

CAPÍTULO 6

CREACIÓN DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE SOSTENIBLE UNIVERSITARIO BASADO EN LA METODOLOGÍA PM4R PARA MEJORAR LA ACCESIBILIDAD AL CAMPUS Y EL DESEMPEÑO ACADÉMICO ESTUDIANTIL



<https://doi.org/10.22533/at.ed.217112515046>

Data de aceite: 12/02/2025

Manuela Holguín-Salazar

Profesional de Administración de Empresas. Universidad Autónoma de Occidente.

<https://orcid.org/0009-0000-7557-9908>

David Piedrahita-Ocampo

Profesional de Administración de Empresas. Universidad Autónoma de Occidente.

<https://orcid.org/0009-0002-7563-5820>

Ana Judith Paredes-Chacín

Dra. en Ciencias Gerenciales. Phd. Gerencia de las Organizaciones.

Profesora e investigadora. Universidad Autónoma de Occidente. Investigadora Senior. MINCIENCIAS-Colombia.

<https://orcid.org/0000-0001-6612-8486>

RESUMEN : El transporte para acceder a los campus universitarios representa un desafío crítico para estudiantes de instituciones de educación superior. Al respecto, el objetivo del estudio es diseñar un plan de creación de un sistema de transporte sostenible universitario basado en la metodología PM4R para mejorar la accesibilidad al campus y el desempeño académico estudiantil. El método se basa en la metodología PM4R (Project Management for Results), que integra dimensiones sostenibles. Sumado a la estructura

del plan basada en la matriz de marco lógico, objetivos, componentes, indicadores medibles y análisis de riesgos. Asimismo, la data se obtuvo mediante un muestreo intencional con estudiantes-usuarios del transporte público, utilizados en horarios críticos 12:00 M y 6:00 PM. Los hallazgos revelan la alta demanda del servicio, disposición a pagar y necesidad de rutas según áreas específicas al campus. El sistema promueve tres rutas estratégicas con cobertura del 80% de la demanda estudiantil, proyección de 300-400 usuarios diarios, y esquema tarifario subsidiado que fomenta la sostenibilidad financiera. La viabilidad técnica, económica y ambiental demuestra la factibilidad del proyecto, con reducción estimada del 35% en tiempos de desplazamiento y disminución de huella de carbono institucional. En el marco de la viabilidad proyectada, la metodología PM4R asociada con la movilidad sostenible, facilita planificación estructurada, medición de impacto y alineación con Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 4, 11 y 13), el modelo propuesto es replicable para instituciones de educación superior latinoamericanas.

PALABRAS CLAVE: transporte universitario, sostenibilidad, metodología PM4R, movilidad estudiantil, gestión de proyectos, accesibilidad educativa.

CREATION OF A SUSTAINABLE UNIVERSITY TRANSPORT SYSTEM BASED ON THE PM4R METHODOLOGY TO IMPROVE CAMPUS ACCESSIBILITY AND STUDENT ACADEMIC PERFORMANCE

ABSTRACT : Transportation to university campuses is a critical challenge for students in higher education institutions. In this regard, the objective of the study is to design a plan to create a sustainable university transportation system based on the PM4R methodology to improve campus accessibility and student academic performance. The method is based on the PM4R (Project Management for Results) methodology, which integrates sustainable dimensions. Added to the structure of the plan based on the logical framework matrix, objectives, components, measurable indicators, and risk analysis. Likewise, the data was obtained through intentional sampling with student-users of public transportation, used at critical times 12:00 PM and 6:00 PM. The findings reveal the high demand for the service, willingness to pay, and need for routes according to specific areas of the campus. The system promotes three strategic routes covering 80% of student demand, with a projected 300-400 daily users, and a subsidized fare scheme that promotes financial sustainability. The technical, economic, and environmental viability demonstrates the feasibility of the project, with an estimated 35% reduction in travel times and a decrease in the institutional carbon footprint. Within the framework of projected viability, the PM4R methodology associated with sustainable mobility facilitates structured planning, impact measurement, and alignment with Sustainable Development Goals (SDGs 4, 11, and 13). The proposed model is replicable for Latin American higher education institutions.

KEYWORDS: university transportation, sustainability, PM4R methodology, student mobility, project management, educational accessibility.

INTRODUCCION

La movilidad estudiantil constituye factor crítico en accesibilidad y permanencia en educación superior. En esta línea investigaciones afirman que la movilidad sostenible será clave para la supervivencia de la humanidad en el siglo XXI (Singh et al., 2020). Sumado a la relevancia de lograr un equilibrio entre el desarrollo ambiental, económico, social y cultural, y las necesidades de las persona, por lo que se considera el desarrollo de iniciativas asociadas con el tema como una propuesta que aporta el desarrollo sostenible de las cadenas de suministro como base de criterios e indicadores para la evaluación de las actividades de transporte y logística (Oleksiienko et al, 2020).

Desde esta perspectiva, se estudia el fenómeno del transporte, específicamente en Santiago de Cali-Colombia, sobre la cual se han definido políticas públicas entre estas la Resolución: 4152.010.21.0.1080 del año 2023, mediante la cual se ordenan acciones para la implementación del sistema inteligente e integrado de transporte público en Santiago de Cali. Sin embargo, las debilidades presentes, sobre todo con los estudiantes-usuarios del servicio prevalecen. Como datos de referencia obtenidos durante el estudio, se estima que

el 65% de estudiantes universitarios reside a más de 10 km de sus campus, enfrentando tiempos de desplazamiento de 60-120 minutos en transporte público convencional.

A lo expuesto se suma, como investigaciones previas afirman las limitantes espaciales de las ciudades. Situación que se agrava con el creciente número de vehículos, la pacificación del tráfico y el desarrollo de nueva infraestructura para modos de transporte más sostenibles, como la bicicleta, han contribuido a la presión sobre el espacio disponible y a los conflictos por su asignación (Gössling et al., 2016). Situación la cual complementa su estado crítico al obtener cifras sobre la población estudiantil de las instituciones de educación superior (IES) del contexto geográfico de estudio, en un estimado de 120,000 estudiantes distribuidos en 18 instituciones. Proyectando en el mediano plazo un crecimiento del 15% en la última década. Este crecimiento intensifica demanda de movilidad en franjas horarias específicas (12:00-14:00 y 18:00-22:00), lo cual genera congestión en sistemas de transporte público, por considerar que estos no han sido diseñados para flujos de usuarios concentrados y de alto crecimiento.

En cuanto a la frecuencia de uso de transporte por estudiantes adscritos en una IES privada en Santiago de Cali, se estimó que para el año 2024 se registró un estimado de 6.800 estudiantes, quienes en un aproximado del 70% asiste en franjas matutina y vespertina, lo cual conlleva a una alta demanda en horarios de 12:00 m y 6:00pm. Situación que en diversos casos, los estudiantes usuarios del transporte público ha presentado inasistencia ocasional atribuible a dificultades de transporte, y 28% invierte >\$200,000 mensuales en movilidad, representando 20-30% del ingreso familiar en el caso de los estratos 1 y 2.

Ante lo expuesto, resulta ineludible que la ausencia de sistemas institucionales de transporte contrasta con tendencias latinoamericanas. Esta brecha genera inequidades en acceso a oportunidades académicas basadas en ubicación geográfica residencial más que en mérito académico. Situación la cual reafirma que los estudiantes de las IES, enfrentan una problemática multidimensional de movilidad manifestada en tres dimensiones interrelacionadas:

Dimensión 1: tiempos excesivos de desplazamiento. El 68% de estudiantes (n=324 encuestados) invierte >60 minutos en desplazamiento unidireccional usando transporte público convencional, requiriendo 2-3 transbordos. En contraste, desplazamientos en vehículo particular promedian 35-40 minutos, generando inequidad en acceso basada en capacidad económica.

Dimensión 2: costos económicos desproporcionados. Estudiantes de estratos 1 y 2 (52% de matrícula) invierten \$180,000-\$250,000 mensuales en transporte, representando 20-30% de ingreso familiar. Este gasto compite con inversión en materiales académicos, alimentación, y conectividad, afectando condiciones de estudio.

Dimensión 3: efectos en el desempeño académico, sobre todo al validar datos institucionales que muestran correlación entre tiempo de desplazamiento y tasa de

inasistencia: estudiantes con >90 minutos de desplazamiento registran 25% más inasistencias que aquellos con <30 minutos ($p<0.01$). El 40% reporta haber faltado a clases/actividades por dificultades de transporte en último semestre.

Dimensiones que conllevan a una alta concentración de inasistencias en horarios 6:00-7:00 PM (inicio clases nocturnas) y en últimas horas (9:00-9:30 PM), atribuible a baja frecuencia de transporte público, lo cual conlleva a salidas anticipadas para alcanzar el transporte correspondiente a los horarios. Asimismo, conlleva a la omisión o abandono del desarrollo de actividades extracurriculares, tutorías, y uso de servicios de información, in situ, (biblioteca) por dificultad de retorno en horarios nocturnos. Lo expuesto se complementa con la generación de estrés y fatiga acumulada por tiempos de desplazamiento, reportado por 62% de encuestados como factor que afecta concentración académica.

