

CALIDAD DEL SERVICIO Y SOSTENIBILIDAD FINANCIERA DEL MIO

**ISABEL CRISTINA POLANÍA BALCÁZAR
MARCELA GONZÁLEZ GONZÁLEZ**

**UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CALI
NOVIEMBRE 2015**

CALIDAD DEL SERVICIO Y SOSTENIBILIDAD FINANCIERA DEL MIO

**ISABEL CRISTINA POLANÍA BALCÁZAR
MARCELA GONZÁLEZ GONZÁLEZ**

Proyecto de Grado para optar el título de Ingeniero Industrial

**Director proyecto
FERNANDO ANTONIO ARENAS GUERRERO**

**UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CALI
NOVIEMBRE 2015**

CONTENIDO

RESUMEN	8
INTRODUCCIÓN	9
1 CAPÍTULO I. Definición del Problema	10
1.1 Contexto del Problema.....	10
1.2 Análisis y Justificación	13
1.3 Formulación del Problema.....	13
2 CAPITULO II. Objetivos	14
2.1 Objetivo General	14
2.2 Objetivo del Proyecto.....	14
2.3 Objetivos Específicos	14
2.4 Entregables	14
3. CAPÍTULO III. Marco de Referencia	15
3.1 Antecedentes o Estudios Previos	15
3.2 Marco Teórico.....	17
3.2.1 Sistemas BRT:	17
3.2.1.1 BRT en Colombia:	17
3.2.1.1.1 Sistema de Transporte Masivo Integrado de Occidente (MIO):	17
3.2.2 Sostenibilidad Financiera en Sistemas de Transporte:	20
3.2.3 Dinámica de sistemas:	21
3.2.3.1 Diagrama Causal:	21
3.2.3.2 Ciclos de retroalimentación:	21
3.2.3.3 Diagramas de nivel y flujo:	23
3.2.3.4 Arquetipo sistémico	24
3.2.3.4.1 Arquetipo de límites de crecimiento	24
3.3 Aporte Intelectual	27
4. CAPITULO IV. Metodología	29
4.1 Recolección de Información.....	29
4.1.1 Análisis conjunto	29
4.2 Modelamiento del problema.....	30
4.2.1 Articulación del problema	30

4.2.2	Planteamiento de la hipótesis dinámica	31
4.2.3	Formulación del modelo de simulación	32
4.2.4	Revisión	32
4.2.5	Diseño de recomendaciones	32
5.	CAPITULO V. Estructura del modelo	33
5.1	Variables del modelo	33
5.2	Información de los parámetros.....	34
5.3	Modelo de simulación.....	36
6.	CAPITULO VI. Resultados	40
6.1	Recomendaciones y Conclusiones.....	44
6.2	Artículo Académico	46
	BIBLIOGRAFÍA	47

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Estadísticas del DANE sobre el transporte urbano en Colombia	10
Tabla 2. Índice de pasajeros por vehículo	11
Tabla 3. Estadísticas del DANE sobre el MIO	12
Tabla 4. Índice de pasajeros por vehículo	12
Tabla 5. Ponderaciones para medir la calidad del servicio	20
Tabla 6. Factores de atractividad	35

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ciclos	22
Ilustración 2. Ciclo Reforzador	22
Ilustración 3. Ciclo Compensador	23
Ilustración 4. Diagramas de nivel y flujo	24
Ilustración 5. Crecimiento en forma de S	25
Ilustración 6. Crecimiento en forma de S con impulso.....	26
Ilustración 7. Sobrepasamiento y colapso.....	27
Ilustración 8. Modelo causal del sistema de transporte MIO.....	33
Ilustración 9. Componentes del costo operacional para un TMRB	35
Ilustración 10. Subsistema Financiero.....	37
Ilustración 11. Subsistema Usuarios.....	38
Ilustración 12. Subsistema Flota	39
Ilustración 13. Gastos Operativos	41
Ilustración 14. Ingresos Operativos.....	41
Ilustración 15. Atractividad del MIO.....	42
Ilustración 16. Usuarios del MIO	42
Ilustración 17. Usuarios por Recorrido.....	43
Ilustración 18. Flujo de Caja Operativo	43

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Cronograma	49
Anexo 2. Parámetros del modelo.....	50
Anexo 3. Encuesta de percepción ciudadana sobre el sistema de transporte masivo MIO	50
Anexo 4. Resultados Encuestas	52
Anexo 5. Ecuaciones del modelo de simulación	52
Anexo 6. Modelo de simulación	59
Anexo 7. Artículo académico	60

RESUMEN

El sistema de transporte Masivo Integrado de Occidente (MIO) se ha enfrentado a través del tiempo a varias crisis financieras debido a múltiples factores. Los operadores del sistema han acudido a la reducción de gastos operativos (presupuesto de mantenimiento, buses en circulación) como solución de corto plazo. El siguiente artículo busca, a través de la simulación de un modelo basado en dinámica de sistemas, describir el desempeño operativo y financiero de este medio de transporte en cuatro escenarios: un escenario base que sirve como referencia, un segundo escenario donde se reducen los gastos operativos por medio de la disminución en el presupuesto de mantenimiento, un tercer escenario donde se reducen los gastos operativos a través de la salida de un número significativo de buses del sistema y una cuarta simulación donde se aumenta el precio de viaje a \$2000. Los resultados encontrados muestran que al tomar este tipo de decisiones, la reducción de los gastos operativos es evidente y significativa, sin embargo a largo plazo generan consecuencias sobre el flujo de caja operativo que podrían ahondar la crisis.

INTRODUCCIÓN

Para el buen funcionamiento de un sistema de transporte público se necesita llegar a un punto de sostenibilidad donde los ingresos sean mayores o iguales a los egresos. Específicamente, en Santiago de Cali, el sistema de transporte Masivo Integrado de Occidente (MIO) ha tenido problemas financieros desde años atrás; en sus inicios el MIO fue acogido por los usuarios como una fuente de buen servicio, sin embargo al pasar el tiempo se hizo cada vez más latente el descontento por parte de los caleños ya que aumentó el tiempo de espera y la cantidad de pasajeros por vehículo. Sus síntomas empezaron a ser más visibles a partir del año 2012, tal como lo evidencia un artículo publicado por el periódico El País el 26 de junio de ese año donde se expone que “pese a los beneficios que el sistema de transporte ha traído para Cali, el proyecto afronta un agudo desfase financiero que pone en peligro su operación.” (ElPaís, Crisis financiera de transportadores del MÍO prende las alarmas en el sistema, 2012), este riesgo se ha convertido en realidad a lo largo de los años alcanzando puntos críticos como los vividos en el 2013 cuando se suspendieron algunas rutas debido a la falta de efectivo para suministrar combustible a los vehículos, afectando a los usuarios y causando descontento en los mismos (ElPaís, Preocupación en Cali por crisis económica de los operadores del MÍO, 2013).

A medida que esta situación empeoraba, las personas empezaron a preferir medios de transporte sustitutivos, generando menos ingresos para el MIO con pérdidas de aproximadamente \$3.360 millones de pesos (DANE, Comunicado de prensa, 2014), disminución en la reinversión y en términos generales un círculo vicioso que podría llegar a acabar con dicho sistema. En junio del año 2015 las empresas operadoras del MIO declararon: “vamos a tener deficiencias en el servicio por cuenta de la falta de recursos para pagar repuestos y mantenimiento de los vehículos” por lo tanto “dejarán de rodar unos 300 buses, lo que afectará la prestación del servicio en toda la ciudad” (ElPaís, Por crisis financiera dejarán de rodar 300 buses del MÍO, 2015).

En este trabajo se plantea un modelo de simulación que tiene en cuenta diversos factores de atractividad del MIO (aquellos factores que hacen que un usuario prefiera utilizar este tipo de transporte (Orozco & Arenas, 2013)) y cómo estos pueden ser afectados por políticas de reducción de gastos que involucran la disminución del presupuesto de mantenimiento para los vehículos, el retiro de buses del servicio o el aumento del precio del pasaje.

1 CAPÍTULO I. Definición del Problema

1.1 Contexto del Problema

Para el buen funcionamiento de un sistema de transporte público se necesita llegar a un punto de sostenibilidad donde los ingresos sean mayores o iguales a los egresos. Actualmente, el sistema de transporte público en Colombia no brinda un servicio de buena calidad para los usuarios de acuerdo con la tabla 1, que muestra los resultados de la encuesta de transporte urbano (buses, busetas, masivo, etc.) realizada por el DANE durante el primer trimestre del 2014, comparados con el mismo periodo del 2013. En esta tabla se observa que el promedio mensual de vehículos afiliados ha disminuido, al igual que el promedio mensual de vehículos en servicio. Sin embargo, el número total de pasajeros transportados ha aumentado, lo cual puede ocasionar un deterioro en el servicio (Orozco & Arenas, 2013) ya que el número de usuarios por vehículo ha incrementado como se muestra en la tabla 2.

Tabla 1. Estadísticas del DANE sobre el transporte urbano en Colombia

VARIABLES	I TRIM 2013	I TRIM 2014	VARIACIÓN % ANUAL
Promedio mensual de vehículos afiliados	42.322	41.934	-0.9
Promedio mensual de vehículos en servicio	37.367	36.974	-1.1
Total pasajeros transportados (miles)	960.515	972.221	1,2

Fuente: (DANE, Boletín de prensa Encuesta de Transporte Urbano de Pasajeros, 2014)

Tabla 2. Índice de pasajeros por vehículo

Usuarios por vehículo I trim 2013	Usuarios por vehículo II trim 2013
25.704	26.294

Fuente: Los autores

Específicamente, en Santiago de Cali, el sistema de transporte MIO ha tenido problemas financieros desde años atrás; sus síntomas empezaron a ser más visibles a partir del año 2012, tal como lo evidencia un artículo publicado por el periódico El País el 26 de junio de este año donde se expone que “pese a los beneficios que el sistema de transporte ha traído para Cali, el proyecto afronta un agudo desfase financiero que pone en peligro su operación.” (ElPaís, Crisis financiera de transportadores del MÍO prende las alarmas en el sistema, 2012), este riesgo se ha convertido en realidad a lo largo de los años alcanzando puntos críticos como los vividos en el 2013 donde se suspendieron algunas rutas debido a la falta de efectivo para suministrar combustible a los vehículos, afectando a los usuarios y causando descontento en los mismos (ElPaís, Preocupación en Cali por crisis económica de los operadores del MÍO, 2013). Dicha repetitiva y preocupante situación, ha desembocado en una problemática que involucra repetidas huelgas de los conductores por retraso en el pago de sus salarios, prima y pensión (NoticiasCaracol, 2014), paros de los trabajadores de Aseo Integrado Masivo, quienes son encargados del mantenimiento de las estaciones (ADN, Operarios de aseo del MIO, en paro por pagos, 2014) y descontento de los empleados de las empresas que prestan el servicio de seguridad en el sistema. (ADN, Preocupación por la seguridad en el MIO, 2015)

En cuanto al servicio, se puede deducir, a partir de la tabla 3, que el MIO ha presentado una disminución de pasajeros del 5.5% y un decremento en el parque automotor del 13.1% desde el tercer trimestre del 2013 al mismo periodo del 2014. La reducción en el número de vehículos es mayor que la de los usuarios, por lo tanto, la cantidad de pasajeros por vehículo ha aumentado (ver tabla 4), disminuyendo la calidad del servicio.

