

Midiendo la calidad del empleo: una aplicación para Ecuador en el periodo de 2007 a 2017

*Measurement of the financial impact of Covid 19 on the Integrated
Public Transportation System of Barranquilla Transmetro*

YUSEFF HENRÍQUEZ¹
ESTEFANO GONZÁLEZ²

¹ Nivel de formación, cargo actual, empresa, yuseffhenriquez@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-2756-0326> - <https://orcid.org/0009-0003-1641-7193>. Universidad Autónoma del Caribe

² Nivel de formación, cargo actual, empresa, estefanog@hotmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-2756-0326> - <https://orcid.org/0009-0003-1641-7193>. Universidad Autónoma del Caribe.



Resumen

Este artículo presenta un análisis del impacto financiero generado con ocasión de la pandemia por Covid-19 sobre el Sistema Integrado de Transporte Público de Barranquilla (Transmetro S.A.S.) en 2020. A partir de un estudio de la demanda y de los costos se analizaron, modelaron y proyectaron las variables del sistema a través de métodos de series temporales, y se obtuvo un escenario hipotético bajo el supuesto de ausencia de la crisis sanitaria. Este fue contrastado con los datos reales generados durante la crisis. Los hallazgos evidencian, en general, un comportamiento estacional con una tendencia creciente de los ingresos. No obstante, el crecimiento aún más elevado de los costos implica que el sistema ha operado generando pérdidas desde sus inicios. Las pérdidas anuales, a su vez, mostraron una tendencia decreciente hasta la irrupción de la pandemia, a partir de la cual se generó una importante reversión de las finanzas, ubicando los ingresos de la empresa en un escenario similar al de sus inicios y un estancamiento operacional.

Palabras clave: Transmetro, SITP, Covid-19, pronóstico, demanda, tarifa diferencial.

Abstract

This article presents an analysis of the financial impact generated by the Covid-19 pandemic on the Integrated System of Public Transport of Barranquilla (Transmetro S.A.S.) in 2020. Based on a study of demand and costs, an analysis was made, they modeled and projected the system variables through time series methods, obtaining a hypothetical scenario under the assumption of the absence of the health crisis. This was contrasted with the real data generated during the crisis. The findings show, in general, a seasonal behavior with a growing trend in income. However, the even higher growth in costs implies that the system has operated at a loss since its inception. Annual losses, in turn, showed a downward trend until the outbreak of the pandemic, from which a significant reversal of finances was generated, placing the company's income in a scenario like that of its beginnings and stagnation operational.

Keywords: Transmetro, SITP, Covid-19, forecast, demand, differential rate.

1. Introducción

Los efectos de la emergencia sanitaria generada por virus Covid-19 en las economías y en la cotidianidad de los países han sido profundos. La oleada de eventos globales generada por la pandemia requirió en su momento, como parte de las medidas frente a la crisis, que millones de personas en todo el mundo cumplieran normas de distanciamiento social y que lugares de trabajo o negocios cerraran indefinidamente o implementaran acuerdos de trabajo remoto (EBP US, 2020), estableciéndose prohibiciones a la movilidad innecesaria, así como la adecuación de los medios de transporte para trabajadores y bienes esenciales para la salud y la contención de los contagios (Lozzi, Marcucci, Gatta et al., 2020).

En ese orden, autoridades y operadores en todo el mundo decidieron actuar con celeridad en la búsqueda de soluciones para garantizar que los sistemas de transporte fueran, en lo posible, eficientes y seguros. No obstante, las necesarias medidas sanitarias implementadas producirían impactos en aspectos sensibles de los activos tradicionales de la movilidad (Lozzi et al., 2020).

En Colombia, por ejemplo, el Gobierno nacional decretó —entre otras medidas de bioseguridad— la reducción del aforo para los sistemas de transporte masivo del país, concretamente, los sistemas de buses urbanos fueron autorizados para transportar solo un 35 % del aforo. Las limitaciones a la demanda de movilidad urbana se reflejaron en pérdidas económicas que, según el Banco de la República (2020), oscilaron entre \$4,6 billones y \$59 billones por mes, dependiendo de los escenarios de aislamiento implementados. Estas cifras representan entre 0,5 y 6,1 % del PIB nacional.

En particular, durante 2020, el Sistema Integrado de Transporte Masivo (SITM) de Barranquilla (Transmetro) dejó de movilizar a más del 50 % de la cantidad de pasajeros registrados en 2019, hecho que agudizó la crisis financiera del sistema, que estuvo en varios momentos ante riesgo inminente de suspender operaciones (Amaya, 2021). Frente a ello, el Gobierno local —con apoyo del Gobierno nacional— tomó decisiones orientadas a viabilizar la continuidad del servicio, mediante la inyección de recursos de cofinanciación y de créditos para cubrir el déficit operacional.

Habiendo entrado en período de postpandemia, resulta conveniente tener mayor claridad del impacto de la emergencia sanitaria sobre las finanzas del sistema, pues, hasta el momento, gran parte de la información disponible de la empresa atañe al desempeño económico anterior a la emergencia. Más aún porque hay evidencia que sugiere que Transmetro no ha tenido la recuperación esperada, a pesar de reactivación económica (Forbes, 2021).

Este artículo se divide básicamente en cuatro secciones. La primera, de alcance introductorio, contiene la descripción detallada de los componentes del sistema de transporte y la fundamentación teórico-conceptual del análisis empleado. La segunda expone los lineamientos procedimentales, y la tercera describe los resultados obtenidos. Por último, la cuarta contiene las conclusiones del análisis.

1.1 Componentes del Sistema

Transmetro es el sistema a través del cual Barranquilla y parte de su área metropolitana apostaron por la modernización y la competitividad de su transporte masivo. Aspectos como su sistema de pago con tarjetas inteligentes, vehículos climatizados, carriles exclusivos, una red de estaciones y paraderos, así como su centro de control de operaciones, pretenden garantizar una movilidad segura, económica y eficiente. La empresa Transmetro S.A.S. es titular del SITM.

1.1.1 Infraestructura

De acuerdo con Transmetro S.A.S., el sistema cuenta con la siguiente infraestructura:

Componente Troncal

- 13.4 kilómetros de cobertura troncal
- 1 patio, Portal de Soledad
- 1 patio, Barranquilla
- 1 estación de retorno Joe Arroyo
- 15 estaciones intermedias

Componente Zonal

- 65 09 kilómetros de rutas alimentadoras
- 639 paraderos; sumados a lo anterior se cuenta con un operador de recaudo que gestiona 120 puntos de recarga.

Hacen parte del sistema 284 buses, que recorren los casi 14 kilómetros de rutas troncales (Murillo, Olaya Herrera) y 198 kilómetros de rutas alimentadoras. En lo que respecta a accesibilidad, dispone de 75 buses con ascensor, accesos especiales, 88.24 km de espacio peatonal y 242 340 m² de espacio público con rampas y baldosas podotá-

tiles para facilitar los desplazamientos en andenes y estaciones; esto último pensando en usuarios con limitación visual.