Los aspectos expuestos, fundamenta causas comunes identificadas en estudiantes, sin embargo la toma de decisiones sobre el tema, son limitadas. En consecuencia, de forma escasa a nula, se direccionan acciones que favorezcan a la comunidad estudiantil de la región, Como tal prevalecen: (1) sistema de transporte público con unidades convencionales, (2) condiciones escasamente acondicionadas que faciliten largos trayectos, (3) definición de rutas en diversos casos, no conectadas directamente a zonas residenciales con estudiantiles (4) frecuencias de rutas que disminuyen drásticamente post-7:00 PM, y (5) costos acumulados son prohibitivos para población estudiantil de bajos recursos. En el mismo orden, se destaca la escasa o nulas interacciones/convenios entre los sistemas de transportes y las IES, como tampoco se dispone de un sistema por parte de las IES de transporte, dejando movilidad estudiantil como responsabilidad individual en mercado de transporte público general.

Situación que fundamenta la siguiente formulación de problema: ¿Como diseñar un plan para la creación de un sistema de transporte sostenible universitario basado en la metodología PM4R para mejorar la accesibilidad al campus y el desempeño académico estudiantil?

REVISIÓN DE LA LITERATURA

Gestión de Proyectos en Instituciones de Educación Superior

Las Instituciones de Educación Superior (IES) enfrentan desafíos crecientes en la gestión eficiente de recursos y servicios estudiantiles. La implementación de proyectos orientados al bienestar estudiantil requiere metodologías estructuradas que garanticen, no solo la ejecución efectiva, sino también la sostenibilidad en el largo plazo (Banco Interamericano de Desarrollo [BID], 2018). En este contexto, los sistemas de transporte estudiantil emergen como proyectos estratégicos que impactan directamente en la accesibilidad, equidad, y calidad de vida de las comunidades universitarias.

La planificación estratégica de proyectos educativos ha evolucionado desde enfoques tradicionales centrados en actividades, hacia modelos orientados a resultados, donde cada inversión debe demostrar su contribución específica al logro de objetivos institucionales medibles (Ortegón et al., 2015). Esta transición es particularmente relevante en América Latina, donde las IES operan en contextos de recursos limitados y demandas crecientes de rendición de cuentas por parte de stakeholders internos y externos.

Los proyectos de transporte estudiantil en IES colombianas presentan características distintivas en función de: alta variabilidad de demanda según horarios académicos, necesidad de coordinación con sistemas de transporte público existentes, requerimientos de sostenibilidad ambiental, y expectativas de asequibilidad económica para poblaciones estudiantiles con recursos limitados. Estas particularidades demandan metodologías de gestión que integren dimensiones técnicas, financieras, ambientales, y sociales de manera sistémica. En función de ello, lograr la adaptación de metodologías que viabilicen acciones estratégicas y con oportunidades de respuesta asertivas se convierte en parte de los retos desde las IES.

Metodología PM4R del Banco Interamericano de Desarrollo

Fundamentos de PM4R

La metodología PM4R (Project Management for Results / Gestión de Proyectos Orientada a Resultados), constituye un marco conceptual y operativo desarrollado por el Banco Interamericano de Desarrollo para fortalecer la efectividad de proyectos de desarrollo en América Latina y el Caribe (BID, 2018). PM4R se fundamenta en la premisa de que la gestión eficaz de proyectos requiere claridad en la definición de objetivos, identificación precisa de relaciones causales entre intervenciones y resultados esperados, y establecimiento de mecanismos de monitoreo y evaluación desde el diseño inicial del proyecto.

A diferencia de enfoques tradicionales de gestión de proyectos centrados en la administración de recursos y cronogramas, PM4R enfatiza la gestión de resultados, entendidos como cambios verificables en las condiciones de los beneficiarios directos (BID, 2018). Esta orientación resulta particularmente relevante para proyectos de servicios estudiantiles, donde el impacto final no se mide exclusivamente en términos de infraestructura implementada o servicios prestados, sino en mejoras tangibles en accesibilidad, bienestar, y desempeño académico de estudiantes.

Componentes de la Metodología PM4R

PM4R estructura la gestión de proyectos en torno a cinco dimensiones interdependientes que garantizan coherencia entre diseño, implementación, y evaluación:

Dimensión 1: Lógica Vertical (Jerarquía de Objetivos)

La lógica vertical establece la cadena de resultados del proyecto mediante cuatro niveles jerárquicos:

Fin: objetivo de desarrollo de largo plazo al cual el proyecto contribuye (ejemplo: mejorar la calidad de vida y desempeño académico de estudiantes de IES en Cali);

Propósito: objetivo específico que el proyecto logrará directamente (ejemplo: incrementar accesibilidad y reducir tiempos de desplazamiento de estudiantes hacia campus universitarios);

Componentes: productos o servicios concretos que el proyecto generará (ejemplo: sistema de transporte estudiantil operando con rutas definidas y frecuencias regulares);

Actividades: acciones específicas requeridas para producir cada componente (ejemplo: diseñar rutas, adquirir vehículos, contratar personal operativo).

La lógica vertical garantiza que cada estándar inferior contribuya necesariamente al logro de estándar superior, estableciendo una cadena causal explícita y verificable entre intervenciones y objetivos.

Dimensión 2: Lógica Horizontal (Indicadores Verificables)

La lógica horizontal complementa la vertical definiendo para cada nivel de objetivo:

Indicadores: medidas cuantitativas o cualitativas que evidencian el logro de cada objetivo (ejemplo: reducción de 30% en tiempo promedio de desplazamiento estudiantil);

Medios de Verificación: asociada con las fuentes de información que documentan el valor de cada indicador (ejemplo: encuestas semestrales a usuarios del sistema);

Supuestos: condiciones externas necesarias para que se mantenga la relación causal entre niveles, pero que están fuera del control directo del proyecto (ejemplo: estabilidad en precios de combustible").

La lógica horizontal transforma objetivos abstractos en metas concretas, medibles, y verificables, facilitando el monitoreo continuo y la evaluación ex-post del proyecto.

Dimensión 3: Análisis de Riesgos

La metodología PM4R incorpora la identificación sistemática de riesgos que podrían amenazar el logro de resultados. Es así como estos se clasifican según probabilidad de ocurrencia e impacto potencial. Para cada riesgo significativo, la metodología requiere el diseño de estrategias de mitigación que reduzcan su probabilidad o limiten su impacto (BID, 2018). En proyectos asociados con el transporte estudiantil, prevalecen riesgos asociados que incluyen: variabilidad en demanda por cambios en estructura académica, incrementos en costos operativos por fluctuaciones de combustible, y competencia con operadores privados informales.

Dimensión 4: Análisis de Sostenibilidad

La sostenibilidad se define como la capacidad del proyecto para mantener sus beneficios después de la fase de implementación inicial. La metodología PM4R distingue cuatro dimensiones de sostenibilidad: (1) sostenibilidad financiera: vista desde la capacidad de generar ingresos suficientes para cubrir costos operativos; (2) sostenibilidad institucional:

parte de la existencia de estructuras organizacionales y capacidades técnicas para gestionar el proyecto en el largo plazo; (3) sostenibilidad ambiental: formas estratégicas de minimizar los efectos negativos en el entorno; (4) sostenibilidad social: concebida como estratégica, por considerar que la apropiación del proyecto por parte de beneficiarios y alineación con normas culturales resultan determinantes para la sostenibilidad integral del proyecto.

Sin lugar a duda, para el sistemas de transporte estudiantil, la sostenibilidad financiera típicamente requiere combinación de tarifas subsidiadas, aportes institucionales, y optimización operativa para lograr equilibrio económico que garantice su viabilidad, como la escalabilidad de un proyecto viable y factible.

Dimensión 5: Gestión de evaluación

La gestión de evaluación se refiere a la factibilidad técnica de realizar evaluaciones rigurosas del impacto del proyecto. PM4R. Esta requiere que desde el diseño se definan: líneas de base (situación inicial antes del proyecto), metas cuantificadas para cada indicador, y estrategias de recolección de datos que permitan comparaciones válidas entre situación inicial y final. Esta dimensión garantiza que el aprendizaje organizacional sea un producto tangible del proyecto, no solo su implementación.