Tabla 3. Estadísticas del DANE sobre el MIO

VARIABLES	III TRIM 2013	III TRIM 2014	VARIACIÓN % ANUAL
Total de usuarios (millones)	38.7	36.6	-5.5
Parque automotor activo	711	618	-13.1

Fuente: (DANE, Comunicado de prensa, 2014)

Tabla 4. Índice de pasajeros por vehículo

Pasajeros por vehículo I trim 2013	Pasajeros por vehículo II trim 2013
54.430	59.223

Fuente: Los autores

La disminución de los usuarios, ha ocasionado pérdidas de \$ 3.360 millones, poniendo en riesgo la sostenibilidad del sistema de transporte. Sin embargo, los usuarios que no utilizan el MIO tampoco se han trasladado a sistemas de transporte tradicionales, ya que las cifras de números de usuarios de estos han disminuido en un 6.4% y el promedio mensual de vehículos en servicio en un 11.1%, esto sugiere que los ciudadanos están prefiriendo otros tipos de transporte informales o la compra de vehículos, motocicletas, etc. (DANE, Comunicado de prensa, 2014). Lo anterior es reafirmado en un artículo publicado por el periódico El País que se basa en la encuesta “Cali Como Vamos”, en donde se expone que el 83% de los usuarios que utilizan el MIO no está conforme con el servicio, por lo que buscan otros medios de transporte de carácter informal. (ElPaís, Bajarse del carro, un desafío de Cali para superar crisis de movilidad, 2015)

Para la realización de este proyecto de grado, se enfocará el alcance a la zona sur de Cali dado que según la encuesta de percepción ciudadana “Cali Como Vamos” 2012 “donde más se utiliza el MIO es en los estratos medios y en el sur de la ciudad” (CaliComoVamos, 2012), esto puede ocasionarse ya que es una zona de destino para las personas con alta movilidad, es decir estudiantes y trabajadores que se dirigen hacia colegios, universidades y empresas.

1.2 Análisis y Justificación

La movilidad urbana es un factor crítico de la calidad de vida en las ciudades, por lo tanto es responsabilidad del gobierno garantizar un servicio de buena calidad para los usuarios. En Cali, se acaba de realizar una importante inyección de capital (WebNoticias, 2014) que se espera cambie el nivel de servicio y por ende la sostenibilidad financiera del sistema de transporte masivo MIO, sin embargo, pareciera que no se están teniendo en cuenta los factores de atractividad (calidad, tiempo y precio), lo que genera serios riesgos en el balance económico del MIO. Esto se puede confirmar a través de la percepción de James Gómez, presidente de Urbavial que en una entrevista para el periódico El País asegura: “así como va, el MÍO no será sostenible en 10 años y dejará de ser una prioridad para la tercera parte de los caleños que lo usan hoy. Esa proporción de usuarios podría ser inferior si el sistema no logra mayor eficiencia y calidad en el servicio” (ElPaís, Bajarse del carro, un desafío de Cali para superar crisis de movilidad, 2015); lo anterior demuestra que se deben tomar medidas para remediar esta situación. A través del desarrollo de un modelo de simulación que tenga en cuenta variables que en estudios anteriores se han considerado importantes (Orozco & Arenas, 2013), se quiere contribuir al diseño de políticas que brinden sostenibilidad al sistema de transporte masivo, tanto para Cali como para otras ciudades.

1.3 Formulación del Problema

La sostenibilidad financiera del sistema de transporte MIO es decreciente e incierta. Recientemente se ha inyectado capital para solucionar, al menos temporalmente, esta situación. Sin embargo existe una alta incertidumbre respecto a la posibilidad de repetir dicho escenario en el futuro, debido a la complejidad que se origina en la interacción de los diversos subsistemas presentes en un sistema de transporte como lo es MIO (social, financiero, operativo, etc.). Si no se estudia esta problemática, se corre el riesgo de experimentar una nueva crisis financiera posteriormente.

2 CAPITULO II. Objetivos

2.1 Objetivo General

Contribuir al diseño de políticas para la sostenibilidad del sistema de transporte masivo MIO.

2.2 Objetivo del Proyecto

Desarrollar un modelo de simulación que contribuya al diseño de políticas para la sostenibilidad del sistema de transporte masivo MIO.

2.3 Objetivos Específicos

- Identificar las variables que harán parte del modelo.
- Recolectar información de los parámetros que se ingresarán al modelo (atractividad-información financiera-población objetivo).
- Elaborar el modelo y las simulaciones.
- Analizar los datos provenientes de las simulaciones.
- Formular recomendaciones tendientes a lograr la sostenibilidad.
- Redactar un artículo para publicación en revista académica.

2.4 Entregables

- Variables del modelo.
- Información de los parámetros.
- Modelo de simulación.
- Análisis de los datos.
- Sugerencias que ayuden a alcanzar la sostenibilidad.
- Artículo para publicación en revista académica.

3. CAPÍTULO III. Marco de Referencia

3.1 Antecedentes o Estudios Previos

Temas como sostenibilidad financiera, modelos de dinámica de sistemas, políticas de transporte urbano y transporte masivo han sido estudiados en diferentes partes del mundo incluida Colombia. Las investigaciones que sirven como punto de referencia y se encuentran más afín con la temática de este proyecto de grado, gracias a su contenido, se presentan a continuación:

A nivel internacional se realizó un modelo que relaciona la dinámica de sistemas con la econometría. La simulación del modelo permite observar los efectos a mediano y largo plazo de las políticas de transporte urbano encaminadas hacia la sostenibilidad económica, analizando el resultado de tres escenarios: el primero comprende la regulación de finanzas que se aplica para el transporte público debido a la restricción de presupuesto para este sistema; el segundo se enfoca en la relación de los parámetros precio-tiempo y el tercero es un modelo de colas que representa la congestión y acumulación que se produce en el sistema (Raux, 2003). Este artículo sirve como base para realizar la simulación de un sistema de transporte urbano aplicando la dinámica de sistemas.

A nivel nacional, se han realizado algunos estudios que aplican la dinámica de sistemas o mencionan temas relacionados con la sostenibilidad financiera en el transporte:

- El artículo desarrollado para el 9° encuentro de dinámica de sistemas en la Universidad del Rosario, expone la modelación de una problemática basada en el constante crecimiento de la demanda de los usuarios de Transmilenio S.A. en Bogotá y el carácter limitado que presenta este sistema de transporte. En el texto se mencionan los parámetros influyentes, las herramientas utilizadas para analizar la situación y resaltan la variación en el comportamiento de los usuarios, causada por el cambio en variables como precio, cobertura, entre otras (Moscoso, Perdomo, Perdomo, & Mayorga, 2011), aspecto que se debe tener muy en cuenta en este proyecto de grado al momento de simular la problemática del MIO.

- Un estudio realizado al Transmilenio con el que se señala que para lograr parte de la sostenibilidad, un sistema de transporte debe cubrir los costos de operación con los pasajes de los usuarios, es por eso que el Transmilenio tiene un carácter autosostenible ya que no presenta problemas financieros con los agentes privados por deudas o incumplimientos, a pesar de que sus ingresos son divididos entre los recaudadores, operadores troncales y de alimentación, agente fiduciario y la entidad misma como tal (González & Bonilla, 2006).
- Un trabajo de grado donde se muestra la forma de construir y mejorar una herramienta que ayude a modelar el sistema de transporte urbano en Bogotá y simular esta situación. El estudio inicia con el establecimiento de las variables que influyen en el transporte, después la construcción del modelo que incluye el horizonte de tiempo, modelo conceptual, diagrama de ciclos causales, hipótesis dinámica, diagrama de niveles y flujos para finalmente simular y evaluar los posibles escenarios (Amarillo, 2011) . Lo anterior puede servir de guía para la construcción de la metodología de este trabajo.
- En Cali, se plantea una postura crítica hacia el sistema de transporte MIO respecto al avance en la infraestructura, satisfacción de los usuarios y en cuanto a la sostenibilidad financiera, es decir, en lo relacionado con los operadores (Gómez, 2011). Esta investigación servirá como base a la hora de determinar elementos que puedan afectar la decisión de los usuarios y que se deben tener en cuenta en el modelo de simulación.
- Finalmente, parte del nacimiento y desarrollo de este proyecto de grado proviene de un artículo que describe el análisis del sistema de transporte tipo BRT (bus rapid transit) MIO. Los autores, teniendo en cuenta los principales elementos que influyen en el sistema de transporte, plantea tres escenarios posibles para el futuro comportamiento del mismo (Orozco & Arenas, 2013). Es importante mencionar que los aspectos determinados por el estudio mencionado anteriormente (costo-tiempo-calidad) y que fundamentan la toma de decisiones de un usuario a la hora de elegir el mejor medio de transporte, servirán de base para el presente trabajo de grado.

3.2 Marco Teórico

Después de una búsqueda en la literatura, se encontró que para el desarrollo de este proyecto de grado es necesario dividir los fundamentos teóricos en tres ejes principales: sistemas BRT, sostenibilidad financiera en sistemas de transporte y dinámica de sistemas. A continuación se describe cada uno de ellos, junto con las subdivisiones respectivas.

3.2.1 Sistemas BRT:

BRT (bus rapid transit, por sus siglas en inglés) se define como “una forma flexible de tránsito rápido con neumáticos de caucho que combina estaciones, vehículos, servicios, modos de funcionamiento y tecnologías de la información en un sistema integrado con fuerte identidad” (Levinson, y otros, 2003). Su crecimiento se ha concentrado en la zona de Latinoamérica, donde se ha logrado implementarlo en más de 45 ciudades. Este tipo de transporte se caracteriza por tener un desarrollo de infraestructura que da prioridad al sistema de transporte público sobre otros medios; su tarifa se paga antes de tomar el bus, lo cual permite un acceso más rápido al sistema. Además, facilita la conectividad y el uso eficiente del espacio vial urbano, aumenta la capacidad para transportar a los usuarios y tiene un carácter asequible, rápido, confiable, entre otros (Rodríguez & Vergel, 2013).

3.2.1.1 BRT en Colombia:

En ciudades como Cali, Cartagena y Pereira se han desarrollado sistemas de transporte tipo BRT, todos basados en el modelo existente del Transmilenio en la ciudad de Bogotá, que a su vez tomó como ejemplo el sistema de Curitiba, Brasil. Los modelos mencionados se implementaron como consecuencia de una evaluación de las grandes desventajas de no tenerlos que tienen que ver con el tiempo de viaje, contaminación, infraestructura, etc. (Departamento Nacional de Planeación, 2008)

3.2.1.1.1 Sistema de Transporte Masivo Integrado de Occidente (MIO):

Es un sistema de transporte que inició su operación a partir del 2008 en la ciudad de Santiago de Cali, el cual tiene como objetivo principal

brindar un servicio de transporte a los usuarios a través de buses articulados y padrones que tienen corredores troncales para transitar. También tiene como finalidad poner a disposición de los usuarios buses de menor tamaño (alimentadores) que soporten el sistema. Otro propósito relevante de la ejecución del proyecto del MIO es la disminución en las emisiones de gases como consecuencia de un mayor aprovechamiento de los recursos (Academia de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, 2003). Algunos componentes importantes de este sistema de transporte son:

- **Buses:** El MIO cuenta con tres tipos de buses: el primero son los articulados, que son de color azul, tienen paradas en las estaciones y una capacidad de 160 pasajeros. El segundo son los padrones, que también son de color azul, tienen paradas en las estaciones y lugares determinados de las principales avenidas de la ciudad, cuentan con una capacidad de 80 personas. El tercero son los alimentadores, los cuales paran en lugares específicos de los barrios de Cali, pueden ser de color verde o naranja, los primeros tienen capacidad de 60 personas, mientras que los segundos de 40. (MIO)
- **Infraestructura:** El MIO cuenta con una infraestructura basada en corredores de tres tipos: troncales, pretroncales y complementarios. Los primeros son los que cuentan con un carril exclusivo en las avenidas más importantes de Cali, es decir, son separados físicamente de los demás carriles en los que circulan vehículos, cuentan con estaciones y se utilizan principalmente para el tránsito de buses de mayor capacidad, aunque también existe la posibilidad de que circulen padrones. Por otro lado, los corredores pretroncales y complementarios son las rutas que siguen los buses padrones y alimentadores, estas no poseen carril exclusivo, son más cortas y tienen paraderos. (Academia de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, 2003)

En general, el MIO tiene una infraestructura total de 243 kilómetros que incluye corredores troncales, pretroncales y complementarios. También se ha hecho una inversión en puentes vehiculares, acceso peatonal, adecuación de vías,

mejoramiento de intersecciones, etc. (Academia de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, 2003)

- **Centro de operación:** El MIO para tener vigilancia, establece un centro de operaciones en donde se analiza la información proveniente de los buses y las estaciones para establecer mejoras o ajustes (Academia de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, 2003). Esto requiere que haya un control de la circulación de los articulados y padrones por las estaciones basado en la definición de la frecuencia por cada línea en los carriles exclusivos y a través de un sistema satelital que permite conocer la ubicación de cada bus en circulación además, da a conocer si se está cumpliendo con las velocidades y rutas (Moller, 2010).
- **METROCALI S.A:** Es la empresa titular del MIO y la encargada de organizar “los aspectos relativos a su construcción, operación, mantenimiento y demás actividades conexas relacionadas con el mismo. Algunas funciones específicas son: planeación de la operación y posible expansión del sistema, revisión periódica de la programación de servicios ajustando el balance oferta-demanda, controlar e inspeccionar la operación y llevar las estadísticas del funcionamiento y calidad de la operación. Supervisar la operación de los vehículos, el cumplimiento de los compromisos contractuales con los operadores y el estado de los buses” (Academia de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, 2003).
- **Sistema de recaudo:** En cuanto al aspecto financiero, esta alternativa de transporte tiene un sistema de recaudo subcontratado a una entidad privada que es independiente de los demás operadores (Departamento Nacional de Planeación, 2008). La regulación del sistema está a cargo del Ministerio de Transporte y se ha enfocado principalmente en tarifas por precios, lo que le da ciertos beneficios al operador privado en los pactos (Gómez, 2011).