Otro rasgo del sistema integrado de transporte masivo (SITM) es la presencia de un centenar de facilitadores para acompañamiento a los usuarios en todas las estaciones.

1.2 Marco teórico-conceptual

1.2.1 Series temporales

Las series de tiempo son conjuntos de observaciones ordenadas cronológicamente, en los que los datos se recopilan secuencialmente y se registran en intervalos regulares o irregulares. Son ampliamente utilizadas en diversas disciplinas, como la economía, la meteorología, la ingeniería y la ciencia social, para analizar y predecir patrones y tendencias en los datos a lo largo del tiempo.

El análisis de series de tiempo se basa en la suposición de que los datos observados son el resultado de una combinación de componentes distintos. Estos componentes incluyen la tendencia y la estacionalidad.

Tendencia. Se refiere al cambio sistemático en los datos a lo largo del tiempo. Puede ser creciente, decreciente o incluso no lineal. La tendencia se puede representar mediante una ecuación lineal, como:

$$Y(t) = a + bt$$

Donde $Y(t)$ es el valor observado en el tiempo t , a es la intersección con el eje Y , b es la pendiente de la línea de tendencia.

Estacionalidad. Se refiere a las fluctuaciones periódicas y regulares en los datos que se repiten en intervalos fijos de tiempo. La estacionalidad puede estar presente en varios intervalos, como diario, semanal, mensual o anual. Puede ser representada mediante una función periódica, como:

$$Y(t) = A * \text{sen} (2\pi ft + \varphi)$$

Donde A es la amplitud de la estacionalidad, f es la frecuencia, t es el tiempo y φ es la fase.

Ciclo. Se refiere a las fluctuaciones no periódicas pero recurrentes en los datos que generalmente abarcan varios años. A diferencia de la estacionalidad, los ciclos no tienen una duración fija y pueden ser causados por factores económicos, políticos o sociales.

La representación de un ciclo no se realiza mediante una ecuación específica, pero se puede utilizar el análisis de filtros para extraerlo de los datos.

Componente aleatorio. Está referido a las fluctuaciones impredecibles y no sistemáticas en los datos que no pueden ser explicadas por la tendencia, la estacionalidad o el ciclo. Estas fluctuaciones aleatorias se consideran ruido o error en el modelo y se representan mediante una distribución de probabilidad, como:

$$Y(t) = \varepsilon(t)$$

Donde $\varepsilon(t)$ es el término de error en el tiempo t .

Al modelar una serie de tiempo, el objetivo principal es descomponer los datos en sus componentes principales (tendencia, estacionalidad, ciclo y componente aleatorio) para comprender mejor su comportamiento y realizar pronósticos futuros. Esta descomposición se puede lograr utilizando diferentes métodos, como el método de promedios móviles, el método de suavización exponencial o el análisis de Fourier.

Una vez que los componentes se han identificado y separado, se pueden utilizar técnicas estadísticas, como el análisis de autocorrelación, para analizar la dependencia temporal entre los datos y modelar la relación entre observaciones pasadas y futuras. Esto permite realizar pronósticos y estimaciones de intervalos de confianza para valores futuros de la serie de tiempo.

1.2.2 Determinantes de la demanda de transporte masivo

Los modelos analíticos más frecuentes para la identificación de los determinantes de la demanda de transporte masivo suelen destacar los siguientes factores:

- *Características físicas.* La densidad poblacional, la distribución geográfica de la población, la distancia entre el origen y el destino del viaje y la topografía del área urbana son factores claves que influyen en la demanda de transporte público. Por ejemplo, una mayor densidad poblacional en un área urbana puede aumentar la demanda de transporte público, ya que más personas necesitarán moverse dentro de esa área (Islas y Rivera, 2002).
- *Costos de transporte.* Los costos asociados con el uso del transporte público también pueden influir en la demanda. Estos costos incluyen el tiempo de espera en las paradas o estaciones, el tiempo de viaje y la comodidad durante el viaje. Si los costos asociados con el uso del transporte público son altos o si

los usuarios perciben que el servicio no es cómodo o eficiente, es posible que opten por utilizar otros modos de transporte.

- *Precios relativos de los diferentes modos de transporte.* La relación entre los precios del transporte público y otros modos de transporte también puede afectar la demanda. Si los precios del transporte público son más altos en comparación con otros modos de transporte, es posible que las personas opten por utilizar estos últimos (Suárez, 2017).
- *Nivel de ingreso del usuario.* El nivel socioeconómico del usuario y su capacidad para pagar el costo del transporte público también son factores importantes que influyen en la demanda. Si los usuarios tienen un nivel socioeconómico bajo o si no pueden permitirse pagar el costo del transporte público, es posible que opten por utilizar otros modos de transporte o limiten su uso del transporte público (Islas y Rivera, 2002).
- *Velocidad del servicio.* La velocidad promedio del servicio de transporte público también puede influir en la demanda. Si el servicio de transporte público es rápido y eficiente, es más probable que las personas opten por utilizarlo.
- *Calidad del servicio.* La calidad percibida del servicio de transporte público también puede afectar la demanda. Esto incluye factores como la limpieza, la seguridad y la comodidad durante el viaje. Si los usuarios perciben que el servicio de transporte público es seguro, limpio y cómodo, es más probable que lo utilicen con mayor frecuencia (Islas y Rivera, 2002).

2. Metodología

Para analizar el impacto financiero de la crisis generada por la Covid-19 se llevó a cabo en primera instancia una revisión de las principales dinámicas de funcionamiento del sistema y sus componentes operativos. Con base en ello se recopiló, analizaron y describieron las cifras constitutivas de ingresos y costos del sistema para el período comprendido entre julio de 2010 y marzo de 2023; la fuente de esta información fue la empresa Transmetro S. A. Con ello se obtuvo un panorama del comportamiento histórico de la demanda y los costos de operación, que permitió modelar y proyectar las variables de interés, siguiendo los procedimientos estandarizados para un análisis mediante series de tiempo.

Posteriormente, las proyecciones obtenidas con base en el comportamiento histórico de los datos constituyeron las bases para contrastar las variables financieras sin la incidencia de la crisis sanitaria frente a las generadas en el escenario de crisis. De este

modo se obtuvo una visión general del impacto de las restricciones a la movilidad impuestas a partir de marzo de 2020.

A continuación, se detallan los métodos de descomposición estacional que hacen parte del análisis de series temporales empleados para las proyecciones.

2.1 Métodos de descomposición estacional y ajuste de tendencia

Los métodos de descomposición estacional y ajuste de tendencia son técnicas utilizadas en el análisis de series de tiempo para separar las componentes de estacionalidad y tendencia de los datos observados. Estas técnicas son fundamentales para comprender los patrones y las tendencias subyacentes en los datos y facilitar la realización de pronósticos precisos.

La descomposición estacional se utiliza para identificar y extraer la componente estacional de una serie de tiempo. El objetivo de la descomposición estacional es aislar esta variabilidad periódica para poder analizarla y modelarla por separado. Algunos métodos comúnmente utilizados para la descomposición estacional son el método de promedios móviles y el de suavización exponencial.