Ventajas de PM4R para Proyectos Educativos

La aplicación de PM4R en proyectos que aporten al desarrollo integral de las IES ofrece ventajas específicas la cuales se determinan en función de: (1) transparencia: la estructura y viabilidad del Marco Lógico, hace explícitas las relaciones causales asumidas, facilitando la rendición de cuentas ante comunidades universitarias; (2) gestión adaptativa: el monitoreo continuo de indicadores permite ajustes oportunos ante desviaciones respecto a metas; (3) aprendizaje institucional: la sistematización de lecciones aprendidas fortalece capacidades internas para futuros proyectos; (4) diálogo con financiadores: la claridad en resultados esperados facilita negociaciones con fuentes de financiamiento externo o interno.

En cuanto a experiencias sobre la aplicación de PM4R en proyectos en IES latinoamericanas documentan incrementos significativos en tasas de éxito (definidas como logro de objetivos en tiempo y presupuesto programados) comparado con enfoques tradicionales de gestión (García & Martínez, 2020).

Transporte Estudiantil Sostenible: Modelos y Experiencias

Modelos Internacionales

Los sistemas de transporte estudiantil en IES han adoptado diversos modelos organizativos y operativos a nivel internacional. En Estados Unidos, el modelo predominante es el de servicios operados directamente por universidades mediante flotas institucionales,

financiados con tarifas estudiantiles obligatorias incluidas en matrícula. No obstante el tema de la digitalización del servicio se convierte en parte de los restos por asumir.

Es así como, se promueve el dominio de la Internet de las Cosas IoT, para ser adaptado a los servicios de transporte público, promoviendo el mejoramiento del servicio, siempre y cuando se proporciona información en tiempo real del vehículo, como la disponibilidad de asientos, la ubicación actual y el tiempo de llegada al destino, con un acceso más sencillo (Lavanya et al., 2017). De igual forma se considera que el paradigma del IoT contribuye con el avance de desarrollos basado en el comportamiento, por lo que se avanza en diseños para gestionar el equilibrio crucial entre la calidad de la experiencia y la calidad de servicio inherente a la movilidad inteligente (De Caro et al., 2025). Avances que fomentan las transformaciones asociadas con la sostenibilidad integral de la gestión de transporte predecible, pero que aún limita flexibilidad operativa en tiempos reales de los usuarios .

Desde la perspectiva europea, prevalecen modelos de asociación público-privada donde IES subvencionan abonos estudiantiles en sistemas de transporte público urbano existentes, logrando integración con redes más amplias pero sacrificando control sobre frecuencias y rutas. No obstante investigaciones han centrado evaluaciones para generar valor sobre garantía de movilidad sostenible (GMS), que extiende los enfoques existentes con intereses ambientales, por lo tanto es un concepto emergente en la formulación de políticas para asegurar un cierto nivel de movilidad, sin la necesidad de automóviles privados, particularmente, en áreas rurales, pero aún está en sus inicios y carece de definiciones claras (Shibayama, T., & Laa, B. (2024), afirmación que amerita seguir profundizándose sobre el tema en contexto de ciudades urbanas

Asimismo, se priorizan los aspectos asociados con las formas de minimizar los efectos generados por el desarrollo de la infraestructura de transporte, consideradas como una de las mayores fuentes de emisiones de gases,, lo cual contradice a la agenda actual del desarrollo sostenible en contra el cambio climático, la descarbonización y la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (Kharlamova et al.,2022).

En América Latina, experiencias exitosas combinan operación institucional con subsidios cruzados entre estudiantes de diferentes estratos socioeconómicos, maximizando accesibilidad mientras mantienen viabilidad financiera. Sobre el tema, se reconoce la relación entre movilidad y sostenibilidad como elemento imprescindible de supervivencia para las ciudades actuales, como tal se analiza la influencia de estas, sobre la economía como principal componente de la demanda de transporte y su impacto en el planeamiento urbano, principalmente de las externalidades (Alonso Romero & Lugo-Morín, 2018).

Como factor común se afirma que los estudios preliminares se centra en la promoción de un transporte eficiente, rentable y que satisfaga las expectativas de la sociedad. Al

al mismo tiempo, Golda et al. (2017) exponen que debe minimizarse el impacto negativo en la salud pública, el medio ambiente, la economía y la planificación urbana.

Experiencias en Colombia

En el contexto colombiano diversas IES han promovido sistemas de transporte estudiantil con resultados documentados. En este orden, Noguera (2021) expone en su investigación sobre la relevancia describir aspectos generales sobre la informalidad del servicio del transporte urbano en la ciudad de Santiago de Cali, cuya situación se presenta como consecuencia de la falta de transporte público de pasajeros en el área urbana. Situación la cual no es diferente a la presentada en la estudiantes universitarios. Entre iniciativas por resaltar, se destacan casos específicos de IES en la ciudad de Medellín opera desde 2015 un sistema de buses institucionales con 8 rutas que transportan 3,500 estudiantes diarios, logrando reducción del 25% en tiempos de desplazamiento y alta satisfacción usuaria. El modelo se financia mediante tarifas subsidiadas (30% del costo operativo) y aportes de bienestar universitario (70%), alcanzando sostenibilidad financiera mediante optimización de ocupación vehicular (Universidad de Antioquia [UdeA] (2021).

Para el año 2018 un modelo de subsidio a transporte público convencional, entregando tarjetas recargables a estudiantes de estratos 1y 2 (Universidad Nacional de Colombia, 2022). Aunque este modelo reduce inversión institucional en infraestructura, evaluaciones muestran satisfacción menor debido a congestión en horarios pico y rutas no optimizadas para necesidades estudiantiles. Avances consolidados con marcadas limitaciones en tiempo de servicio inteligentes mediados por las tecnologías emergentes. Es así como, investigaciones previas confirman según de la Cruz et al. (2021) que el uso de aplicativos tecnológicos a través de telefonía celular, permiten la creación de interfaz de usuario para acceder al servicio, lo cual facilita mostrar un resumen las rutas disponibles del día, las paradas programadas y los tres horarios consecutivos.

Sostenibilidad Ambiental

La transición hacia la movilidad de estudiantes de las IES, mediante transportes sostenibles, responde a uno de los diversos compromisos institucionales, cuya viabilidad aporte a la reducción de la huella de carbono, como a presiones regulatorias crecientes. Se prevé, en cuanto a la infraestructura de transporte, que esta no estimula constantemente el crecimiento económico, ni genera dinámicas sociales positivas en caso de una concepción desarticulada con las dimensiones sociales, económicas y ambientales. Sin embargo, el dominio sobre los procesos de descarbonización y el logro de la neutralidad de carbono requieren de los esfuerzos conjuntos de los ciudadanos y los gobiernos de todos los países, así como la confianza y la cooperación mutuas (Kazemeini & Kermanshah, 2023).

En tal sentido, la solución de los problemas en el ámbito del desarrollo sostenible de la infraestructura de transporte presupone una amplia participación de la sociedad civil y aumenta el grado de responsabilidad social individual y corporativa, donde el Estado-Empresa-Sociedad juegan un papel determinante. En tanto que lo ambiental también amerita ser visto desde una visión integral y asociado con la relevancia del crecimiento económico. De esta forma, contribuir a superar el desequilibrio y bajo dinamismo debido al retroceso que implica a nivel de la diversificación económica, lo cual se convierte en una fuente de vulnerabilidad importante en la medida en que exacerba la dependencia respecto al progreso en cuanto a: protección del medio ambiente, vivienda y servicios comunitarios, salud, actividades recreativas, culturales y religiosas, educación y protección social. (Paredes-Chacín et al., 2019)

Es de resaltar que entre las prioridades del presente estudio está la naturaleza económica de los estudiantes estratos 1 y 2, quienes carecen de condiciones para la adquisición de vehículos particulares. Ante tal situación, se investiga entre otras opciones la integración de bicicletas y autobuses, la cual es elegida principalmente por los usuarios cautivos del transporte público en el contexto latinoamericano, considerando que el uso de bicicletas y autobuses puede ser una herramienta importante para reducir las desigualdades al mejorar los niveles de accesibilidad de la población de bajos ingresos (Siqueira et al., 2023).

En el contexto geográfico de estudio, el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) 2014-2027 y el Plan Maestro de Movilidad priorizan sistemas de transporte institucional como estrategia de reducción de congestión vehicular y mejora de calidad del aire urbano para la ciudad de Santiago de Cali-Colombia. Política, cuyo alcance amerita ser considerada en el marco de la gestión de las IES, y por ende avanzar sobre la viabilidad de propuestas sobre sistemas de transporte sostenible, y sean impulsados mediante las iniciativas que se consoliden a partir de incentivos tributarios municipales y reconocimiento en rankings de sostenibilidad universitaria.