- **Indicadores de medición:** Los índices para medir la calidad de servicio que brinda el sistema de transporte tomando en cuenta parámetros como regularidad, puntualidad, operación y estado de los buses se muestran en la tabla 5. Para cada criterio, se asigna una ponderación establecida por Metrocali con el fin de cuantificar la calidad del servicio de cada operador (Grupo de gestión y tecnología S.A, 2006). Dichas ponderaciones permiten conocer a los autores cómo Metrocali tiene enfocada su medición de la calidad del servicio.

Tabla 5. Ponderaciones para medir la calidad del servicio

Índice	Código	Ponderación	
Regularidad	IR	P1	10%
Puntualidad	IP	P2	10%
Operación	IO	P3	20%
Estado unidades	IE	P5	15%
Otros			45%

Fuente: Adaptado de Grupo de gestión y tecnología S.A (2006)

La categoría otros corresponde a los índices: accidentalidad, desempeño ambiental y estado de la infraestructura. No se tendrán en cuenta ya que se encontraban fuera del alcance de esta investigación.

3.2.2 Sostenibilidad Financiera en Sistemas de Transporte:

Un sistema de transporte urbano sostenible es aquel que satisface las necesidades básicas de movilidad que tiene todo ser humano, ayuda a reducir la pobreza, protege a los usuarios vulnerables, reduce los efectos ambientales, es asequible y eficiente. Cabe mencionar, que sus tres ejes principales son la eficiencia, el medio ambiente y la equidad. Es importante aclarar, que la sostenibilidad financiera se logra cuando los ingresos se equilibran con los gastos, ya sea que se igualen o se excedan. Normalmente, cuando esto no se logra es porque existen problemas subyacentes que no se evidencian de manera fácil y afectan considerablemente la financiación del sistema (Sakamoto, Belka, & Metschies, 2010).

En cuanto a autosostenibilidad de un sistema de transporte se refiere a la compilación de dos ámbitos, el primero es el referente al servicio que se le da al usuario, mientras que el segundo tiene que ver estrechamente con el ámbito financiero. En el artículo se establece que para alcanzar parte de la sostenibilidad se deben cubrir los costos de operación con los ingresos de los pasajes (González & Bonilla, 2006).

3.2.3 Dinámica de sistemas:

Con relación a la teoría de dinámica de sistemas, se tendrán en cuenta los siguientes aspectos consultados en su mayoría en el libro Business Dynamics escrito por John Sterman:

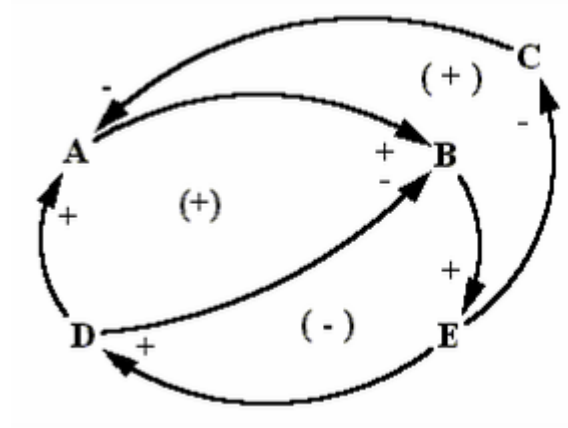
3.2.3.1 Diagrama Causal:

Es un diagrama que recoge los elementos clave del sistema y las relaciones causales que existen entre ellos, las cuales son representadas a través de flechas, acompañadas de un signo positivo (+), si la relación es directa, es decir, cuando un cambio en la variable de origen produce un cambio en el mismo sentido en la variable de destino. Ejemplo: si la variable A disminuye genera una disminución de la variable B. También se usa un signo negativo (-) cuando el efecto producido es contrario, es decir, si A aumenta, B disminuye. (García, 2010)

3.2.3.2 Ciclos de retroalimentación:

Consiste en una cadena cerrada de relaciones causales. Su importancia radica en comprender cómo la estructura de un sistema provoca su comportamiento. Los ciclos de retroalimentación se pueden definir como positivos (también llamado círculo vicioso) cuando el número de relaciones negativas es par, lo cual hace que el modelo sea inestable, independientemente del punto de partida, ya que causan crecimiento, evolución y colapso de los sistemas. Así mismo existen los ciclos negativos cuando el número de relaciones negativas es impar, esto lleva al modelo a una situación de estabilidad (García, 2010). En la ilustración 1 se presenta un ciclo de retroalimentación negativa.

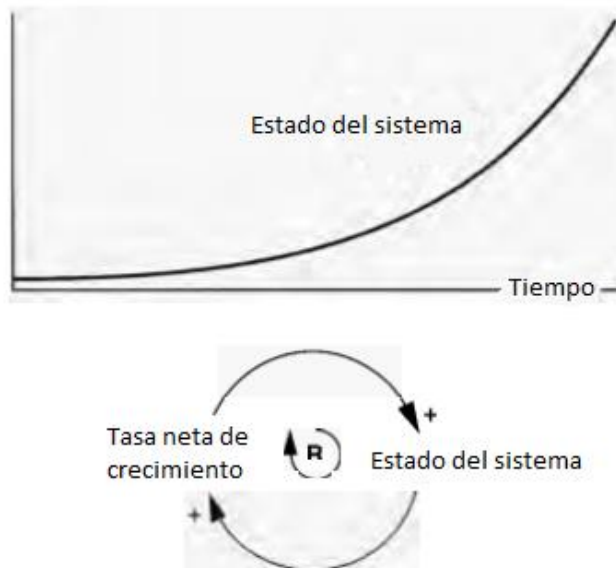
Ilustración 1. Ciclos



Fuente: (García, 2010)

- **Ciclo Reforzador:** Permite estructurar el comportamiento creciente de un sistema, en ocasiones se representa con la letra R. Sus efectos se fundamentan en un crecimiento exponencial cada vez más acelerado que en algunos casos puede llegar al colapso. (Sterman, 2000).

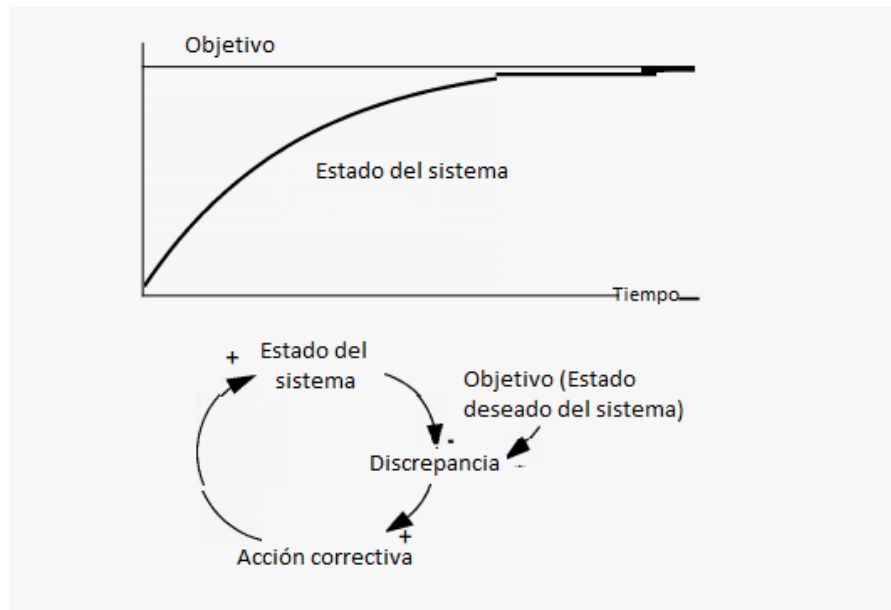
Ilustración 2. Ciclo Reforzador



Fuente: Adaptado de Sterman (2000)

- Ciclo Compensador: Permite equilibrar el comportamiento del sistema, en ocasiones se representa con la letra B. Busca balance, llevando el sistema hacia un objetivo o estado ideal, lo hace por medio de la limitación del crecimiento y la compensación de influencias que pueden alejar el sistema de la finalidad. En la ilustración 3 se expone un ciclo compensador (Sterman, 2000).

Ilustración 3. Ciclo Compensador

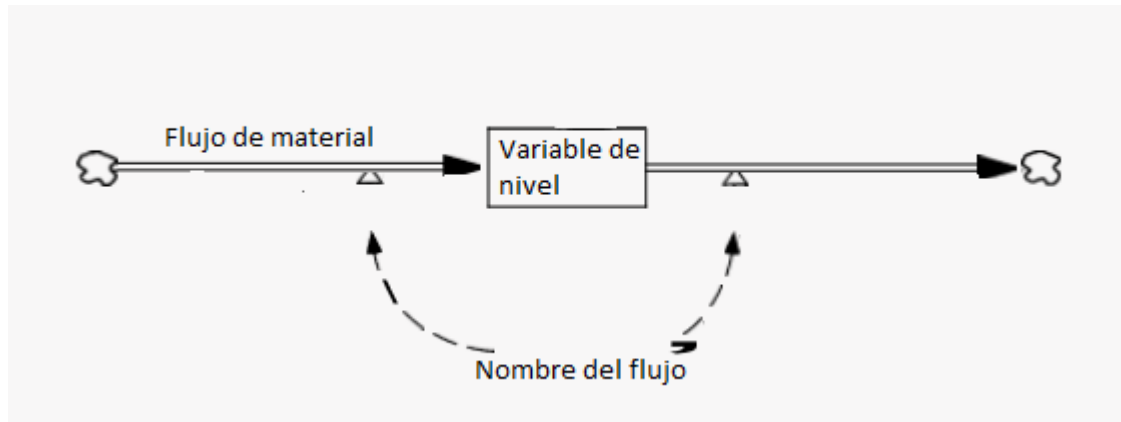


Fuente: Adaptado de Sterman (2000)

3.2.3.3 Diagramas de nivel y flujo:

Los diagramas de nivel permiten acumular los valores de una variable a través del tiempo, se representan con la forma de un cuadro. Los flujos que se identifican mediante flechas, muestran las entradas y salidas de las variables de nivel. Adicionalmente, se grafican las válvulas que controlan los flujos y las nubes que simbolizan las fuentes o tanques. Todos estos elementos se pueden observar en la ilustración 4 (Sterman, 2000).