Promedios móviles. Este método suaviza los datos eliminando las fluctuaciones de corto plazo y resaltando las fluctuaciones de largo plazo, que incluyen la tendencia y la estacionalidad. La descomposición estacional a través de este método se puede expresar mediante la siguiente ecuación:

$$Y(t) = T(t) + S(t) + \varepsilon(t)$$

Donde $Y(t)$ representa el valor observado en el tiempo t , $T(t)$ es la componente de tendencia, $S(t)$ es la componente estacional y $\varepsilon(t)$ es el término de error.

Suavización exponencial. Es una técnica ampliamente utilizada para realizar pronósticos y ajustar la tendencia de los datos. Es especialmente útil cuando se trata de datos que exhiben una tendencia constante o cambios graduales a lo largo del tiempo. Se basa en la suposición de que los datos más recientes son más relevantes para predecir el futuro que los datos más antiguos. Así, su principio básico consiste en asignar un peso exponencialmente decreciente a las observaciones anteriores a medida que se avanza en el tiempo. Esto significa que los datos más recientes tienen un mayor peso en el pronóstico o en el ajuste de la tendencia que los datos más antiguos. La ecuación general de este método se puede expresar como:

$$S(t) = \alpha Y(t) + (1 - \alpha) S(t-1)$$

Donde $S(t)$ es el valor suavizado en el tiempo t , $Y(t)$ es el valor observado en el tiempo t , $S(t-1)$ es el valor suavizado en el tiempo anterior ($t-1$) y α es el factor de suavización, que se encuentra entre 0 y 1.

El factor de suavización α determina la influencia relativa de los datos pasados y presentes en el pronóstico o en el ajuste de la tendencia. Un valor de α cercano a 1 indica que se da más peso a los datos más recientes, lo que significa que el pronóstico o el ajuste de la tendencia será más sensible a las fluctuaciones recientes. Por el contrario, un valor de α cercano a 0 indica que se da igual importancia a todos los datos pasados y presentes, lo que resulta en un pronóstico o ajuste de la tendencia más suave y menos sensible a las fluctuaciones.

Inicialmente, se requiere un valor suavizado de referencia para comenzar el proceso de suavización exponencial. Esto se conoce como nivel inicial o nivel base (S_0). A partir de este punto, la ecuación se aplica de manera recursiva para obtener los valores suavizados en cada período de tiempo.

El método de suavización exponencial también se puede extender para incorporar la componente de estacionalidad en el modelo. Esto se logra mediante la inclusión de un factor de suavización adicional (β) para la componente de estacionalidad. En este caso la ecuación puede expresarse como:

$$S(t) = \alpha(Y(t) - S(t-m)) + (1 - \alpha) (S(t-1) + b(t-1))$$

Donde m es la longitud del ciclo estacional y $b(t-1)$ es el valor de la componente de estacionalidad en el período anterior.

Por otro lado, el ajuste de tendencia se enfoca en identificar y modelar la componente de tendencia de una serie de tiempo. Un método comúnmente empleado es el de regresión lineal. Este método utiliza una ecuación lineal para modelar la tendencia y encontrar la mejor línea de ajuste a los datos. Su ecuación se puede expresar como:

$$Y(t) = a + bt + \varepsilon(t)$$

Donde $Y(t)$ representa el valor observado en el tiempo t , a es la intersección con el eje Y (también conocido como término constante), b es la pendiente de la línea de tendencia y $\varepsilon(t)$ es el término de error.

Una vez realizado el ajuste de la tendencia, se puede obtener la serie de tiempo ajustada restando la componente de tendencia de los datos observados:

$$Y_{adj}(t) = Y(t) - T(t)$$

Finalmente, la serie de tiempo ajustada se puede utilizar para analizar la componente estacional por separado, mediante la descomposición estacional.

3. Resultados

Para una comprensión detallada del comportamiento económico del sistema, se exponen inicialmente las cifras históricas de ingresos y costos, con sus principales componentes. Posteriormente se implementa el modelamiento y proyección de la demanda, conforme a lo expresado en el apartado metodológico, finalizando con el análisis del impacto financiero.

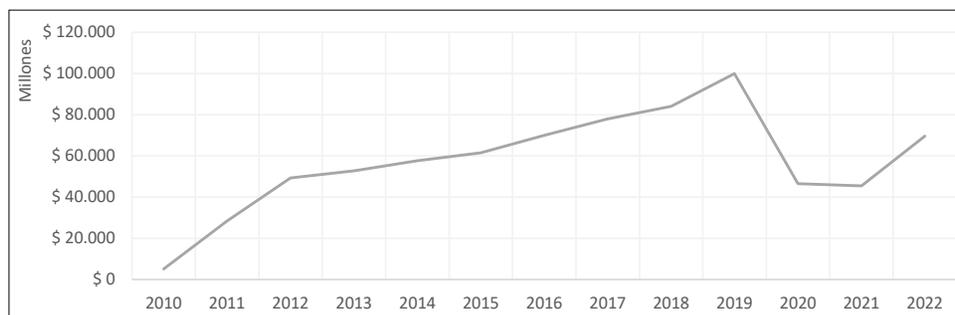
3.1 Funcionamiento del SITM en Cifras

3.1.1 Comportamiento de los ingresos

La venta del servicio de transporte es la fuente principal de los ingresos económicos del sistema. Estos se dan a través del pago que hacen los usuarios con cada acceso físico al sistema mediante los dispositivos (torniquetes) dispuestos para validar el ingreso. Para el cálculo de las cifras de ingresos a partir de la cantidad de validaciones se tienen en cuenta las tarifas para los componentes troncal y zonal, además de ciertos beneficios del sistema como los transbordos y las tarifas especiales.

Así, la figura 1 muestra una clara tendencia de crecimiento de los ingresos del sistema durante el período 2010-2019. Inicialmente se observa que entre 2010-2011 los ingresos se quintuplicaron, y entre 2012-2019 mostraron una tasa de crecimiento promedio de 18,5 % anual. La caída de los ingresos es evidente entre 2019-2020, con un descenso de -53,4 %, que solo se empieza a revertir a partir de 2021. Aunque los ingresos muestran una evidente recuperación entre 2021-2022, aún no logran igualar la cifra anual previa a la crisis sanitaria.

Figura 1. Ingresos del SITM 2010-2022 (millones de pesos)

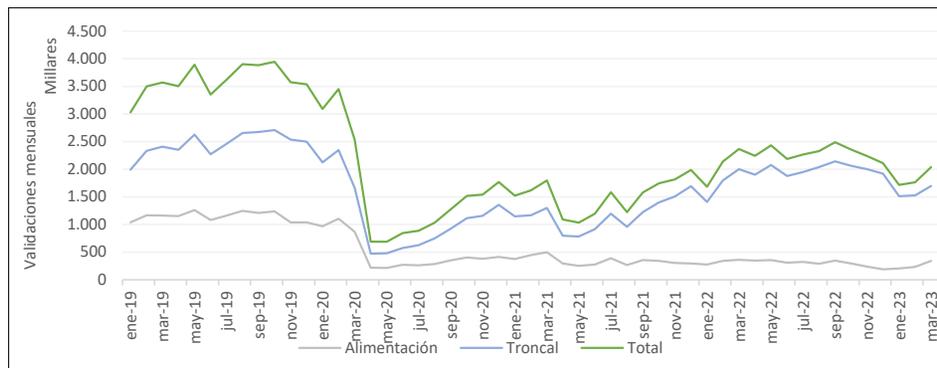


Fuente: Transmetro.