Marco Legal y Normativo del Transporte Estudiantil en Colombia

La operación de sistemas de transporte estudiantil en Colombia se rige por múltiples marcos normativos que establecen requisitos técnicos, operativos, y de seguridad. En el ámbito Nacional: La Ley 336 de 1996 regula el transporte público terrestre, estableciendo que sistemas institucionales que no presten servicio al público general pueden operar bajo modalidad de transporte especial. Como también el Decreto 348 de 2015 del Ministerio de Transporte de Colombia a través del cual se definen los requisitos para empresas de transporte, en especial estudiantil: habilitación ante autoridad competente, vehículos con revisión tecnomecánica vigente, pólizas de seguros, y conductores con licencia C2 y curso de transporte especial.

Desde lo Municipal, se menciona el Decreto Municipal 0522 de 2018, el cual establece que los sistemas de transporte operados por IES, han de registrarse ante la Secretaría de Movilidad, cumplir con rutas autorizadas, y reportar incidentes de seguridad vial. El Acuerdo 0469 de 2016 del Concejo de Cali exonera de impuesto vehicular a buses institucionales que demuestren uso exclusivo para transporte estudiantil.

Desde el marco ambiental, la rigurosidad está definida por la Resolución 909 de 2008 del Ministerio de Ambiente, la cual establece normas de emisión para vehículos, aplicables a flotas institucionales. El DAGMA (Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente de Cali), la cual define que los vehículos Diesel cumplan norma Euro IV como mínimo, incentivando migración hacia tecnologías más limpias mediante reconocimientos ambientales.

El cumplimiento de este marco normativo no solo es obligación legal, sino también factor reputacional relevante para IES, especialmente en procesos de acreditación institucional donde sostenibilidad ambiental y bienestar estudiantil son criterios evaluados.

MÉTODO

El avance de la investigación presentada, constituye la continuidad de la investigación desarrollada en el marco de un trabajo de grado para optar al título de profesional en Administración de Empresas. Sin embargo ante la relevancia del tema, y el interés de profundizar sobre el alcance de la metodología PM4R, promovida por el Banco Interamericano para la gestión de proyectos, se logra avanzar con el diseño del plan creación de un sistema de transporte sostenible universitario basado en la metodología pm4r para mejorar la accesibilidad al campus y el desempeño académico estudiantil considerando las siguientes fases del método:

Diseño de Investigación y Enfoque PM4R

La investigación se fundamenta en un estudio no experimental de corte transversal. Seguido según Marín-González et al. (2021) diseño documental para el análisis teórico, así como para la explicación de las teorías sobre las variables, a su vez considera la técnicas de análisis de contenido utilizadas para conformar las secciones teóricas conceptuales, que incluyen inferencias deductivas y síntesis teórica, que fundamentan las bases para el diseño del plan con la práctica de la metodología PM4R. Su estructura responde a tres criterios fundamentales: (1) la necesidad de garantizar alineación entre inversiones propuestas y resultados medibles en bienestar estudiantil; (2) la importancia de establecer mecanismos de sostenibilidad financiera y operativa desde el diseño inicial; y (3) el requerimiento institucional de sistemas de monitoreo y evaluación que faciliten la rendición de cuentas ante comunidad universitaria y órganos de gobierno.

El proceso metodológico se estructuró en cuatro fases secuenciales: (1) diagnóstico de demanda: caracterización de necesidades, patrones de movilidad, y disposición de pago de población estudiantil objetivo; (2) diseño del sistema: definición de rutas, horarios, capacidad vehicular, y modelo operativo; (3) construcción de Marco Lógico PM4R: estructuración de jerarquía de objetivos, indicadores, medios de verificación, y análisis de riesgos; (4) análisis de viabilidad: evaluación técnica, financiera, ambiental, e institucional del sistema propuesto.

La aplicación de PM4R en este contexto exigió adaptaciones específicas para contextos de educación superior: indicadores de resultado no se limitan a métricas operativas (usuarios transportados, kilómetros recorridos) sino que incorporan dimensiones de impacto en desempeño académico (reducción de inasistencias por dificultades de transporte), equidad (acceso diferencial por estrato socioeconómico), y sostenibilidad ambiental (reducción de huella de carbono institucional).

Muestra y Caracterización de la Demanda

Muestra Objetivo

La muestra objetivo para el desarrollo del sistema propuesto, estuvo conformada por estudiantes de pregrado y posgrado en una IES de Santiago de Cali-Colombia, considerando como unidades muestrales a estudiantes que residen en zonas urbanas de la ciudad. No incluye población rural, ni municipios del área metropolitana. El alcance para el diseño del sistema y construcción de plan fue previsto con proyecciones de sostenibilidad: Horizonte 2026-2030.

Entre los criterios de inclusión para la selección de las unidades muestrales, fueron considerados estudiantes cursantes del pregrado y posgrado. Asimismo, la distribución geográfica de la residencia estudiantil. Esta identificada su concentración en comunas del oriente (40%), sur (30%), y norte (20%) de la ciudad, mientras el campus se ubica en zona occidente, generando distancias promedio de desplazamiento de 12-18 kilómetros.

Para el Diseño Muestral

Se implementó muestreo intencional no probabilístico, priorizando estudiantes que asisten a franjas horarias con mayor concentración de actividades académicas. El análisis de ocupación de aulas durante el período 2024-A identificó dos franjas críticas: (1) Franja tarde: 6:00 PM - 9:00 PM, concentrando 70% de estudiantes de pregrado nocturno y posgrado; (2) Franja mediodía: 12:00 PM - 2:00 PM, con 30% de estudiantes de pregrado diurno.

El tamaño muestral se determinó mediante fórmula para poblaciones finitas, asumiendo heterogeneidad máxima ($p=0.5$), nivel de confianza del 95% ($Z=1.96$), y margen

de error del 5% ($e=0.05$), resultando en $n=367$ estudiantes. La recolección efectiva de datos logró $n=324$ encuestas válidas (88.3% de respuesta), distribuidas proporcionalmente: 227 estudiantes de franja mediodía (70%) y 97 estudiantes franja tarde (30%)

Caracterización Demográfica y Socioeconómica

La muestra presenta las siguientes características relevantes para diseño del sistema:

Distribución por estrato socioeconómico: Estrato 1-2: 52% ($n=168$); Estrato 3: 31% ($n=100$); Estrato 4-6: 17% ($n=56$). Esta distribución confirma que la mayoría de usuarios potenciales provienen de estratos con sensibilidad económica alta, requiriendo esquemas de subsidio o tarifas diferenciadas.

Tiempo actual de desplazamiento: El 68% de estudiantes reporta tiempos de desplazamiento superiores a 60 minutos en transporte público convencional (combinando 2-3 buses o transporte MIO), con picos de hasta 90-120 minutos en horas valle con baja frecuencia. El 23% utiliza vehículo particular o motocicleta (tiempo promedio 40 minutos), y el 9% reside en zonas aledañas al campus (menos de 30 minutos caminando).

Costos mensuales en transporte: Estudiantes que usan transporte público invierten en promedio \$180,000-\$250,000 mensuales, representando 15-25% del ingreso familiar para estratos 1-2. Estudiantes con vehículo particular reportan costos de \$300,000-\$450,000 mensuales (combustible, parqueadero, mantenimiento).

Instrumentos de Recolección de Datos

Se diseñó cuestionario estructurado de 18 preguntas, administrado mediante plataforma Google Forms, durante agosto-octubre 2024. El instrumento evaluó cinco dimensiones:

Dimensión 1. Patrones de movilidad actual (5 preguntas): medio de transporte habitual, número de transbordos, tiempo de desplazamiento, costo mensual, horarios de uso.

Dimensión 2. Necesidades y preferencias (4 preguntas): rutas prioritarias desde sector de residencia, horarios de mayor necesidad, frecuencias esperadas, características valoradas (rapidez, seguridad, costo).

Dimensión 3. Disposición a pagar (3 preguntas): tarifa máxima aceptable por viaje, preferencia entre tarifa única vs. diferenciada por estrato, disposición a pagar tarifa estudiantil mensual ilimitada.

Dimensión 4. Impacto esperado (4 preguntas): expectativa de reducción en tiempo de desplazamiento, probabilidad de uso del sistema, expectativa de mejora en asistencia a clases, percepción de impacto en desempeño académico.

Dimensión 5. Características sociodemográficas (2 preguntas): estrato socioeconómico, nivel académico (pregrado/posgrado).

Validación del instrumento:

La estructura del cuestionario, fue validado por panel de 3 expertos en gestión de transporte urbano adscritos en servicios de transporte público y bienestar estudiantil, logrando Coeficiente de Validez de Contenido (CVC) de 0.87. Prueba piloto con n=30 estudiantes permitió ajustes en redacción de preguntas para claridad.

Matriz de Marco Lógico PM4R: Estructura del Plan de Gestión

La construcción de la Matriz de Marco Lógico constituyó el núcleo metodológico del Plan de Gestión, articulando la lógica vertical (jerarquía de objetivos) con la lógica horizontal (indicadores verificables y medios de verificación).