Ilustración 4. Diagramas de nivel y flujo



Fuente: Adaptado de Sterman (2000)

3.2.3.4 Arquetipo sistémico

Son comportamientos repetitivos que sigue un sistema, los cuales permiten construir hipótesis acerca de los elementos que influyen en este. Los arquetipos también ayudan a aclarar esquemas mentales sobre diferentes sistemas y resolver problemáticas presentes en ellos (Sterman, 2000).

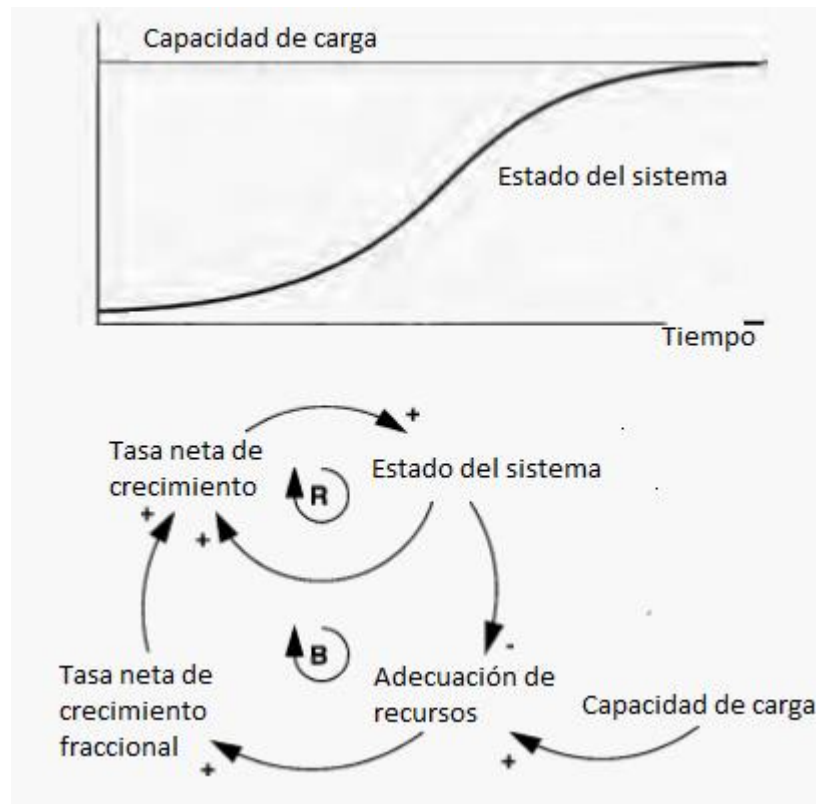
3.2.3.4.1 Arquetipo de límites de crecimiento

Permite evidenciar la variabilidad en el tiempo del balance de los elementos que influyen en el sistema. Inicialmente se experimenta un proceso de crecimiento debido a los efectos causados por los ciclos reforzadores, sin embargo, después de un tiempo se llega a un límite como consecuencia de la reacción ante el crecimiento o una restricción en los recursos, cuando esto sucede se desarrolla un ciclo compensador que produce desaceleración en el incremento (Sterman, 2000).

- **Crecimiento en forma de S:** en un principio el crecimiento es exponencial, luego gradualmente empieza a disminuir hasta alcanzar el nivel de equilibrio como se muestra en la ilustración 5. Para entenderlo mejor se puede hacer referencia al concepto de capacidad de carga, cuando los individuos alcanzan su máxima capacidad, los recursos por personas disminuyen. En este sistema

los ciclos negativos no deben incluir algún tipo de retraso de tiempo que sea significativo y la capacidad de carga debe ser fija (Sterman, 2000).

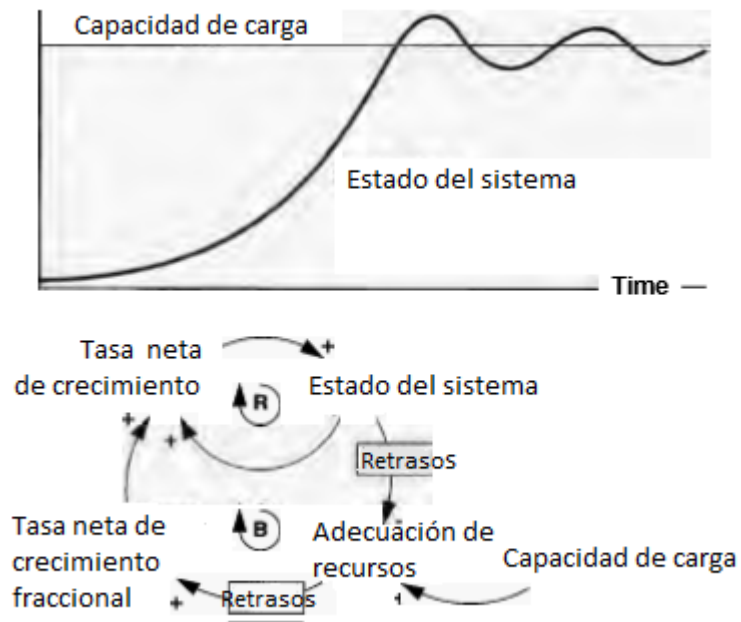
Ilustración 5. Crecimiento en forma de S



Fuente: Adaptado de Sterman (2000)

- **Crecimiento en forma de S con sobrepasamiento:** los retrasos de tiempo en ciclos negativos crean la posibilidad de que el estado del sistema se exceda y oscile alrededor de la capacidad de carga tal como se representa en la ilustración 6 (Sterman, 2000).

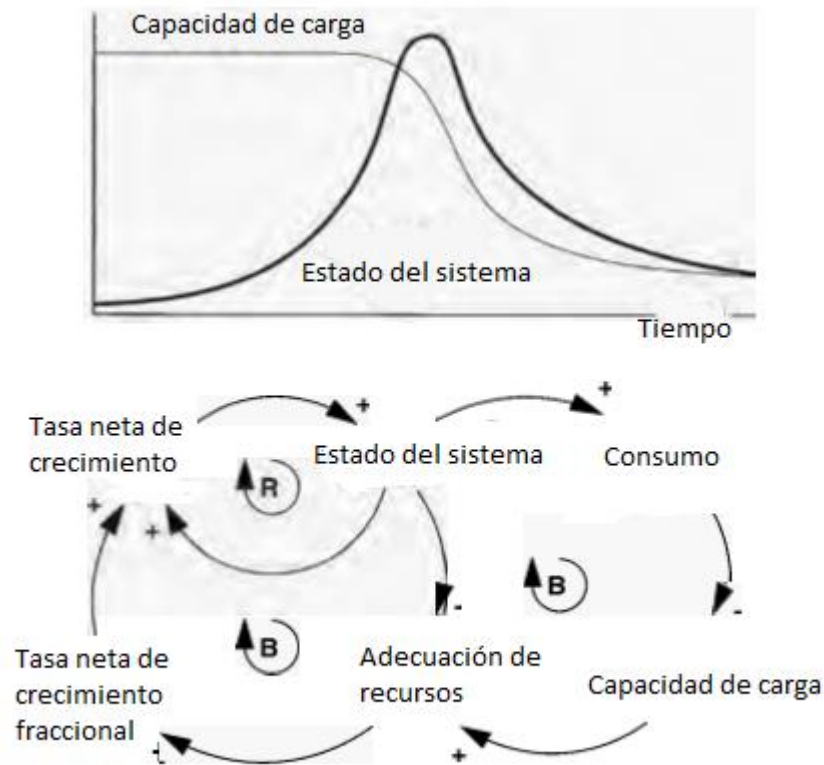
Ilustración 6. Crecimiento en forma de S con impulso



Fuente: Adaptado de Sterman (2000)

- **Sobrepasamiento y Colapso:** en un principio todos los recursos existentes se encuentran disponibles. Los ciclos positivos crecen haciendo que el estado del sistema crezca exponencialmente. A medida que crece, la suficiencia de recursos va disminuyendo. Luego los ciclos negativos se fortalecen y hacen que se alcance el punto máximo, cuando esto ocurre la capacidad de carga empieza a caer, igual que los recursos disponibles por persona. El incremento neto se vuelve negativo, generando que el estado del sistema disminuya. Sin embargo, la población continúa haciendo uso de la capacidad de carga, pero los recursos se vuelven más insuficientes por lo cual hay una decaída en la población que la usa. Si no hay regeneración de recursos el sistema colapsa. Este comportamiento se puede observar en la ilustración 7 (Sterman, 2000).

Ilustración 7. Sobrepasamiento y colapso



Fuente: Adaptado de Sterman (2000)

3.3 Aporte Intelectual

Los estudios previos pueden servir como guía en cuanto a las variables que influyen en el transporte, los factores relevantes para los usuarios, entre otros que se deben tener en cuenta en el momento de la simulación. Además, estos antecedentes aplican la dinámica de sistemas a sistemas de transporte masivo (STM) con características similares a las del MIO por lo que sirven de base para este proyecto de grado. Específicamente, el estudio sobre sostenibilidad financiera en el Transmilenio puede convertirse en un modelo a seguir para nuestra investigación ya que este último se considera auto-sostenible. Por otro lado, el artículo de Charles Raux plantea tres escenarios donde se observan los efectos a mediano y largo plazo de las políticas de transporte urbano encaminadas a la sostenibilidad financiera, los cuales se pueden tomar como

base para el análisis de los escenarios de esta investigación puesto que también son a corto y largo plazo.

Para el desarrollo de este proyecto de grado se deben tener en cuenta conceptos básicos relacionados con Sistemas BRT, sostenibilidad financiera y dinámica de sistemas. En un principio se requieren bases sólidas sobre los principios de un sistema BRT y el funcionamiento del Sistema de Transporte Masivo Integrado de Occidente (MIO) para entender los factores que influyen en la satisfacción del usuario e identificar en donde se encuentran las falencias que han ocasionado una incertidumbre en la sostenibilidad financiera del sistema.

En cuanto a los conceptos que se mencionan sobre sostenibilidad financiera se debe tener especial análisis en ellos puesto que el objetivo de esta investigación es generar recomendaciones que contribuyan a evitar que el MIO caiga de nuevo en una crisis financiera.

Finalmente, se deben tener claros los conceptos necesarios para llevar a cabo un modelo de simulación a través de la dinámica de sistemas. Además, conocer el comportamiento de los ciclos para identificar patrones que siga el sistema de transporte.

4. CAPITULO IV. Metodología

Teniendo como finalidad de este proyecto de grado realizar un artículo para una publicación en revista académica, se requiere tener como producto final recomendaciones que fomenten la sostenibilidad financiera en el sistema de transporte MIO. Para llegar a esto se plantean dos etapas principales, la primera llamada recolección de información, se refiere al período de tiempo en el que se buscarán los datos necesarios para poder llevar a cabo la simulación del problema. La segunda etapa es el modelamiento en la que se realizará un modelo de simulación, se evaluarán los resultados y se formularán sugerencias que contribuyan a la sostenibilidad del sistema de transporte masivo. El cronograma de las actividades a realizar se encuentra en el Anexo 1.

4.1 Recolección de Información

Se elaborarán encuestas tomando en cuenta los factores de atractividad que pueden incidir en el uso del servicio como precio, calidad y tiempo. Para ello se realizará un análisis conjunto ya que es el más adecuado para ponderar los atributos que los consumidores consideran relevantes por el precio que están pagando.

Las encuestas se aplicarán, teniendo en cuenta el alcance del proyecto, en estaciones de la zona sur como Universidades, Buitrera, Meléndez y Capri a cualquier usuario del MIO con el fin de abarcar a nivel general las percepciones de los clientes.

A través del método de análisis conjunto se puede determinar que combinación de atributos prefieren los usuarios del MIO. Después de este paso, se realizará el respectivo análisis estadístico de los datos obtenidos para establecer cuáles son los parámetros que se ingresarán al modelo.