A continuación, se aporta una descripción más detallada de los componentes de las cifras de ingresos del sistema.

Validaciones. Considerando el cambio en la tendencia general de crecimiento de los ingresos (figura 1), se procura un mayor nivel de detalle en la figura 2, limitando las observaciones al período comprendido entre enero de 2019 y marzo de 2023³ para verificar los cambios más importantes. Se confirma, así, una caída drástica de las validaciones entre febrero y mayo de 2020 (-80 %), como consecuencia del inicio de los confinamientos y limitaciones a la movilidad con la crisis sanitaria. A partir de ahí se observa una relativa estabilización en el crecimiento de las cifras y, sin embargo, a marzo de 2023 las validaciones aún son inferiores en un 40% a las registradas en enero de 2020, antes de la crisis.

Figura 2. Validaciones mensuales del SITM 2019-2023 (p)

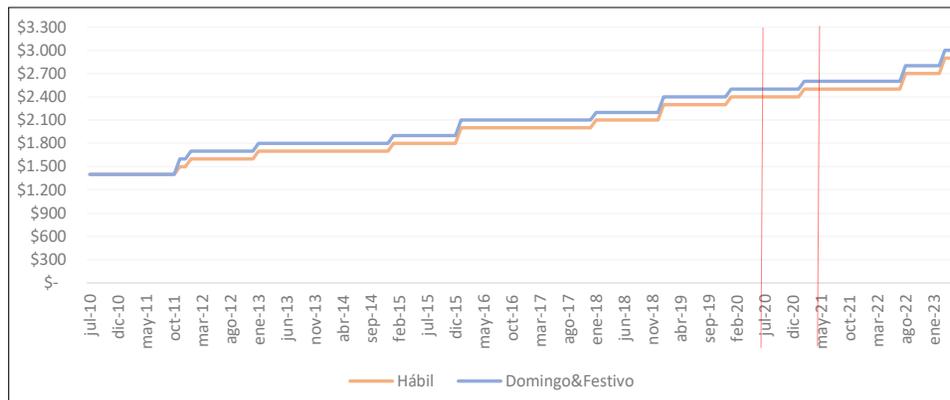


Fuente: Transmetro.

Tarifas. Otro componente para el cálculo de los ingresos son las tarifas del servicio. La figura 3 muestra las variaciones en los precios de los pasajes, observándose una tendencia escalonada y relativamente uniforme de incrementos. Desde el inicio de medidas restrictivas y durante todo el año 2020 los precios se mantuvieron estables.

3 Última actualización de datos.

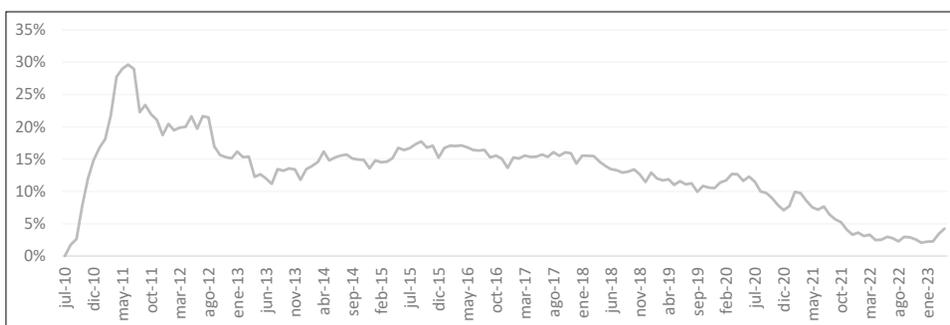
Figura 3. Valor pasaje SITM 2010-2023 (p)



Fuente: elaboración propia con base en cifras de Transmetro.

Transbordos. El sistema permite realizar transferencias entre servicios, bien sea de troncal a alimentación, alimentación a alimentación, alimentación a troncal. Sólo se puede realizar transbordo en los paraderos o estaciones autorizados. Además, es posible realizar hasta dos transbordos entre diferentes servicios, dentro de una ventana de tiempo de 105 minutos⁴. La tendencia decreciente en el porcentaje de transferencias (figura 4) se debe a inconvenientes con los dispositivos para la validación de pasajes a bordo de los vehículos, de manera que, en ocasiones, los usuarios ingresan al sistema de alimentación sin validar su pasaje, realizándolo directamente en las estaciones una vez llegan a estas.

Figura 4. Porcentaje de transbordos SITM 2010-2023 (p)



Fuente: elaboración propia con base en cifras de Transmetro.

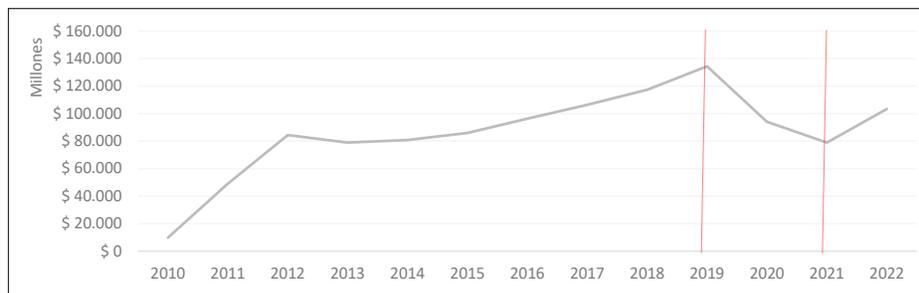
4 Se miden a partir del momento en que se valida el ingreso al sistema de un usuario (tarifa plena), bien sea desde un servicio troncal en estaciones, o un servicio de alimentación. Desde ese momento el pasajero con este tiempo para realizar hasta dos transbordos sin costo adicional.

Tarifas diferenciales. Desde 2015, el sistema ofrece una funcionalidad de tarifa diferencial que es cubierta por el distrito de Barranquilla. El programa, denominado Estimulo de Transporte Estudiantil (ESTE), está dirigido a estudiantes de educación superior, que son eximidos del pago de un porcentaje del pasaje. En estos casos, el distrito remite las listas de los estudiantes beneficiados y Transmetro emite las tarjetas con las que pueden acceder al beneficio; el 40 % del valor es girado por el distrito al SITM y el 60 % restante es cancelado por los estudiantes.

3.1.2 Comportamiento de los costos

Los costos históricos asociados con el funcionamiento del sistema revelan una tendencia general creciente (figura 5), las máximas tasas se evidencian durante los tres primeros años de funcionamiento, y luego entre 2012-2015 experimentaron un crecimiento relativamente inferior, aunque relativamente uniforme, para volver a incrementarse entre 2016 y 2019. La caída de los costos fue evidente entre 2019 y 2020, así como el cambio en esa tendencia a partir de 2021.