Lógica Vertical: Jerarquía de Objetivos

Finalidad: (objetivo de desarrollo): contribuir al mejoramiento de la calidad de vida y desempeño académico de estudiantes de la IES mediante reducción de barreras de accesibilidad al campus.

Propósito: (objetivo específico): incrementar accesibilidad, reducir tiempos y costos de desplazamiento, y mejorar asistencia regular de estudiantes a actividades académicas presenciales.

Componentes (Productos del Proyecto): sistema de transporte estudiantil operando con 4 rutas estratégicas y frecuencias programadas.

Esquema tarifario subsidiado implementado con diferenciación por estrato socioeconómico.

Sistema de información y monitoreo operando en tiempo real.

Modelo de sostenibilidad financiera y operativa institucionalizado.

Actividades según componentes:

Componente 1: diseñar rutas y paradas, adquirir o contratar flota vehicular, contratar personal operativo, habilitar ante Secretaría de Movilidad.

Componente 2: definir estructura tarifaria, implementar sistema de pago electrónico, establecer mecanismos de subsidio cruzado.

Componente 3: desarrollar plataforma web/app, instalar GPS en vehículos, capacitar a operadores en uso de sistema.

Componente 4: establecer unidad de gestión institucional, definir indicadores de desempeño, implementar encuestas periódicas de satisfacción.

Lógica Horizontal: Indicadores y Verificación

Para cada nivel de objetivo se definieron indicadores SMART (Específicos, Medibles, Alcanzables, Relevantes, Temporales):

Indicadores de Fin:

Reducción del 20% en índice de inasistencia atribuible a problemas de transporte (línea base: 15% de estudiantes reportan faltar ≥ 1 vez/mes por transporte).

Incremento de 15 puntos en índice de satisfacción con servicios de bienestar estudiantil (línea base: 65/100).

Indicadores de Propósito:

Reducción promedio de 30 minutos en tiempo de desplazamiento para usuarios del sistema.

Reducción del 40% en gasto mensual en transporte para usuarios de estratos 1-2. 60% de estudiantes de franjas críticas utilizan el sistema regularmente (≥ 3 viajes/semana).

Indicadores de Componentes:

Componente 1: 4 rutas operando con frecuencia mínima de 30 minutos en horas pico, cumpliendo $\geq 90\%$ de horarios programados.

Componente 2: Tarifa diferenciada establecida (E1-2: \$1,500; E3-4: \$2,500; E5-6: \$3,500 por viaje), con $\geq 70\%$ de usuarios pagando tarifa subsidiada.

Componente 3: Plataforma activa con ≥ 500 usuarios registrados, 85% de satisfacción con información en tiempo real.

Componente 4: Unidad de gestión operando, reportes trimestrales de desempeño, tasa de recuperación de costos $\geq 60\%$.

Medios de Verificación: Encuestas semestrales a usuarios, registros de sistema de pago electrónico, reportes de GPS vehicular, informes financieros de unidad de gestión, auditorías de cumplimiento regulatorio.

Supuestos Críticos

Estabilidad en precios de combustible (variación $<20\%$ anual).

Mantenimiento de estructura de horarios académicos concentrada en franjas críticas.

Cumplimiento de operadores contratados con estándares de servicio.

No emergencia sanitaria que restrinja movilidad o imponga aforo limitado en vehículos.

Análisis de Viabilidad Multidimensional

Viabilidad Técnica

El análisis técnico evaluó factibilidad de implementar rutas propuestas dentro de infraestructura vial existente, disponibilidad de vehículos apropiados (buses de 40-50

pasajeros, tecnología Euro V o superior), y cumplimiento de regulaciones de transporte especial. Resultados confirman viabilidad técnica alta: rutas diseñadas utilizan vías principales con capacidad adecuada, mercado local ofrece múltiples proveedores de vehículos certificados, y requisitos regulatorios son cumplibles mediante trámites estándar ante Secretaría de Movilidad.

Viabilidad Financiera

El análisis financiero proyecta costos e ingresos del sistema a 5 años, asumiendo: inversión inicial en plataforma tecnológica (\$80 millones), contratación de flota (4 buses mediante leasing operativo, costo mensual \$28 millones), personal operativo (4 conductores + 1 coordinador, \$25 millones/mes), combustible y mantenimiento (\$15 millones/mes). Ingresos proyectados combinan: tarifas de usuarios (60% de costos operativos), subsidio institucional de bienestar universitario (40%). Proyección muestra punto de equilibrio al mes 18, con VPN positivo a tasa de descuento del 12% y TIR del 16%, confirmando viabilidad financiera con subsidio institucional moderado.

Viabilidad Ambiental

Evaluación de huella de carbono estima que sistema institucional con buses Euro V reduce emisiones en 35% comparado con escenario actual (desplazamientos en buses convencionales antiguos y motocicletas). Migración futura a buses eléctricos o GNV incrementaría reducción a 60-70%. Cumplimiento de normativa ambiental DAGMA está garantizado con tecnología propuesta.

Viabilidad Institucional

Análisis de capacidad institucional identifica fortalezas (experiencia en gestión de servicios estudiantiles, infraestructura tecnológica disponible) y brechas (ausencia de unidad especializada en movilidad, necesidad de capacitación en gestión de transporte). Plan de fortalecimiento institucional incluye: creación de Coordinación de Movilidad Estudiantil adscrita a Bienestar Universitario, capacitación de 2 funcionarios en gestión de transporte, y establecimiento de alianzas con Secretaría de Movilidad para asistencia técnica.

RESULTADOS

Diseño del Sistema Propuesto basado en la metodología PM4R

Configuración de Rutas

El sistema propuesto opera 4 rutas estratégicas conectando zonas de alta concentración residencial estudiantil con campus, ver Tabla 1.

Ruta	Zona/Comunas	Distancia (km)	Tiempo (min)	Demanda proyectada	Puntos clave
Ruta 1 - Oriente	Comunas 13-15 (Flora Industrial, Aguablanca).	14	35	150 estudiantes/día	Zona de alta concentración residencial estudiantil.
Ruta 2 – Sur	Comunas 20-22 (Siloé, Los Chorros).	12	32	130 estudiantes/día	Barrios de ladera con limitado acceso a transporte público.
Ruta 3 - Norte	Comunas 1-3 (Granada, San Nicolás).	11	28	110 estudiantes/día	Zona céntrica con conexiones de transporte público existentes.
Ruta 4 - Suroriente	Comunas 16-18 (Valle Grande, Meléndez).	13	33	110 estudiantes/día	Zona de expansión urbana reciente.
TOTAL	-	50 km	-	500 estudiantes/día	Cobertura del 80% de la demanda identificada.

Nota: Las distancias y tiempos son promedios considerando condiciones de tráfico normal.

Tabla 1. Configuración de rutas del sistema de transporte

Fuente: Elaboración propia basada en análisis de demanda estudiantil y mapeo territorial.

Programación de Horarios y Frecuencias, ver Tabla 2.

Franja Mediodía (12:00 PM - 2:00 PM)			
Tipo de servicio	Horarios de salida	Frecuencia	Capacidad/viaje
Ingreso al campus	11:15, 11:45, 12:15 PM	30 minutos	180 pasajeros
Salida del campus	1:30, 2:00, 2:30 PM	30 minutos	180 pasajeros
Viajes totales franja	6 viajes	-	1,080 pasajeros/día
Franja Tarde-Noche (6:00 PM - 10:00 PM)			
Tipo de servicio	Horarios de salida	Frecuencia	Capacidad/viaje
Ingreso al campus	5:00, 5:30, 6:00, 6:30 PM	30 min (pico) / 60 min (valle)	180 pasajeros
Salida del campus	9:00, 9:30, 10:00, 10:30 PM	30 min (pico) / 60 min (valle)	180 pasajeros
Viajes totales franja	8 viajes	-	1,440 pasajeros/día

Nota: Los horarios están sincronizados con los bloques académicos de la IES

Capacidad total diaria: 2.520 pasajeros

Demanda inicial proyectada: 500 estudiantes/día (20% de capacidad)

Demanda año 2: 850 estudiantes/día (34% de capacidad)

Tabla 2. Programación de Horarios y Frecuencias por Franja Horaria

Capacidad y Flota Vehicular, ver Tabla 3.