4.1.1 Análisis conjunto

El análisis conjunto permite descomponer un producto o servicio en características o atributos que aporten un valor significativo a este. La utilidad es dicho valor que el individuo atribuye a un producto a través de la combinación de factores o atributos, de modo que ese valor sea el máximo representativo para la elección realizada dentro un conjunto de

opciones (Ben-Akiva & Lerman, 1985). Si se logran establecer las preferencias del consumidor se puede predecir el comportamiento de consumo. (Lopes & Dominique, 2011)

4.2 Modelamiento del problema

Después de obtener la información pertinente sobre los parámetros que determinan el comportamiento del sistema de transporte, se procederá a elaborar un modelo de simulación que tenga en cuenta la mayoría de datos recogidos por las encuestas. Para llevar a cabo lo anterior, se van a seguir cinco pasos descritos en el libro Business Dynamics de Sterman, estos son: articulación del problema, formulación de la hipótesis dinámica, formulación del modelo de simulación, revisión y diseño de recomendaciones junto con su evaluación.

Cabe mencionar que antes de iniciar la descripción de cada sub-etapa, se debe tener claro que todo modelo es iterativo, es decir repite constantemente la formulación, aplicación y pone en relación el mundo virtual con el mundo real.

4.2.1 Articulación del problema

Es la etapa más importante para desarrollar el modelamiento del problema porque en torno a ella gira el desarrollo de las demás y es de esta forma que se pueden evitar errores en los siguientes pasos, cabe resaltar que así se tenga una buena articulación del problema, es decir un propósito definido, puede ser difícil de entender por los demás o generarse algunas complicaciones (Sterman, 2000).

En este paso se recomienda contestar preguntas como: ¿Cuál es el propósito del modelo?, ¿Cuál es el problema real? Con el fin de delimitar el problema y no caer en un alcance demasiado grande donde no se sepa con exactitud qué elementos influyen y principalmente que no se puedan cumplir los objetivos. Los procesos que se deben seguir para articular el problema son (Sterman, 2000):

- Modelos de referencia: Se refiere a la toma de otros trabajos como punto de suministro de datos, información, etc. que describen el comportamiento del problema a través del tiempo.
- Horizonte de simulación: Es qué tan lejos se debe ir tanto en el pasado como en el futuro para describir los síntomas del problema; este proceso es fundamental porque dependiendo de él, puede cambiar la mirada que se tenga de la situación a analizar.

4.2.2 Planteamiento de la hipótesis dinámica

Esta etapa consiste en plantear una explicación al comportamiento del problema, es considerada dinámica ya que tiene en cuenta los factores cambiantes que influyen en el sistema y es hipótesis porque está sujeta a revisión y pruebas. Para facilitar el planteamiento de la hipótesis dinámica se pueden tener en cuenta las siguientes herramientas (Sterman, 2000):

- Explicación endógena: Es la definición que se le genera a un sistema dinámico a través de otras variables asumidas que interactúan con el modelo, todo se hace a través de la especificación de la estructura y las reglas que se deben seguir, se pueden analizar patrones de comportamiento y como cambia este al modificar alguna variable.
- Mapeo de la estructura del proceso: Son una serie de herramientas que permiten representar los límites del sistema, dentro de estas se encuentra el diagrama de frontera del modelo, diagrama de subsistemas y diagrama de estructura política. El primero es un cuadro en donde se listan las variables endógenas, exógenas y otras que están excluidas del modelo, este sirve para tener en cuenta lo que se dejó por fuera de la investigación y se puede retomar en futuros estudios, también para dejar claro a los lectores las asunciones que fueron tomadas para concluir. La segunda herramienta muestra un comportamiento de las variables endógenas y exógenas, también permite tener una visión conjunta de la problemática, sin embargo no es tan detallado. El último instrumento mencionado se refiere a la gráfica que plasma las entradas a la hora de tomar una decisión.

4.2.3 Formulación del modelo de simulación

Después de tener la hipótesis planteada, se procede a evaluarla, en algunos casos es posible realizarlo en el sistema real, sin embargo en otros puede ser peligroso, poco ético o imposible, es por eso que se procede a utilizar el mundo virtual con ecuaciones, parámetros y plantear condiciones, con el fin de formular el modelo de simulación (Stermán, 2000). Particularmente, en este proyecto de grado se van a utilizar programas como Vensim y/o iThink.

4.2.4 Revisión

Después de realizar la formulación del modelo de simulación se debe llevar a cabo una revisión. Esta se logrará a través de pares expertos para aceptar el artículo académico en el Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas.

No se llevará a cabo una validación del modelo ya que se trata de un estudio exploratorio con ciertas limitaciones debido al alcance de la investigación.

4.2.5 Diseño de recomendaciones

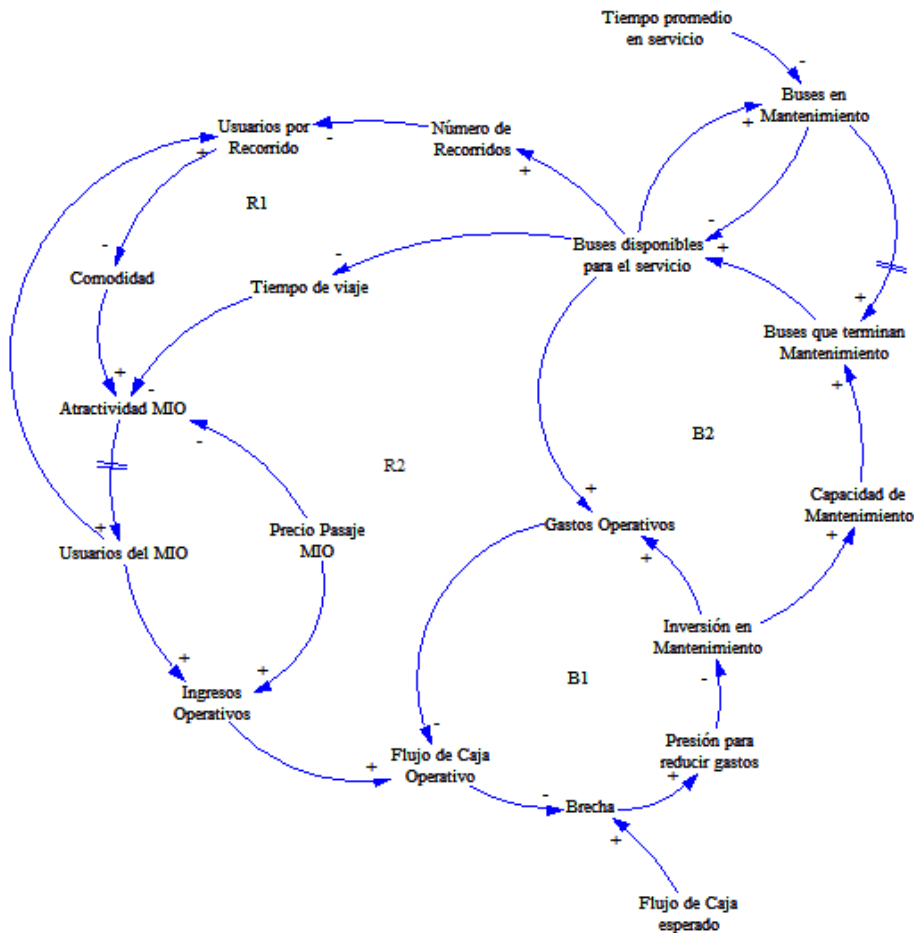
Finalmente, teniendo en cuenta los resultados de las simulaciones, se deben realizar propuestas de mejora que contengan estrategias, estructuras y reglas de decisión (Stermán, 2000).

5. CAPITULO V. Estructura del modelo

5.1 Variables del modelo

Después de realizar un análisis al sistema, se determinaron las variables con mayor impacto en el ámbito financiero y en la percepción del servicio. En la ilustración 8 se muestra un diagrama causal que permite apreciar las relaciones entre las variables que forman cuatro ciclos relevantes, dos de ellos reforzadores y dos compensadores.

Ilustración 8. Modelo causal del sistema de transporte MIO



Fuente: Los autores

El ciclo B1 muestra que al disminuir el flujo de caja operativo, aumenta la brecha y a su vez la presión para reducir los gastos, para resolver dicho problema de liquidez se reduce la inversión en mantenimiento, con lo cual disminuyen los gastos operativos, aliviando así el flujo de caja en el corto plazo. Con esta decisión de disminuir la inversión en mantenimiento se reduce la capacidad de mantenimiento, por lo tanto habrá menos buses disponibles para el servicio. Dicha situación tiene dos efectos: por un lado se disminuye el número de recorridos totales que se realizarán y con esto el número de usuarios por recorrido aumentará afectando la comodidad de los pasajeros y la atractividad del sistema MIO; después de un tiempo esto hará que haya una pérdida de usuarios. Al disminuir los usuarios que utilizan el sistema se reducen los ingresos operativos cerrando el ciclo vicioso de liquidez (R1). Por otro lado, al tener menos buses disponibles se genera un menor número de gastos operativos haciendo que el flujo de caja operativo aumente en el corto plazo. (B2)

Otra parte del diagrama muestra cómo los buses disponibles después de cumplir cierto tiempo promedio en servicio deben pasar a mantenimiento; una vez finalizan este proceso vuelven a estar a disposición de los usuarios para el servicio.

5.2 Información de los parámetros

Para la recolección de información se utilizaron diferentes estrategias, en su mayoría los datos operativos del sistema provienen de la página web de Metrocali S.A, noticias de periódicos donde se mencionan entrevistas a personal operativo de dicha organización y entrevistas realizadas por los autores a personas que tienen contacto directo con los operadores del MIO, todos consolidados en una tabla que se encuentra en el Anexo 2. Otros datos proceden del Texto de referencia para formuladores de políticas públicas en ciudades en desarrollo en donde se muestran los componentes del costo operacional para un TMRB (Transporte Masivo Rápido en Autobuses) en Colombia basado en el sistema Transmilenio del año 2002 como se observa en la ilustración 9.

Ilustración 9. Componentes del costo operacional para un TMRB

Ítem	Unidad de medida	Consumo por vehículo	
Repago de capital			
Depreciación del vehículo	% del valor del vehículo/año	10,0%	
Costo de capital	Tasa de interés efectiva anual sobre capital invertido	15,0%	
Costos fijos de operación			
Salarios de conductores	Empleado/vehículo	1,62	
Salarios de mecánicos	Empleado/vehículo	0,38	
Salarios de supervisores y personal administrativo	Empleado/vehículo	0,32	
Otros gastos administrativos	% de costos variables + mantenimiento + personal	4,0%	
Seguros de vehículos	% del valor del vehículo/año	1,8%	
Costos variables de operación			
Combustible	Galones de diesel / 100 Km	18,6	
	M ³ de gas natural /100 Km	74,0	
Llantas	Unidades / 100.000 Km	10,0	
	Unidades / 100.000 Km	27,6	
Lubricantes	• Motor	Cuartos de galón / 10.000 Km	78,9
	• Transmisión	Cuartos de galón / 10.000 Km	4,5
	• Diferencial	Cuartos de galón / 10.000 Km	5,8
	• Engrase	Kilogramos / 10.000 Km	3,0
	Mantenimiento	% del valor del vehículo / año	6,0%

Fuente: (Wright, 2002)

En cuanto a los datos relacionados con la atractividad se elaboraron 170 encuestas a estudiantes y trabajadores que se encontraban en la zona sur cuyo formato se encuentra en el Anexo 3. A partir del análisis de estas encuestas se obtuvo una ponderación de los factores de atractividad la cual se encuentra en la Tabla 6. Dicha ponderación se elaboró sumando la calificación (1-3) proporcionada por los encuestados para cada factor, luego se calculó la sumatoria de dichos totales y se realizó una proporción entre los resultados de cada uno de estos y el total.

Tabla 6. Factores de atractividad

Factor	Ponderación
Comodidad	0.33
Precio	0.24
Tiempo de viaje	0.43

Fuente: Los autores.