Figura 5. Costos anuales del SITM 2010-2022 (millones de pesos)

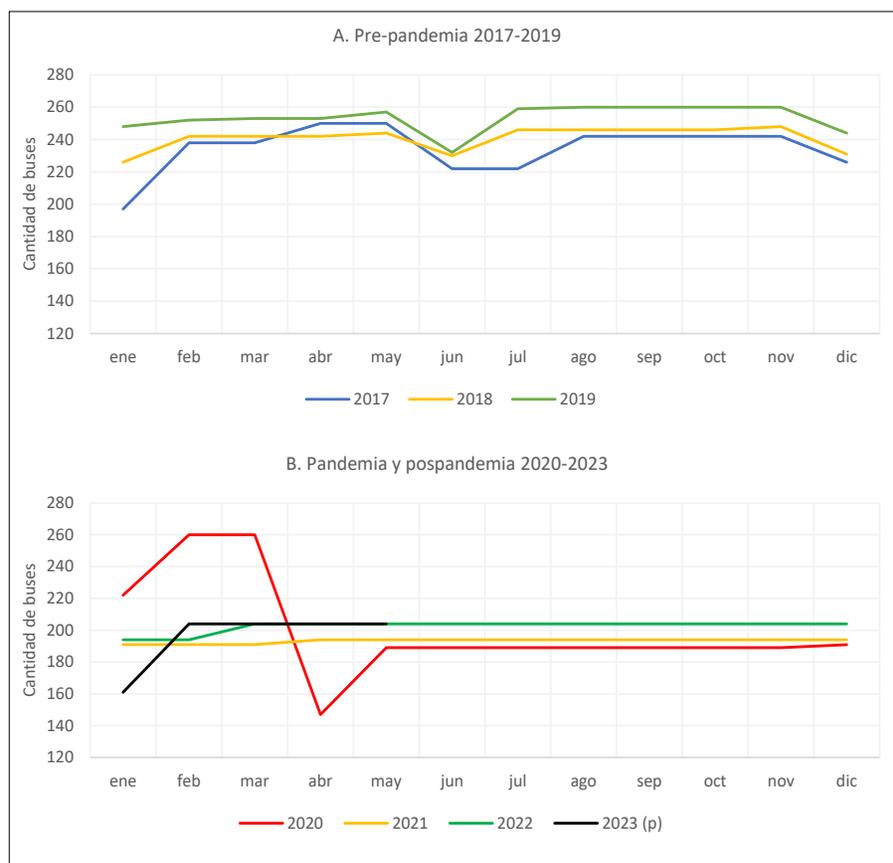


Fuente: elaboración propia con base en cifras de Transmetro.

Más adelante (figura 8A) se observa la relación general entre el comportamiento de los ingresos y los costos. A continuación, se aporta una descripción más detallada de los componentes de los costos del sistema.

Concesionarios proveedores de vehículos. Los costos asociados con la remuneración a proveedores de vehículos dependen de la cantidad de buses programados en el sistema. La figura 6A compara el comportamiento de esta variable en los tres años previos a la pandemia, siendo coherente los incrementos anuales de la cantidad de buses con respecto a la tendencia creciente de los ingresos previamente evidenciada. Además, es visible una relativa estacionalidad en la cantidad de buses programados, con cifras más bajas en los meses de enero-febrero, junio-julio, noviembre-diciembre, coincidentes con los recesos del sector educativo.

Figura 6. Cantidad de buses programados

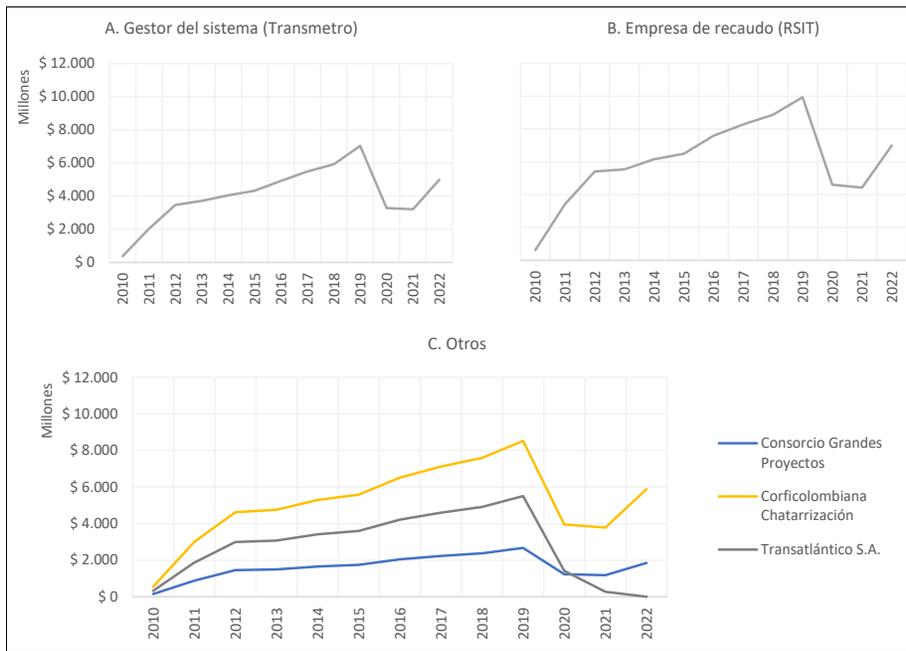


Fuente: elaboración propia con base en cifras de Transmetro.

A su vez, las cifras correspondientes al período de pandemia (figura 6B) muestran el descenso más importante a partir de marzo de 2020, con su punto más bajo en abril y un leve incremento y posterior estabilización en los meses restantes del año. En los tres años siguientes (2021-2023p), la cantidad de buses programados no ha retomado las cifras típicas.

Remuneraciones. Este componente refleja los costos asociados con la remuneración a empresas actoras del sistema (figura 7). Se evidencia una relativa simetría en el comportamiento de las remuneraciones para los diferentes actores (figuras 7A, 7B, 7C), con una mayor participación en costos de la empresa de recaudo durante el periodo.

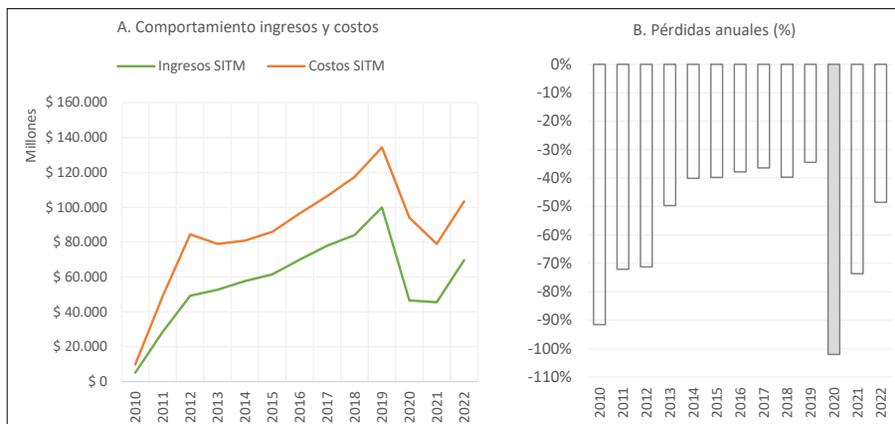
Figura 7. Remuneraciones a agentes del sistema



Fuente: elaboración propia con base en cifras de Transmetro.