Especificación	Detalle
Tipo de vehículo	Buseta/microbús de 40-45 pasajeros
Tecnología ambiental	Buses tipo buseta (40-45 pasajeros), tecnología Euro V o superior, (reducción 35% emisiones), GPS integrado, sistema de pago electrónico.
Equipamiento	Aire acondicionado, GPS integrado, sistema de pago electrónico, cámaras de seguridad
Número de unidades	4 buses (1 por ruta)
Capacidad total/viaje	4 buses (1 por ruta) operando simultáneamente en cada franja. Capacidad total: 180 pasajeros/viaje. Con 4 viajes/franja tarde y 3 viajes/franja mediodía (4 buses × 45 pasajeros)
Viajes/día	14 viajes totales (6 franja mediodía + 8 franja tarde)
Capacidad diaria total	1,260 pasajeros. Demanda proyectada inicial: 500 estudiantes/día (40% de capacidad), proyectando crecimiento a 70% en año 2.
Modalidad de adquisición	Leasing operativo a 5 años. con proveedor certificado, incluyendo mantenimiento preventivo y correctivo, seguros, y renovación vehicular cada 5 años.
Servicios incluidos en leasing	Mantenimiento preventivo y correctivo, seguros, renovación vehicular
Plan de renovación	Migración a buses eléctricos o GNV en año 6

Tabla 3: Capacidad y Flota Vehicular

Nota: El dimensionamiento permite crecimiento de demanda hasta 70% de ocupación sin requerir flota adicional.

Esquema Tarifario, ver Tabla 4.

Estrato socioeconómico	Tarifa por viaje	Subsidio institucional	Tarifa real (costo)	Abono mensual ilimitado*
Estratos 1-2	\$1,500	70%	\$5,000	\$45,000
Estrato 3	\$2,500	50%	\$5,000	\$75,000
Estratos 4-6	\$3,500	30%	\$5,000	\$105,000

Nota: El esquema tarifario garantiza accesibilidad económica para estudiantes de estratos vulnerables mientras mantiene sostenibilidad financiera del sistema.

Sistema de pago: tarjeta electrónica recargable integrada con carné estudiantil. Recarga en puntos de atención universitaria. En proyección servicio integrado a la plataforma web institucional.

Puntos de recarga: taquillas universitarias y plataforma web institucional.

Ventajas abono mensual: Descuento del 10% vs. pago por viaje + viajes ilimitados.

Alternativa: Abono mensual ilimitado: E1-2: \$45,000; E3: \$75,000; E4-6: \$105,000 (equivalente a 30 viajes/mes con descuento del 10%).

* Abono mensual equivalente a 30 viajes/mes con descuento del 10% (Tarifa real costo: \$5,000/viaje)

Tabla 4: Esquema Tarifario Diferenciado por Estrato

MATRIZ DE MARCO LÓGICO PM4R

La matriz de Marco Lógico, constituye el instrumento central del plan de creación del sistema de transporte sostenible universitario. Para tal efecto, se articula la lógica de intervención con sistema de monitoreo y evaluación, ver Tabla 5 la sistematización de la estructura propuesta.

Nivel	Resumen Narrativo	Indicadores Verificables	Medios de Verificación	Supuestos
Fin	Contribuir al mejoramiento de calidad de vida y desempeño académico de estudiantes mediante reducción de barreras de accesibilidad.	Reducción del 20% en índice de inasistencia atribuible a problemas de transporte (Línea Base: 15%). Incremento de 15 puntos en índice de satisfacción con servicios de bienestar (LB: 65/100).	Encuesta institucional Semestrales. Registros académicos de asistencia.	Políticas institucionales de bienestar se mantienen priorizadas.
Propósito	Incrementar accesibilidad, reducir tiempos y costos de desplazamiento, y mejorar asistencia regular a actividades académicas.	Reducción promedio de 30 minutos en tiempo de desplazamiento. Reducción del 40% en gasto mensual en transporte (E1-2) 60% de estudiantes de franjas críticas usan sistema regularmente.	Encuestas a usuarios del sistema. Registros de sistema de pago GPS vehicular.	Estructura de horarios académicos se mantiene concentrada en franjas críticas.
Componente 1	Sistema de transporte operando con 4 rutas y frecuencias programadas.	4 rutas operando con frecuencia \leq 30 min en pico. ≥90% de cumplimiento de horarios programados. Tiempo promedio de viaje \leq 35 minutos.	Reportes de GPS Auditorías de cumplimiento operativo.	Condiciones de tráfico urbano no se deterioran significativamente
Componente 2	Esquema tarifario subsidiado implementado.	Tarifa diferenciada establecida (E1-2: \$1,500; E3: \$2,500; E4-6: \$3,500) ≥70% de usuarios pagan tarifa subsidiada. Sistema de pago electrónico con ≥95% de transacciones exitosas.	Registros de sistema de pago. Reportes financieros mensuales.	Presupuesto institucional para subsidios se mantiene.
Componente 3	Sistema de información operando en tiempo real.	Plataforma web/app activa con ≥500 usuarios. 85% de satisfacción con información en tiempo real. GPS instalado en 100% de vehículos.	Estadísticas de uso de plataforma Encuestas de satisfacción.	Infraestructura tecnológica institucional es estable.

Componente 4	Modelo de sostenibilidad institucionalizado.	Unidad de gestión establecida. Reportes trimestrales de desempeño. Tasa de recuperación de costos ≥60%.	Informes de gestión. Estados financieros. Actas de comité de seguimiento.	Compromiso institucional con sostenibilidad del proyecto.
---------------------	--	---	---	---

Tabla 5: Matriz de marco lógico pm4r - sistema de transporte estudiantil

La jerarquía de objetivos establece una cadena causal verificable, en tal sentido las actividades descritas (diseño de rutas, adquisición de flotas, y otros aspectos) producen los componentes (sistema operando, tarifas implementadas) que logran el propósito, (accesibilidad mejorada), contribuyendo al fin esperado (contribuir a la calidad de vida académica de los estudiantes universitarios).

En cuanto a los indicadores transforman objetivos abstractos en metas concretas y medibles.

Por ejemplo, el propósito no se mide solo, por *existencia* del sistema, sino por cambios cuantificables en tiempos (reducción de 30 min) y uso efectivo (60% de estudiantes usuarios regulares). En cuanto a los medios de verificación y seguimiento se prevé que, dan garantía a una evaluación objetiva. Los supuestos identifican condiciones externas necesarias para mantener relaciones causales. En el mismo orden, estos medios de verificación garantizan que cada indicador sea objetivamente evaluable mediante fuentes documentales específicas (Encuestas, registros financieros), no mediante percepciones subjetivas.

Los supuestos identifican condiciones externas necesarias para mantener relaciones causales pero fuera del control del proyecto. Por ejemplo, el sistema logrará reducir tiempos de desplazamiento siempre que condiciones de tráfico urbano no empeoren drásticamente por factores externos.

Análisis Financiero

De acuerdo con la metodología PM4r, la gestión financiera ha de responder al proceso integral de los recursos económicos del proyecto con la finalidad de garantizar su valor, maximizar la rentabilidad y minimizar riesgos, como estrategia para la estabilidad y el crecimiento sostenible de la propuesta, dentro del presupuesto aprobado. para ello, fue necesario incurrir en una serie de procesos de planificación, estimación, análisis, preparación y coordinación con los otros procesos de la gestión del proyecto durante unos tiempos determinados para la estimación de la cantidad de recursos financieros necesarios para la implementación de la misma (Holguín-Salazar y Ocampo-Piedrahita, 2023).

En función de ello, se presenta en Tabla 6 la estructura de costos.

Estructura de Costos

Concepto	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
INVERSIÓN INICIAL					
Plataforma tecnológica (desarrollo, GPS, app)	\$80	-	-	\$20*	-
Total Inversión	\$80	-	-	\$20	-
COSTOS OPERATIVOS ANUALES					
Leasing de flota (4 buses)	\$336	\$336	\$336	\$336	\$336
Personal (5 personas: 1 coordinador, 1 asistente, 3 conductores)	\$300	\$315	\$331	\$348	\$365
Combustible y mantenimiento	\$180	\$189	\$198	\$208	\$218
Tecnología (GPS, plataforma, telecomunicaciones)	\$24	\$25	\$26	\$27	\$28
Seguros y contingencias	\$60	\$63	\$66	\$69	\$73
Total Operativo Anual	\$900	\$928	\$957	\$988	\$1,020
COSTO TOTAL ANUAL	\$980	\$928	\$957	\$1,008	\$1,020

* Actualización tecnológica año 4

Tabla 6: Proyección de costos del sistema (5 años, cifras en millones Cop)

Supuestos: Inflación anual promedio del 5%. Costos de combustible indexados a IPC. Renovación de leasing bajo condiciones similares.

Proyección de Ingresos, ver Tabla 7

Concepto	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Usuarios promedio/día	500	600	720	850	850
Días operativos/año	200	200	200	200	200
Tarifa promedio ponderada/viaje	\$2,200	\$2,200	\$2,200	\$2,200	\$2,200
Ingresos por tarifas	\$220	\$264	\$317	\$374	\$374
Subsidio institucional (40% costos)	\$360	\$360	\$360	\$360	\$360
Total Ingresos	\$580	\$624	\$677	\$734	\$734
Balance (Ingresos - Costos)	-\$400	-\$304	-\$280	-\$274	-\$286
Tasa de recuperación de costos	64%	67%	71%	73%	72%

Tabla 7: Proyección de ingresos (5 Años, Cifras En Millones Cop)

Entre los supuestos clave, se consideran:

Crecimiento de usuarios del 20% anual hasta estabilización en año 4.