Adicionalmente se encontró que en una escala de satisfacción de 1-5 siendo 1 insatisfecho y 5 muy satisfecho, el promedio de calificación de los usuarios fue 2.32, lo que indica que existe un deterioro en la calidad del servicio afectando los usuarios y el sistema financiero del MIO.

5.3 Modelo de simulación

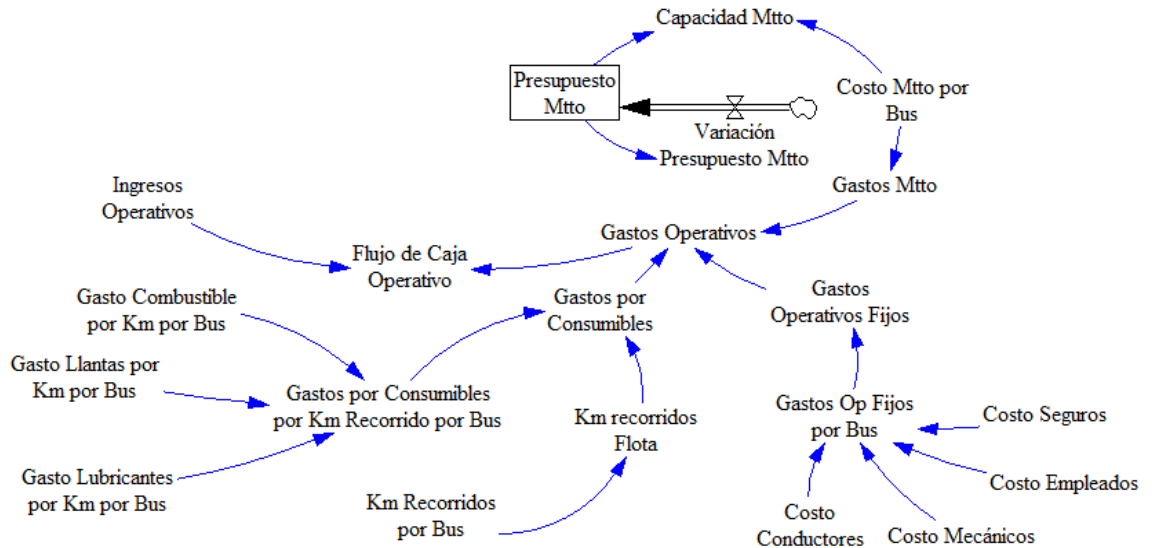
El modelo de simulación se elaboró en el software Vensim donde se realizaron cuatro simulaciones en un horizonte de 180 meses (15 años): una donde se observa el comportamiento del sistema sin ningún tipo de alteración de los parámetros investigados, otra que describe la decisión de disminuir el presupuesto de mantenimiento en un 1% mensual cuando el crecimiento del flujo de caja operativo es menor, a su vez, al 1%. La tercera simulación refleja la salida simultánea de 300 buses del sistema. Finalmente el cuarto escenario describe un aumento en el precio del pasaje a \$2000.

Las ecuaciones ingresadas al modelo se encuentran en el Anexo 5.

El modelo se encuentra dividido en tres subsistemas (financiero, usuarios y flota) que muestran cómo se interrelacionan las diferentes variables que lo componen (ver Anexo 6).

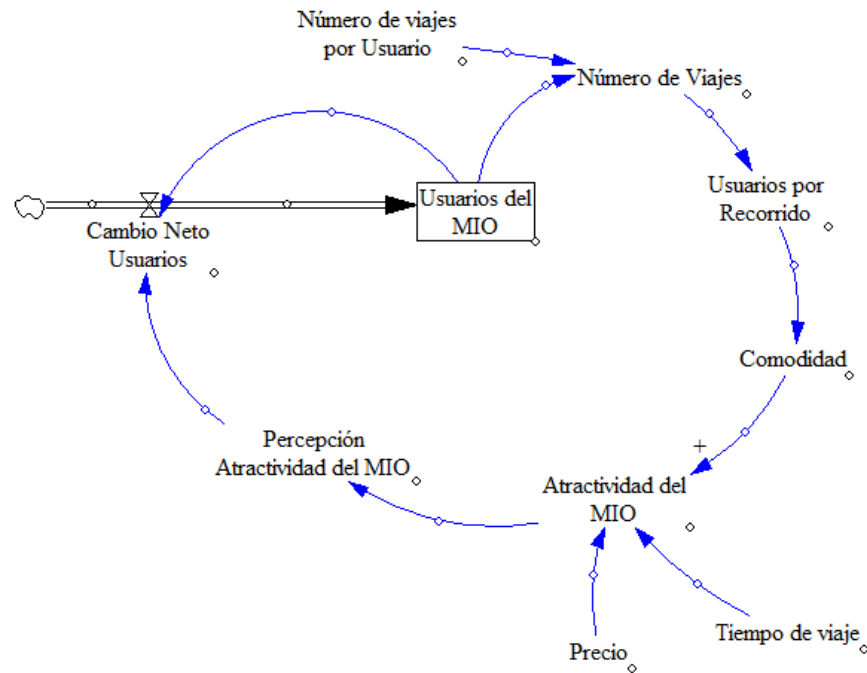
Subsistema Financiero: se compone de los *ingresos* y *gastos operativos*. Estos últimos incluyen los *gastos de mantenimiento*, *gastos operativos fijos* y *gastos por consumibles*. La variable de nivel *Presupuesto mantenimiento* se alimenta del flujo de *Variación presupuesto mantenimiento* que cambia conforme al crecimiento del *flujo de caja operativo*. Este subsistema depende del Subsistema *Usuarios* ya que en ellos recae la principal fuente de ingresos del sistema por lo que si la cantidad de usuarios disminuye los ingresos también, afectando la inversión en mantenimiento y el subsistema *Flota*. Este último depende del Subsistema *Financiero* debido a que cuando hay una caída en el flujo de caja operativo hay menos inversión en el mantenimiento de los buses y menor disponibilidad para el servicio empeorando la atractividad del sistema.

Ilustración 10. Subsistema Financiero



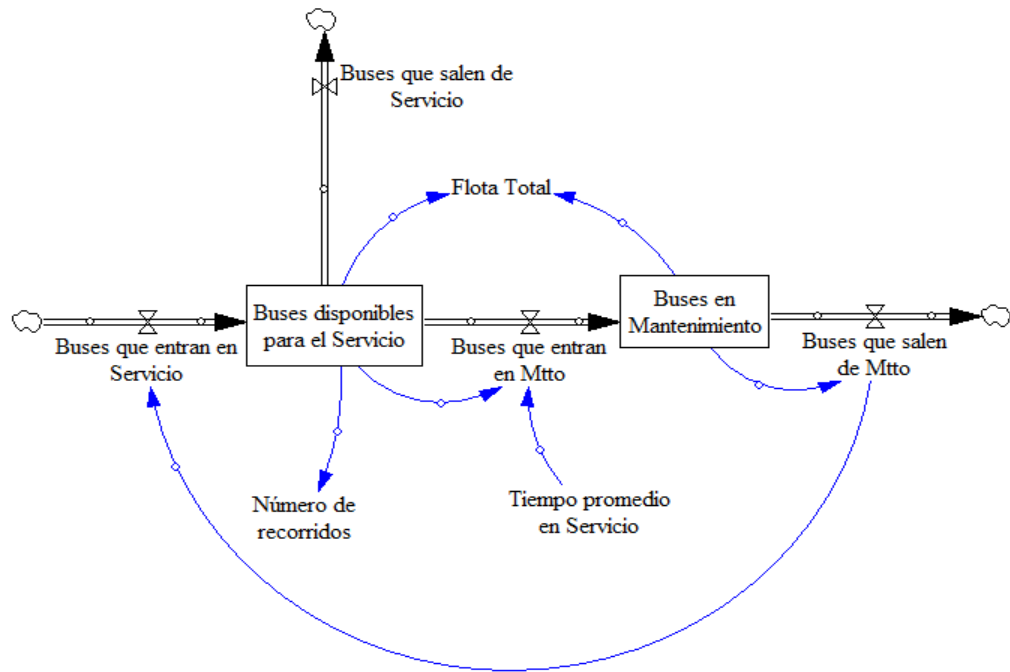
Subsistema Usuarios: se compone de los factores de atraktividad que tienen mayor importancia para los usuarios del sistema (*precio, comodidad y tiempo de viaje* (Orozco & Arenas, 2013)). La variable de flujo *Cambio Neto Usuarios* es la entrada de *Usuarios MIO* y depende de la *percepción de atraktividad* que ellos tengan del sistema. Esto se debe principalmente al subsistema *Flota* ya que cuando hay menos buses disponibles para servicio los usuarios van a experimentar demoras e incomodidad. También interactúa con el subsistema *Financiero* a través de los usuarios que generan los ingresos operativos del sistema.

Ilustración 11. Subsistema Usuarios



Subsistema Flota: Este subsistema está compuesto por dos variables de nivel, la primera (*Buses disponibles para el servicio*) se alimenta de los *buses que entran en servicio* y se compone de dos salidas, *los buses que salen del servicio* y los que *entran en mantenimiento*; este último flujo es la entrada de los *Buses en mantenimiento*. Dicho subsistema es de especial importancia ya que influye en la atractividad del usuario para el sistema de transporte. De igual manera se ve influenciado por el Subsistema *Financiero* puesto que de él provienen los recursos para realizar la inversión en mantenimiento.

Ilustración 12. Subsistema Flota



Es importante mencionar que el modelo tiene supuestos y limitaciones. Los parámetros utilizados se ajustaron, dentro de lo posible y de acuerdo con la información disponible, a cifras reales tomadas de fuentes primarias y secundarias. Adicionalmente el modelo fue revisado por pares expertos en dinámica de sistemas para aceptarlo en el Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas.

6. CAPITULO VI. Resultados

Se realizaron cuatro simulaciones: “Base1” donde se observa el comportamiento del sistema en una situación hipotética relativamente sostenible, otra llamada “SVP1” que describe una de las políticas aplicadas por los operadores, que consiste en disminuir el presupuesto de mantenimiento en un 1% mensual cuando el crecimiento del flujo de caja operativo es menor, a su vez, al 1%. La tercera simulación llamada “SSB1” corresponde a la medida sugerida por los operadores de retirar simultáneamente 300 buses del sistema. El último escenario “Pr2000” muestra la dinámica al aumentar el precio del pasaje a \$2000. Lo anterior permitió identificar las posibles consecuencias generadas a corto y largo plazo cuando se toman decisiones como la disminución de la inversión en mantenimiento, el retiro simultáneo de una cantidad significativa de buses y un aumento en el precio (ver Anexo 6).

Cuando se toma la decisión de reducir la inversión en mantenimiento, debido a que el crecimiento del flujo de caja operativo es inferior al 1% (simulación “SVP1”), en el mes 90 los gastos operativos disminuyen inmediatamente y de manera progresiva (ver Ilustración 13), por otra parte los ingresos operativos se estancan a partir del mes 99 y disminuyen exponencialmente a partir del mes 108 (ver Ilustración 14), esto se debe a que hay mayor número de buses en espera de mantenimiento, es decir, una reducción en los buses disponibles para el servicio afectando negativamente la atraktividad como se puede observar en la Ilustración 15 debido al aumento de la cantidad de usuarios por recorrido (ver Ilustración 17) y por ende disminuyendo los usuarios del MIO (ver Ilustración 16); sin embargo después de un tiempo la atraktividad aumenta en menor proporción y se estabiliza debido a esta misma disminución de usuarios. Esta decisión, a pesar de disminuir los gastos operativos en el corto plazo, no mejora sustancialmente el flujo de caja operativo (ver Ilustración 18) y, por el contrario, lo deteriora significativamente en el largo plazo.