En síntesis, la figura 8A resume el comportamiento anual de los ingresos y los costos del sistema, con evidente superioridad de estos últimos durante todo el período 2010-2022. Más detalladamente, la figura 8B revela una tendencia decreciente de las pérdidas entre 2010-2019, con una fuerte disrupción en 2020, manifestada en pérdidas que casi triplicaron a las de los años precedentes.

Figura 8. Ingresos vs. Costos del SITM 2010-2022 (millones de pesos)



Fuente: elaboración propia con base en cifras de Transmetro.

3.2 Modelamiento y proyección de la demanda

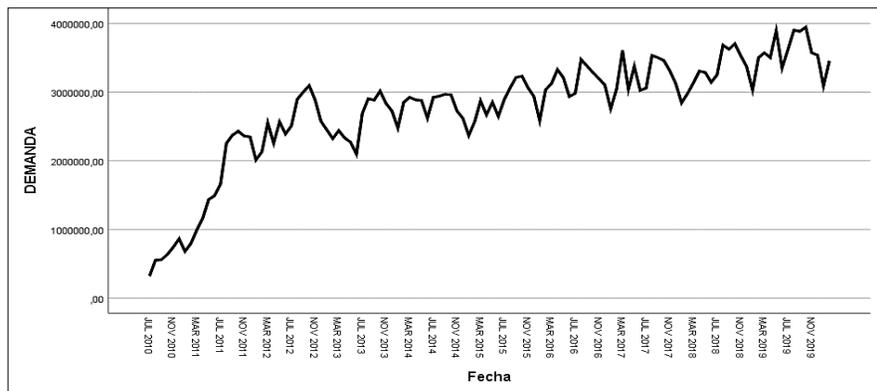
A efectos de analizar el comportamiento histórico de la demanda, y así obtener una proyección de cómo habrían evolucionado las cifras de esta variable en ausencia de la crisis sanitaria —como fenómeno disruptivo desde marzo de 2020— se llevó a cabo el modelamiento y proyección de las validaciones del servicio, empleando series de tiempo.

3.2.1 Análisis preliminar de la serie

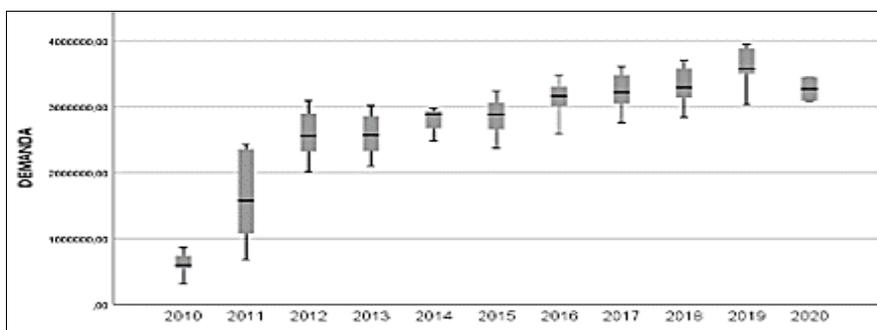
El nivel de la serie presenta claramente una tendencia creciente, pues la media del número de pasajeros contabilizados por mes va aumentando progresivamente (figura 9A). Lo anterior es ratificado mediante un diagrama Box-Plot de cada uno de los periodos de tiempo considerados, sin embargo, para el último año parece presentarse un quiebre de la tendencia creciente (figura 9B).

Figura 9. Análisis de la serie (prepandemia)

9A. Cantidad de validaciones (julio 2010-febrero de 2020)



9B. Diagrama de caja simple para la demanda anual

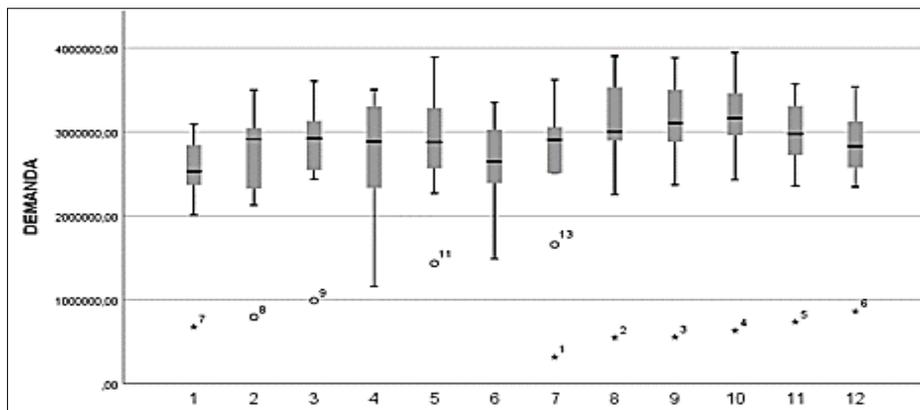


Fuente: elaboración propia.

3.2.2 Estacionalidad

La serie es estacional cuando se puede observar en ella un patrón sistemático que se repite periódicamente. El diagrama de caja simple (figura 10) muestra cierto patrón estacional marcado por la época del año en la que la demanda por transporte puede tener un comportamiento típico repetitivo, como son los meses de febrero (marcados por el regreso a clase), con picos de demanda, y los meses más críticos, como enero junio, marcados por la época de vacaciones. Los valores por fuera del diagrama de caja representan valores atípicos.

Figura 10. Diagrama de caja simple para la demanda mensual



Fuente: elaboración propia.

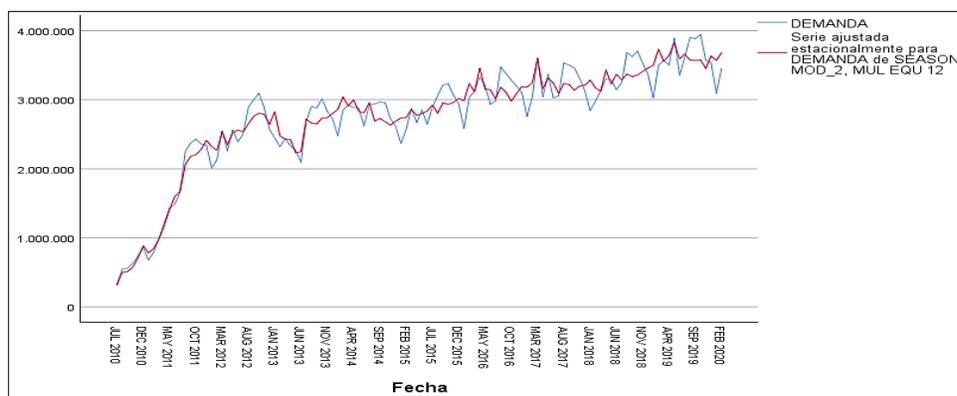
Una vez detectada la estacionalidad de la serie se procede a calcular los factores estacionales bajo el modelo aditivo, pues parece claro que la varianza de la serie no crece con el nivel. Las cifras de la tabla 1 indican claramente lo que ocurre con los valores en cada uno de los meses del año; así, en enero, junio, agosto y diciembre la demanda presenta una reducción significativa frente a los mejores meses: febrero, marzo y abril. La figura 11 muestra la serie desestacionalizada.