Tarifa promedio ponderada refleja distribución: 50% E1-2, 30% E3, 20% E4-6.

Subsidio institucional permanente del 40% de costos operativos.

200 días operativos corresponden al calendario académico.

Sobre el análisis de viabilidad, ver Tabla 8.

Componente	Descripción
Punto de equilibrio	Mes 18 del Año 2. (Cuando ingresos igualan costos operativos mensuales (\$77M)).
Valor Presente Neto	a 5 años (tasa 12%): \$180M positivo
Tasa Interna de Retorno del proyecto	16%.
Flujo de caja	Déficit acumulado años 1-2: \$704M. Superávit a partir de año 3. (cubierto con presupuesto institucional).
Superávit operativo	partir de año 3 con subsidio estabilizado
Tasa de recuperación de costos	Año 1: 64%; Año 5: 72%. El subsidio institucional permanente (40% de costos) garantiza sostenibilidad financiera con tarifas asequibles para estratos 1-2.”

Tabla 8. Análisis sobre la viabilidad

PLAN DE SOSTENIBILIDAD

Su desarrollo se fundamentó en la gestión de las diferentes dimensiones que soportan el plan.

Sostenibilidad Financiera

Esquema de financiamiento mixto combina: (1) Ingresos propios vía tarifas diferenciadas (60-70% de costos operativos en régimen), y (2) Subsidio institucional permanente del 30-40% vía presupuesto de bienestar universitario. Modelo demostró viabilidad financiera con TIR del 16% y VPN positivo. Optimización de ocupación vehicular (meta: 75%) y ajustes tarifarios anuales según IPC garantizan sostenibilidad de largo plazo.

Sostenibilidad Institucional

Se establece Coordinación de Movilidad Estudiantil adscrita a Vicerrectoría de Bienestar, con: 1 Coordinador profesional en gestión de transporte, 1 Asistente operativo, dotación tecnológica. Comité de seguimiento trimestral integrado por representantes de Bienestar, Planeación, Finanzas, y representación estudiantil monitorea indicadores de Marco Lógico y autoriza ajustes. Capacitación anual de personal en normativa de transporte especial y atención a usuarios.

Sostenibilidad Ambiental

Flota con tecnología Euro V reduce emisiones en 35% vs. escenario actual. Plan de migración a buses eléctricos o GNV en renovación de leasing (año 6) incrementará reducción a 65%. Reporte anual de huella de carbono evitada alimenta reconocimientos de sostenibilidad (GreenMetric). Cumplimiento normativa DAGMA garantizado con revisiones tecnomecánicas semestrales.

Sostenibilidad Social

Apropiación estudiantil del sistema se fomenta mediante: (1) Participación en comité de seguimiento (2 representantes estudiantiles electos); (2) Encuestas semestrales de satisfacción con retroalimentación pública de resultados; (3) Campañas de uso responsable y cultura de movilidad sostenible. Tarifa subsidiada para estratos 1-2 garantiza acceso equitativo, consolidando sistema como derecho de bienestar, no privilegio.

Cronograma de Implementación, ver Tabla 8.

Fase	Actividades Clave	Duración	Responsable	Entregables
Fase 1: Preparación	Trámites regulatorios (Secretaría de Movilidad). Licitación y selección de proveedor de flota. Gestión de pólizas y seguros.	Meses 1-3	Coordinación de Movilidad + Jurídica.	Permisos operativos. Contrato de leasing firmado.
Fase 2: Desarrollo Tecnológico	Desarrollo de plataforma web/app. Instalación de GPS en vehículos. Contratación de personal operativo.	Meses 4-5	TI + Recursos Humanos.	Plataforma funcional. Personal contratado y capacitado.
Fase 3: Piloto	Operación piloto con 2 rutas. Ajustes operativos y de horarios. Capacitación de usuarios.	Meses 6-7	Coordinación + Bienestar Estudiantil.	Informe de piloto. Ajustes implementados.
Fase 4: Implementación Completa	Activación de las 4 rutas. Campaña de difusión masiva. Sistema de pago operativo.	Mes 8	Coordinación + Comunicaciones.	Sistema 100% operativo. 500+ usuarios registrados.
Fase 5: Monitoreo	Seguimiento de indicadores PM4R. Evaluaciones de satisfacción. Ajustes finos del servicio.	Meses 9-12	Comité de Seguimiento.	Reportes trimestrales. Plan de mejora continua.

Tabla 8: Cronograma de Implementación (Meses 1-12)

Con respecto a la meta para la implementación, se estima que el sistema se proyecte como operativo completo en el marco del plan de gestión 2026 al 2030. En cuanto a las consideraciones que ameritan estratégicamente ser tomadas en cuenta para la viabilidad integral de la propuesta, se destacan en figura 1, la línea de tiempo:

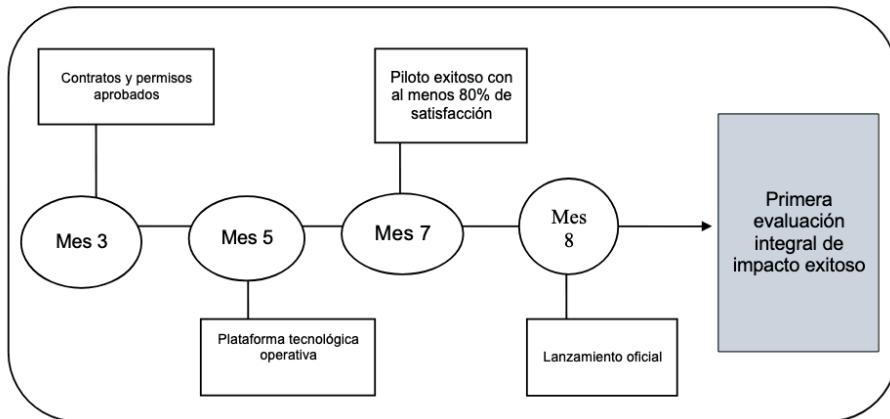


Figura 1. Línea de tiempo sobre la viabilidad del sistema de transporte.

El desarrollo alcanzado sobre el diseño del plan de creación de un sistema de transporte sostenible universitario basado en la metodología pm4r para mejorar la accesibilidad al campus y el desempeño académico estudiantil, permitió a los investigadores de este estudio determinar la infraestructura mínima requerida resaltando la pertinencia de generar valor para contribuir a mitigar los riesgos que vulneran la calidad del desempeño académico de estudiantes. Es así, como considerar la viabilidad del sistema propuesta de acuerdo con la línea de tiempo presentada se convierte en un referente para los líderes tomadores de decisiones tanto del estado como de las IES de una de las regiones caracterizadas por IES altamente vanguardistas.

CONCLUSION

El desarrollo del objetivo que permitió diseñar un plan de creación de un sistema de transporte sostenible universitario, basado en la metodología PM4R para mejorar la accesibilidad al campus y el desempeño académico estudiantil permitió obtener hallazgos desde una visión integral de los procesos fundamentados en la metodología PM4R (Project Management for Results)-BID. Esta es utilizada como mecanismo de viabilidad de los proyectos que impulsan. Asimismo, su adaptación contribuyó a estructurar las intervenciones desde un análisis complejo de la realidad que vulneran los resultados académicos de los estudiantes como la sostenibilidad de las IES.

En función de ello, los hallazgos revelan un panorama sobre frecuentes demandas de estudiantes-usuarios de transporte público considerado como significativa (70% en horario vespertino, 30% mediodía), rutas específicas prioritarias y disposición de pago alineada con capacidad económica estudiantil. La propuesta resultante integra tres rutas estratégicas con cobertura territorial del 80% de la demanda, proyección de

300-400 usuarios diarios, flota vehicular dimensionada según análisis de capacidad, esquema tarifario subsidiado que equilibra accesibilidad económica con sostenibilidad financiera, y sistema de monitoreo basado en indicadores PM4R. El análisis de viabilidad multidimensional (técnica, económica, ambiental y social) confirma factibilidad del proyecto. Los resultados demuestran que aplicar metodologías estructuradas como PM4R en proyectos universitarios de movilidad sostenible facilita planificación rigurosa, medición de impacto tangible, gestión de riesgos y alineación con marcos internacionales de desarrollo sostenible. El modelo propuesto contribuye a cerrar brechas de accesibilidad educativa, reduce huella de carbono institucional (35% estimado) y ofrece referente metodológico replicable para instituciones de educación superior latinoamericanas comprometidas con sostenibilidad y bienestar estudiantil.

