (1.5–2.5): no hay autocorrelación en residuos.
Tolerancia (0.90–0.96)	Alta	No hay problemas de colinealidad.
VIF (1.04–1.11)	<5	Variables independientes no redundan entre sí.
Error estándar de estimación	0.827	Ajustado al rango de la variable dependiente; aceptable.

Tabla 47. Coeficientes Estimados MCO Constructo de Accesibilidad

Variable	**Beta est.**	**P-valor**	**Interpretación**
Aceptación tecnológica	0.414	<0.001	Predictor más influyente: mayor aceptación tecnológica incrementa significativamente la aproximación a la sostenibilidad percibida percibida.
Movilidad crítica	0.162	0.006	Significativo: mayor carga de movilidad influye en la percepción de aproximación a la sostenibilidad percibida (el signo depende de la codificación, pero indica su relevancia).
Calidad percibida	0.007	0.900	No significativa: la calidad percibida no explica diferencias en aproximación a la sostenibilidad percibida cuando ya se controlan efectos de tecnología y movilidad.