Tabla 1. Factores estacionales de la demanda

PERÍODO	FACTOR ESTACIONAL (%)
1	98,9
2	109,2
3	108,7
4	110,3
5	103,5
6	97,3
7	86,6
8	93,8
9	100,4
10	96,2
11	101,8
12	93,3

Fuente: elaboración propia.

Figura 11. Serie de demanda ajustada estacionalmente



Fuente: elaboración propia.

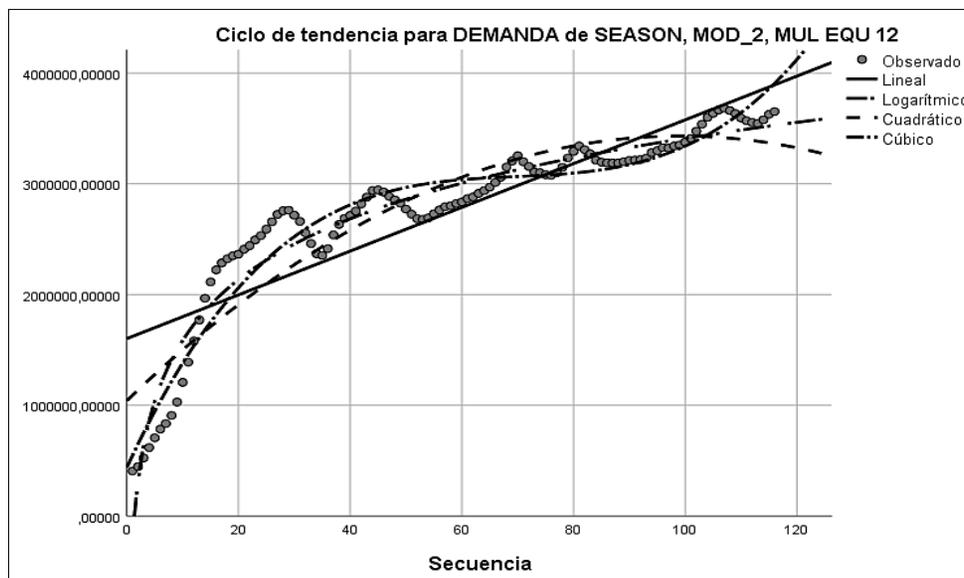
Para realizar predicciones se procede a ajustar la tendencia de la serie eligiendo entre una gama de modelos posibles (tabla 2; figura 12).

Tabla 2. Parámetros básicos de los modelos ajustados

Resumen de modelo y estimaciones de parámetro									
Variable dependiente: Ciclo de tendencia para DEMANDA de SEASON, MOD_2, MUL EQU 12									
Ecuación	Resumen del modelo				Estimaciones de parámetro				
	R cuadrado	F	gl1	gl2	Sig.	Constante	b1	b2	b3
Lineal	,754	348,512	1	114	,000	1602115,338	19750,909		
Logarítmico	,938	1712,043	1	114	,000	-240595,614	792737,415		
Cuadrático	,856	336,066	2	113	,000	1042246,059	48218,839	-243,316	
Cúbico	,937	555,033	3	112	,000	438459,365	108848,370	-1533,274	7,350

Fuente: elaboración propia.

Figura 12. Ajustes de distintos modelos al ciclo tendencia



Fuente: elaboración propia.

Así, los cuatro modelos resultan significativos ($\text{sig.} < 0,05$), y también resultaron significativos los coeficientes estimados. Sin embargo, el modelo logarítmico ofrece ventajas con un R cuadrado del 94 % como porcentaje de la variabilidad de los datos explicado por el modelo. De este modo fue posible generar el pronóstico de la demanda (validaciones) para el período comprendido entre marzo de 2020 y marzo de 2023, asumiendo, de este modo, un escenario sin crisis sanitaria con el cual comparar las cifras reales generadas a partir de la pandemia (figura 13).

Figura 13. Demanda real vs. demanda proyectada (marzo 2019 - marzo 2023)



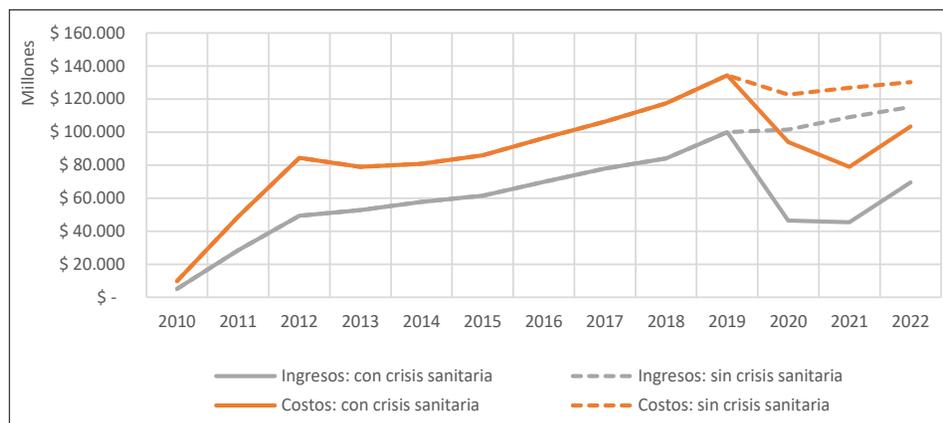
Fuente: elaboración propia.

Tomando como base los anteriores escenarios de la demanda (real y proyectado), se analiza a continuación el impacto financiero de la crisis sanitaria sobre el sistema de transporte.

3.3 Impacto financiero

Al establecer la comparación de indicadores en escenarios con y sin crisis sanitaria resulta evidente la afectación del sistema (figura 14). En primer lugar, los ingresos durante el trienio 2020-2022 —influido por las restricciones sanitarias— fueron muy inferiores a las cifras que podrían haberse esperado a partir de la tendencia de los años precedentes. Así, la diferencia porcentual entre los ingresos proyectados y los reales fue de -101,6 % durante el trienio, con especial afectación durante los dos primeros años (tabla 3).

Figura 14. Ingresos y costos anuales, reales y proyectados



Fuente: elaboración propia,

El escenario de la crisis sanitaria también evidenció un importante descenso en los costos del sistema durante el período 2020-2022 (figura 14), atribuible, en buena medida, a la reducción de gastos operativos asociados con la cantidad de buses programados durante la vigencia de restricciones a la movilidad⁵.