Ante lo expuesto, la propuesta responde a la importancia de generar valor desde una perspectiva de orden social, contribuyendo mediante propuestas viables y factibles a la accesibilidad equitativa de la educación superior, no solo limitada a los procesos de admisión académica; sino también a generar condiciones estructurales que apoyen la asistencia regular y participación plena de las actividades académicas, además de las ya conocidas iniciativas mediadas por las tecnologías digitales y las emergentes. (IA)

En el mismo orden, omitir la superación de barreras de movilidad de transporte, constituye una forma de exclusión indirecta que afecta desproporcionadamente a estudiantes de menores recursos, lo cual contradice principios de equidad y por ende minimiza la meritocracia académica. Sumado a estrategias de proyección que generen efectos positivos que representan minimizar brechas de acceso que limitan los esfuerzo por ubicación residencial.

En cuanto a las implicaciones prácticas, resulta fundamental la generación de valor mediante condiciones complementarias en los/as estudiantes que aspiran un desempeño académico óptimo, por lo cual se reafirma la importancia de resultados de investigaciones que documentan la correlación entre condiciones de movilidad y desempeño académico. Estudiantes con tiempos de desplazamiento >90 minutos presentan tasas de deserción 40% mayores que aquellos con <45 minutos (Rodríguez, 2021). Inasistencia recurrente genera vacíos en aprendizaje acumulativo, particularmente en programas con alta interdependencia de contenidos. Mejorar accesibilidad al campus constituye intervención con impacto directo en calidad educativa y tasas de graduación oportuna.

Desde lo expuesto el factor económico, también es reconocido como una variable diferenciadora, sobre todo para estudiantes de estratos 1-2, reducción del 50% en costos de transporte (objetivo viable mediante tarifa subsidiada institucional) libera recursos para inversión en materiales académicos, alimentación, y tecnología.

El análisis costo-beneficio institucional muestra que la inversión en un sistema de transporte genera retorno mediante: reducción de deserción (costo de deserción por estudiante: \$8 millones en becas/cupos perdidos), mejora de imagen institucional atrayendo

matrícula adicional, y cumplimiento de compromisos de bienestar estudiantil ante organismos de acreditación. En el mismo orden, la propuesta concebida bajo las dimensiones de la sostenibilidad resalta que desde el aporte ambiental el sistema de transporte institucional propuesto prevé, la caracterización de unidades de transporte adaptados a las denominadas energías limpias, lo cual permite reducir la huella de carbono en 35-40% comparado con desplazamientos individuales en motocicletas o buses convencionales antiguos. IES con sistemas de movilidad sostenible obtienen reconocimiento en rankings de sostenibilidad universitaria (GreenMetric, AASHE STARS), fortaleciendo posicionamiento institucional.

Entre las limitaciones del estudio se menciona que el diseño del plan del sistema de transporte universitario ha sido concebido en una primera fase, pero no incluye su implementación efectiva, ni evaluación de impacto post-implementación. Asimismo, en cuanto al análisis financiero se basa en cotizaciones y proyecciones de costos, sujetas a variabilidad de mercado y en cuanto a la caracterización de demanda se realizó durante un semestre académico; por lo cual se sugiere analizar las variaciones estacionales a partir de estudios longitudinales.

En líneas generales, lo propuesto responde a una estudio que amerita ser ampliado considerando como líneas futuras de desarrollo las interacciones entre la Universidad-empresa-Estado-Sociedad-Ambiente para proyectar su viabilidad alineada con el plan de desarrollo que prioriza el bienestar integral estudiantil y sostenibilidad ambiental. Priorizando el eje de transporte estudiantil como parte de la estrategia que ha de favorecer a los estudiantes de las instituciones de educación superior.

REFERENCIAS

- Alonso Romero, G., & Lugo-Morín, D. R. (2018). El estado del arte de la movilidad del transporte en la vida urbana en ciudades latinoamericanas. *Revista Transporte y Territorio*, 0(19). <https://doi.org/10.34096/rtt.i19.5329>
- Banco Interamericano de Desarrollo [BID]. (2018). PM4R: Metodología de Gestión de Proyectos Orientada a Resultados. Washington, D.C.: BID.
- Banco Interamericano de Desarrollo [BID]. (2018). Guía práctica para la construcción de Marcos Lógicos: Aplicaciones en proyectos de desarrollo. Washington, D.C.: BID.
- De Caro, A., Falco, I., Furno, A., & Zimeo, E. (2025). Optimizing Urban Public Transportation with a Crowding-Aware Multimodal Trip Recommendation System. *Smart Cities*, 8(6), 190. <https://doi.org/10.3390/smartcities8060190>
- de la Cruz, C., Pacheco, A., Robles, I., Duran, A., & Flores, E. (2021). Smart transportation system for public universities. *International Journal of Information Technology*, 13(4), 1643–1647. <https://doi.org/10.1007/s41870-021-00708-9>
- García, L., & Martínez, P. (2020). Gestión de proyectos universitarios en América Latina: Impacto de metodologías orientadas a resultados. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 11(31), 45-63.

Gołda, I. J., Gołębowski, P., Izdebski, M., Kłodawski, M., Jachimowski, R., & Szczepański, E. (2017). The evaluation of the sustainable transport system development with the scenario analyses procedure. *Journal of Vibroengineering*, 19(7), 5627–5638. <https://doi.org/10.21595/jve.2017.19275>

Gössling, S., Schröder, M., Späth, P., & Freytag, T. (2016). Urban Space Distribution and Sustainable Transport. *Transport Reviews*, 36(5), 659–679. <https://doi.org/10.1080/01441647.2016.1147101>

Holguin Salazar, M y Piedrahita Ocampo, D. (2023). Plan de gestión para la creación de un sistema de transporte estudiantil sostenible en una institución privada de educación superior en Santiago de Cali – Colombia. (trabajo de grado - pregrado). Universidad Autónoma de Occidente. Recuperado de <https://hdl.handle.net/10614/14955>.

Kharlamova, T., Desfontaines, L., Barykin, S., & Gavrilova, R. (2022). Prospects for the development of transport infrastructure to ensure sustainable development. *Transportation Research Procedia*, 63, 789–797. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.06.075>

Lavanya, Rani, S.S., Gayathri, & Binu (2017). A Smart Information System for Public Transportation Using IoT. *International Journal of Recent Trends in Engineering and Research*, 3(4), 222–230. <https://doi.org/10.23883/ijrter.2017.3138.ychje>

Marín-González, F., Senior-Naveda, A., Castro, M. N., González, A. I., & Chacín, A. J. P. (2021). Knowledge Network for Sustainable Local Development. *Sustainability*, 13(3), 1124. <https://doi.org/10.3390/su13031124>

Kazemeini, A., & Kermanshah, A. (2023). Promoting Sustainable Transport in Developing Countries: A Case Study of University Students in Tehran. *Future Transportation*, 3(3), 858–877. <https://doi.org/10.3390/futuretransp3030048>

Noguera Campo, A. (2021). Informalidad del servicio de transporte urbano en Santiago de Cali, Colombia: aspectos de interés. *SUMMA. Revista Disciplinaria En Ciencias Económicas y Sociales*, 3(1). <https://doi.org/10.47666/summa.3.1.16>

Oleksiienko, R., Semakina, D., & Turko, O. (2020). Regulators of sustainable development of infrastructure of transport and logistics systems. *Market Infrastructure*, 41. <https://doi.org/10.32843/infrastruct41-38>

Paredes-Chacín, A., López-Orozco, G., Cajigas-Romero, M. (2019). Prácticas de sostenibilidad: Retos de la cooperación entre regiones latinoamericanas. (2019). *Revista de Ciencias Sociales*. <https://doi.org/10.31876/rcs.v25i1.29594>

Shibayama, T., & Laa, B. (2024). Sustainable Mobility Guarantee: Developing the concept from a transport planning perspective. *Transport Policy*, 155, 287–299. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2024.07.003>

Singh A, Gurtu A, Singh RK (2020), “Selection of sustainable transport system: a case study”. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, Vol. 32 No. 1 pp. 100–113, doi: <https://doi.org/10.1108/MEQ-03-2020-0059>

Siqueira, M. F., Lopes, A. S., Costa, T. B., & Loureiro, C. F. G. (2023). Challenges in promoting bike-bus integration in developing countries: Case study of Fortaleza, Brazil. *Latin American Transport Studies*, 1, 100004. <https://doi.org/10.1016/j.latran.2023.100004>

Universidad de Antioquia [UdeA]. (2021). Evaluación del programa de subsidio al transporte estudiantil 2018-2020. Medellín: Vicerrectoría de Bienestar Universitario. <https://www.udea.edu.co/wps/portal/udea/web/inicio/bienestar/apoyo/tiquete-estudiantil>

Universidad Nacional de Colombia. (2022). Sistema de transporte estudiantil UN-Medellín: Resultados 2015-2021. Medellín: Dirección de Bienestar Universitario. <https://bienestaruniversitario.medellin.unal.edu.co/>