Ilustración 13. Gastos Operativos

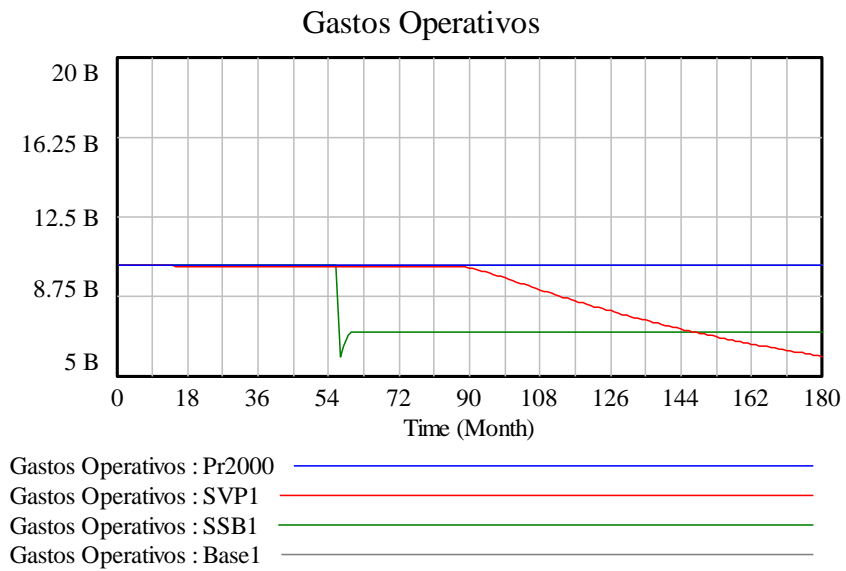


Ilustración 14. Ingresos Operativos

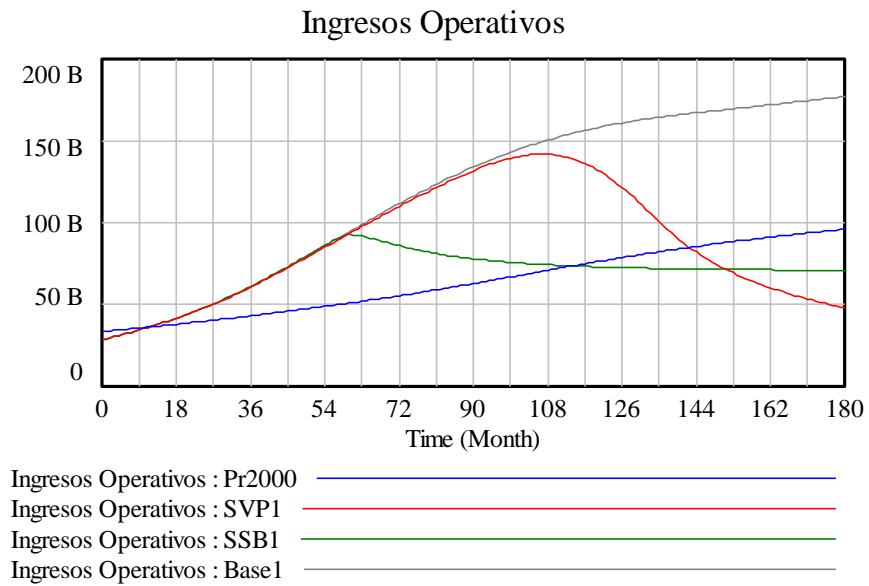


Ilustración 15. Atractividad del MIO

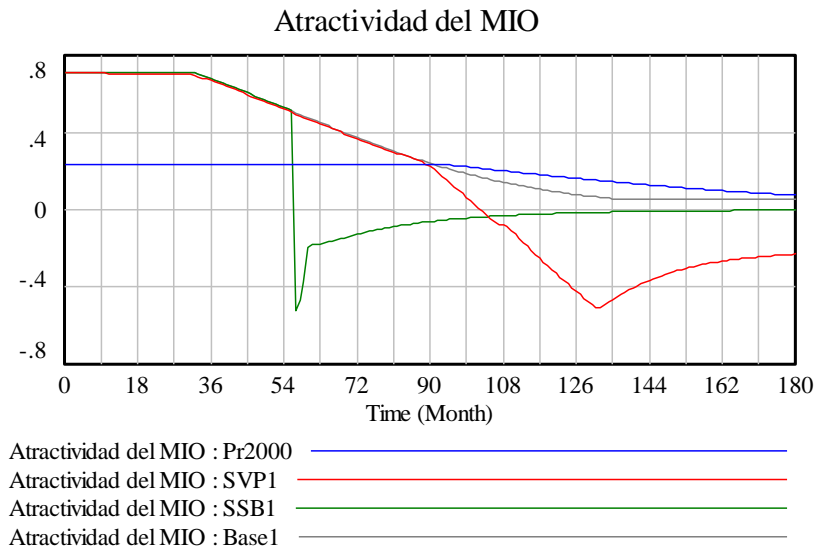


Ilustración 16. Usuarios del MIO

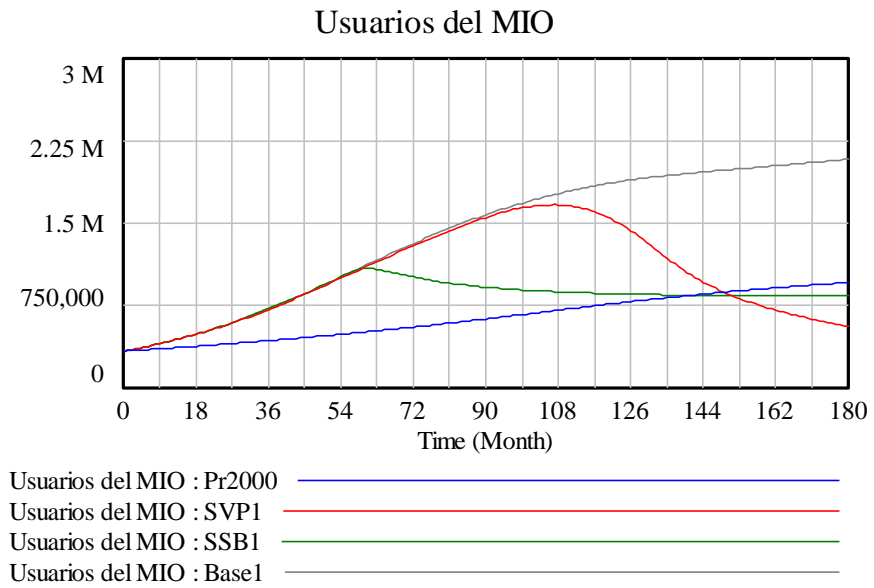


Ilustración 17. Usuarios por Recorrido

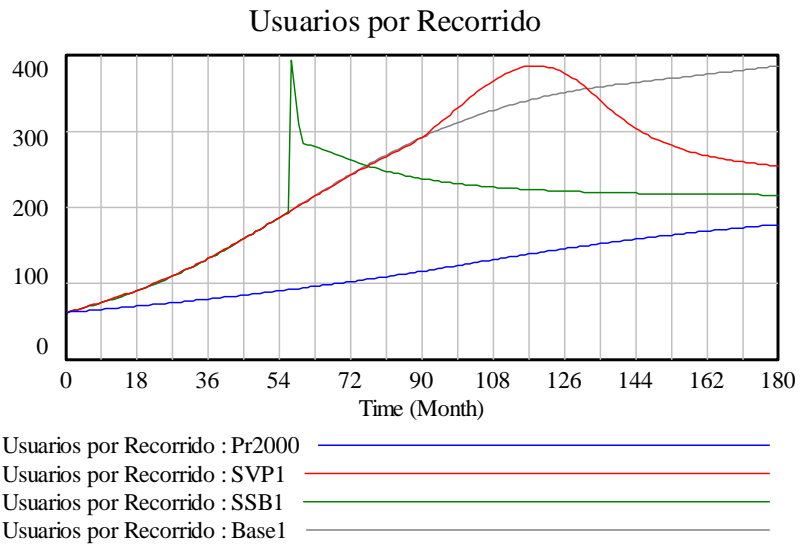
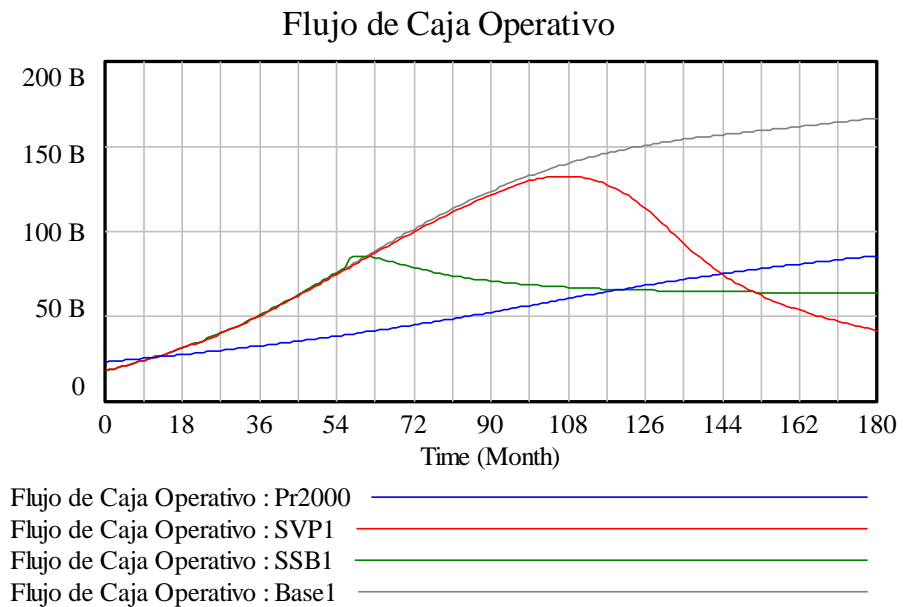


Ilustración 18. Flujo de Caja Operativo



Por otro lado, la decisión de sacar 300 buses de la flota (ElPaís, Por crisis financiera dejarán de rodar 300 buses del MÍO, 2015) en el mes 56, hace que los gastos operativos tengan una caída importante e inmediata (Ilustración 13); en cuanto a los ingresos, cuatro meses después de la salida de los buses empiezan a disminuir significativamente (ver Ilustración 14). Como consecuencia de la falta de buses y el aumento de usuarios por recorrido (ver Ilustración 17), el MIO pierde atractividad (ver Ilustración 15) y por ende usuarios como lo muestra la Ilustración 16; después de un tiempo la atractividad empieza a recuperarse (debido a la disminución en los usuarios) pero no vuelve a su punto inicial. Finalmente, con la salida de los buses el flujo de caja operativo tiene un pequeño aumento en el corto plazo, con una posterior (exponencial) reducción (ver Ilustración 18) debido a la caída en el número de usuarios y por ende en los ingresos operativos.

En el último escenario, cuando se incrementa el precio del pasaje a \$2000, los ingresos operativos aumentan progresivamente (ver Ilustración 14) hasta que empiezan a estabilizarse después de un tiempo. Sin embargo dicha decisión afecta negativamente la atractividad del sistema (ver Ilustración 15), la cual disminuye de forma paulatina a partir del mes 90 por lo que el crecimiento de los usuarios comienza a detenerse (ver Ilustración 16). Esta medida aumenta el flujo de caja operativo en el corto plazo pero a través del tiempo dicho incremento es cada vez menor hasta estabilizarse (ver Ilustración 18).

Se puede evidenciar que en la simulación “Base1” las gráficas de Usuarios, Ingresos y Flujo de Caja Operativo tienen un comportamiento similar al arquetipo límites de crecimiento, es decir, experimentan un proceso de crecimiento en los primeros años pero después de un tiempo se llega a un límite como consecuencia de la restricción de los recursos y la baja atractividad del sistema. Este escenario fue la base para la implementación de las políticas mencionadas anteriormente con el fin de conocer los efectos que se tienen a corto y largo plazo en un escenario que es relativamente sostenible. Es importante resaltar que “Base1” no describe la situación actual del MIO.