A su vez, la contrastación entre ingresos y costos (tabla 3) revela que con la pandemia se acumularon pérdidas del orden de 71 % durante el trienio, mientras que en un hipotético escenario sin crisis estas se habrían aproximado al 16,6, lo que plantea una reducción progresiva de las pérdidas anuales.

Tabla 3. Impacto de la crisis sanitaria en indicadores financieros del sistema (2020-2022)

INGRESOS ANUALES				
Año	Con crisis	Sin crisis	Diferencia	%
2020	\$46.536.953.300	\$ 101.588.839.015	-\$ 55.051.885.715	-118,3%
2021	\$45.474.459.100	\$ 108.989.595.026	-\$ 63.515.135.926	-139,7%
2022	\$69.600.049.300	\$ 115.210.550.100	-\$ 45.610.500.800	-65,5%
Total	\$ 161.611.461.700	\$ 325.788.984.141	-\$64.177.522.441	-101,6%
COSTOS ANUALES				
Año	Con crisis	Sin crisis	Diferencia	%
2020	\$ 94.036.102.845	\$ 122.753.180.000	-\$ 28.717.077.155	-30,5%
2021	\$ 78.982.038.281	\$ 126.839.230.000	-\$ 47.857.191.719	-60,6%
2022	\$ 103.385.096.729	\$ 130.296.670.000	-\$ 26.911.573.271	-26,0%
Total	\$ 276.403.237.855	\$ 379.889.080.000	-\$103.485.842.145	-37,4%
PÉRDIDAS ANUALES				
Año	Con crisis	%	Sin crisis	%
2020	-\$ 47.499.149.545	-102,1%	-\$ 21.164.340.985	-20,8%
2021	-\$ 33.507.579.181	-73,7%	-\$ 17.849.634.974	-16,4%
2022	-\$ 33.785.047.429	-48,5%	-\$ 15.086.119.900	-13,1%
Total	-\$ 114.791.776.155	-71,0%	-\$ 54.100.095.859	-16,6%

Fuente: elaboración propia.

4. Conclusiones

El análisis de la demanda del SITM evidenció un comportamiento estacional —típico de los sistemas urbanos de transporte— con una clara tendencia de crecimiento progresivo desde su puesta en marcha en 2010 hasta febrero de 2020. Sin embargo, resulta evidente que, durante ese decenio, el sistema operó generando pérdidas no neces-

⁵ Ver figura 6B.

riamente imputables al comportamiento general de las tarifas de servicios, pues estas muestran un crecimiento escalonado, relativamente uniforme a lo largo del tiempo. En este sentido, la tendencia creciente de los costos de operación —permanentemente superiores a los crecientes ingresos— sugieren la existencia de condiciones prefijadas en la estructura financiera de la empresa que afectan su viabilidad desde la puesta en marcha del sistema.

Más detalladamente, las cifras mostraron una tendencia decreciente de las pérdidas durante el periodo 2010-2013, y particularmente entre 2014 y 2019 alcanzaron una relativa estabilización, con porcentajes cercanos al 35%.

Con la irrupción de la crisis de 2020 se registraron las pérdidas más altas del sistema desde su puesta en marcha, con una diferencia entre ingresos y costos equivalente a -102 % solo para ese año.

Los principales impactos en la movilidad se produjeron por consecuencia de la reducción drástica de la demanda, cambios en los patrones de movilidad y disminución de ingresos por tarifas. Durante los primeros meses de la pandemia, las medidas de confinamiento y distanciamiento social llevaron a una reducción drástica de la demanda de transporte público; los usuarios evitaban viajar para minimizar el riesgo de infección, lo que resultó en una disminución significativa de pasajeros en los buses y estaciones de Transmetro.

A medida que se implementaban medidas de cuarentena y toques de queda, los patrones de movilidad cambiaron. La demanda de transporte público se concentró más en ciertas áreas, como los hospitales y centros de abastecimiento, mientras que disminuyó en otros sectores, como el comercial y el educativo. Esto planteó desafíos para la planificación de rutas y frecuencias. A su vez, la reducción de pasajeros llevó a una disminución significativa de los ingresos por tarifas, lo que afectó directamente los ingresos de Transmetro. La empresa tuvo que lidiar con la necesidad de mantener operaciones esenciales mientras veía disminuir sus ingresos.

La disminución generalizada de la actividad económica debido a la pandemia resultó en una caída de los ingresos tributarios y las tasas municipales. Esto afectó las finanzas públicas de la ciudad, ya que había menos ingresos disponibles para financiar servicios públicos, incluido el sistema de transporte.

Junto a las medidas de choque implementadas por la empresa a nivel operativo durante la crisis, se observó una leve recuperación y estabilización de los ingresos, sin embargo, en 2022 el nivel de ingresos llegó a ser similar al observado seis años atrás.

Así, los impactos generados durante 2020-2022 marcan una significativa involución de las finanzas del SITM. La contrastación entre este escenario y la proyección de los datos históricos indica que, sin la crisis, podría haberse generado una muy importante reducción de pérdidas, al punto que, en 2022, estas solo equivaldrían a un tercio de las cifras reales bajo el impacto de la pandemia por Covid-19.

Referencias

- Amaya, G. (2021). Transmetro, con la cifra más baja de usuarios movilizados en cinco años. *El Heraldo*. <https://www.elheraldo.co/barranquilla/transmetro-con-la-cifra-mas-baja-de-usuarios-movilizados-en-cinco-anos-786310>
- Banco de la República. (2020). Impacto económico regional del Covid-19 en Colombia: un análisis insumo-producto. https://investiga.banrep.gov.co/es/dtser_288#:~:text=Los%20principales%20resultados%20se%20C3%B1alan%20unas,%20C1%25%20del%20PIB%20nacional
- EBP US (2020). The Impact of the COVID-19 Pandemic on Public Transit Funding Needs in the U.S. Disponible en: <https://www.apta.com/wp-content/uploads/APTA-COVID-19-Funding-Impact-2020-05-05.pdf>
- Forbes (2021). Suspenden operaciones de Transmetro por crisis financiera. <https://forbes.co/2021/06/15/actualidad/suspenden-operaciones-de-transmetro-por-crisis-financiera/>
- Islas, V. y Rivera, C. (2002). La Demanda de Transporte y el Proceso de Planificación Analítica. <https://www.iai.int/admin/site/sites/default/files/uploads/09-2004-URB-La-demanda-de-transporte-y-el-proceso-de-planif-analitica.pdf>
- Lozzi, G, Rodrigues, M, Marcucci, E, Teoh, T, Gatta, V, Pacelli, V. (2020), Research for TRAN Committee - COVID-19 and urban mobility: impacts and perspectives, European Parliament, Policy Department for Structural and Cohesion Policies, Brussels.
- Suárez, O. (2017). Determinantes de la demanda de transporte público y privado en Barranquilla: Caso de la Universidad del Norte. <https://manglar.uninorte.edu.co/handle/10584/10981#page=1>