6.1 Recomendaciones y Conclusiones

Este trabajo presenta, a través de un modelo basado en dinámica de sistemas, posibles consecuencias operativas y financieras a largo plazo de medidas de corto plazo adoptadas o sugeridas por los operadores del MIO con el fin de mejorar su flujo de caja operativo. Se evaluaron tres tipos de medidas diferentes: la reducción gradual del

presupuesto de mantenimiento cuando se considera que hay estancamiento en el crecimiento del flujo de caja operativo, el retiro del servicio de un número significativo de buses y el aumento del precio de viaje. La aplicación de las dos primeras medidas genera una reducción evidente en los gastos operativos, gradual en el caso de la reducción de presupuesto e inmediata en el caso de retiro de buses; ambas medidas, sin embargo, no mejoran significativamente el flujo de caja operativo en el largo plazo y, por el contrario, ocasionan un decrecimiento exponencial del mismo. Cuando se aumenta el precio del pasaje mejoran los ingresos operativos y el flujo de caja, sin embargo en el largo plazo se estabilizan por lo que no es una medida recomendada al igual que las anteriores.

Se sugiere que al tomar decisiones se tengan en cuenta los efectos a corto y largo plazo ya que como lo evidencian los escenarios anteriores, las soluciones planteadas pueden funcionar a corto plazo pero después de un tiempo ser contraproducentes.

Teniendo en cuenta los resultados arrojados por las encuestas, se observa que el factor más relevante para los usuarios fue el tiempo de viaje por lo que se recomienda elaborar futuras políticas encaminadas a reducir estos tiempos y de dicha manera mejorar el servicio y la atractividad del MIO.

Adicionalmente se encontró que las personas consideraban de vital importancia para la calidad del servicio factores como: cultura, limpieza, seguridad, cobertura, amabilidad del personal, buena integración, puntualidad y funcionamiento de los puntos de recarga. Por esta razón se propone que las empresas prestadoras del servicio creen políticas que tomen en cuenta dichos factores y mejoren el nivel de satisfacción del servicio ya que como lo describe el Anexo 4 este tiene una baja calificación por parte de los usuarios (2,32) en una escala de 1-5.

Por otro lado se observó que el 71% de los encuestados está dispuesto a pagar más por el pasaje (\$2000) si se mejora la calidad del servicio, es por esto que un quinto escenario de simulación podría evaluar la alternativa de aumento de precio junto con una inversión que contribuya a mejorar dicho servicio.

Los autores reconocen la importancia de los medios de transporte alternativos (privado, motos y piratas) y su influencia en el MIO, sin embargo debido al alcance de este proyecto no se tuvieron en cuenta. Se recomienda para una segunda parte de esta investigación incluir en el modelo los sistemas de transporte alternativos para conocer más a fondo el impacto que tienen sobre el MIO y la pérdida de usuarios.

Además, se sugiere ampliar la muestra de la población encuestada para tener una mayor aproximación a la realidad de las ponderaciones de cada uno de los factores de atraktividad.

6.2 Artículo Académico

Se elaboró un artículo para el Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas en donde también se realizó una ponencia paralela sobre el tema. Dicho artículo se encuentra como Anexo 7.

BIBLIOGRAFÍA

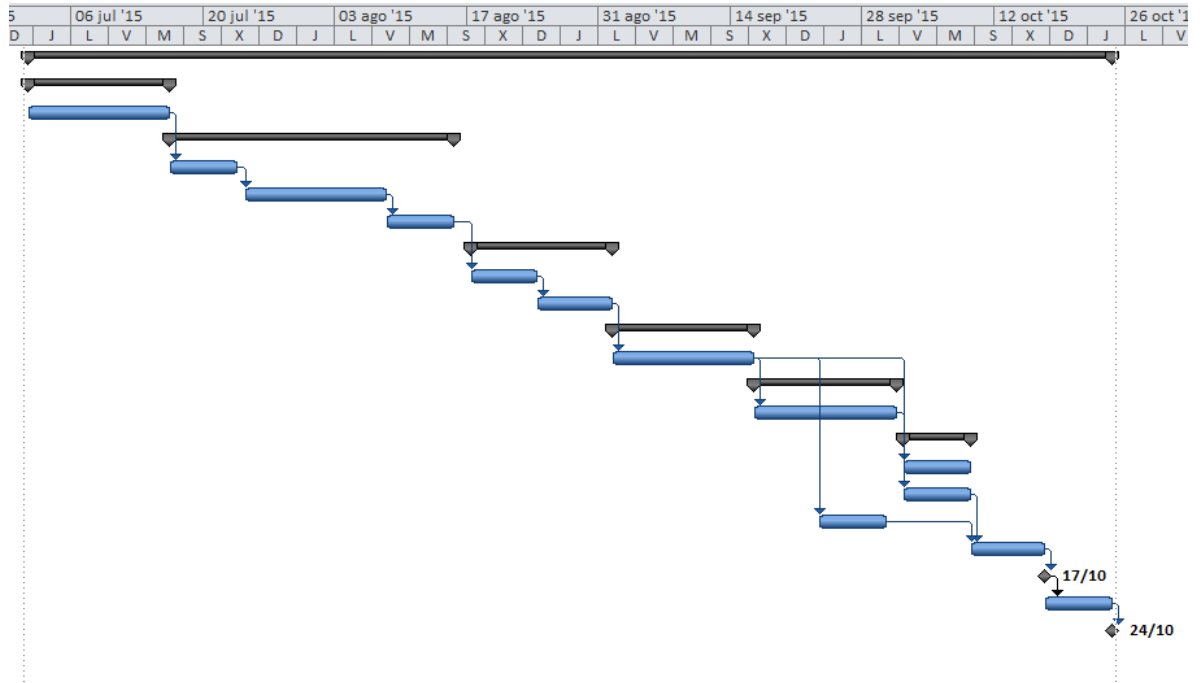
- Academia de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. (Julio de 2003). *Sistema Integrado de Transporte Masivo para la Ciudad de Cali*. Obtenido de http://www.siame.gov.co/siame/documentos/documentacion/mdl/HTML/9_PCN_SITM_2.htm
- ADN. (10 de Junio de 2014). *Operarios de aseo del MIO, en paro por pagos*. Recuperado el 19 de Febrero de 2015, de <http://diarioadn.co/calimi-ciudad/operarios-de-aseo-del-m%C3%ADo-en-paro-por-pagos-1.111837>
- ADN. (3 de Febrero de 2015). *Preocupación por la seguridad en el MIO*. Recuperado el 19 de Febrero de 2015, de <http://diarioadn.co/calimi-ciudad/preocupaci%C3%B3n-por-la-seguridad-en-el-m%C3%ADo-1.142306>
- Amarillo, G. (Junio de 2011). análisis del transporte en la ciudad de Bogotá desde la perspectiva de la dinámica de sistemas. Bogotá.
- Arquetipos Sistémicos*. (s.f.). Obtenido de <http://tgs7233.galeon.com/arquetip.htm#Dos>
- Ben-Akiva, M., & Lerman, S. R. (1985). Discrete choice analysis. Theory and application to travel. *MIT Press Series in Transportation Studies*.
- CaliComoVamos. (2012). *Análisis de Resultados Encuesta de Percepción Ciudadana 2012*. Cali.
- DANE. (2014). *Boletín de prensa Encuesta de Transporte Urbano de Pasajeros*.
- DANE. (2014). *Comunicado de prensa*.
- Departamento Nacional de Planeación. (2008). *Sistema integrado de transporte masivo para Santiago de Cali – MÍO (Masivo Integrado de Occidente)*. Cali.
- EIPaís. (26 de junio de 2012). *Crisis financiera de transportadores del MÍO prende las alarmas en el sistema*. Obtenido de <http://www.elpais.com.co/elpais/calinoticias/crisis-financiera-transportadores-del-mio-prende-alarmas-en-sistema-transporte>
- EIPaís. (31 de Enero de 2013). *Preocupación en Cali por crisis económica de los operadores del MÍO*. Obtenido de <http://www.elpais.com.co/elpais/calinoticias/preocupacion-cali-por-crisis-economica-operadores-mio>
- EIPaís. (28 de Febrero de 2015). *Bajarse del carro, un desafío de Cali para superar crisis de movilidad*. Recuperado el 1 de Marzo de 2015, de <http://m.elpais.com.co/elpais/calinoticias/movilidad-cali-asunto-pendiente-y-lleno-desafios>
- EIPaís. (18 de junio de 2015). *Por crisis financiera dejarán de rodar 300 buses del MÍO*. *El País*.
- García, J. (2010). *Teoría y ejercicios prácticos de Dinámica de Sistemas*. Barcelona.
- Gómez, C. (2011). Políticas de transporte urbano: el caso del sistema masivo de transporte en el área metropolitana de Cali. *Revista de Economía & Administración*, 101-122.

- González, J., & Bonilla, E. (2006). *La concesión de Transmilenio y su sostenibilidad financiera*. Bogotá: Ángela Vargas / Tiza Orión Editores.
- Grupo de gestión y tecnología S.A. (2006). Asesoría en Operación y Transporte para el Sistema Integrado de Transporte de Santiago de Cali - MIO. Cali.
- Levinson, H., Zimmerman, Z., Clinger, J., Gast, J., Rutherford, S., & Bruhn, E. (2003). *Implementation guidelines*. Washington.
- Lopes, F., & Dominique, S. (2011). Análisis conjunto. Teoría, campos de aplicación y conceptos inherentes. *Estudios y Perspectivas en Turismo*, 341-366.
- LosSistemicos. (Noviembre de 2007). *Pensamiento Sistemico 2007*. Obtenido de <http://lossistemicos.blogspot.com/>
- MIO. (s.f.). Obtenido de <http://mio.com.co/index.php>
- Moller, R. (2010). A critical evaluation of the Colombian model of mass or bus rapid transit systems. *Ingeniería y Competitividad*, 23-40.
- Moscoso, J., Perdomo, M., Perdomo, L., & Mayorga, O. (2011). Modelado de sistemas de transporte masivo empleando dinámica de sistemas: Caso Transmilenio S.A. Bogotá.
- NoticiasCaracol. (9 de Julio de 2014). *Tres días cumplen en huelga trabajadores del sistema MIO de Cali*. Recuperado el 19 de Febrero de 2015, de <http://www.noticiascaracol.com/nacion/tres-dias-cumplen-en-huelga-trabajadores-del-sistema-mio-de-cali>
- Orozco, J. S., & Arenas, F. A. (2013). Aproximación al desarrollo de un sistema de transporte masivo a través de la dinámica de sistemas. *Revista S&T*, 91-106.
- Raux, C. (8 de Octubre de 2003). A systems dynamics model for the urban travel system. Londres, Strasbourg.
- Rodriguez, D., & Vergel, E. (2013). Sistemas de transporte público masivo tipo BRT (Bus Rapid Transit) y desarrollo urbano en América Latina.
- Sakamoto, K., Belka, S., & Metschies, G. (2010). *Financiación del transporte urbano sostenible*. México.
- Senge, P. (s.f.). *La Quinta Disciplina*.
- Sterman, J. (2000). *Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world*. Massachusetts: McGraw-Hill.
- WebNoticias. (22 de Diciembre de 2014). *Firman convenio interadministrativo para superar el déficit económico del MIO*. Obtenido de <http://webnoticias.co/ver-noticia/2014-12-firman-convenio-interadministrativo-para-superar-el-deficit-economico-del-mio/>
- Wright, L. (2002). *Transporte masivo rápido en autobuses TMRB*. Eschborn: GTZ.

ANEXOS

Anexo 1. Cronograma

1		Cronograma PDG II	75 días	mié 01/07/15	sáb 24/10/15	
2		▢ Variables del modelo	10 días	mié 01/07/15	jue 16/07/15	
3		Identificar las variables que harán parte del modelo	2 sem.	mié 01/07/15	jue 16/07/15	
4		▢ Información de los parámetros	20 días	jue 16/07/15	sáb 15/08/15	
5		formulación de encuestas	1 sem.	jue 16/07/15	jue 23/07/15	3
6		aplicación de encuestas	2 sem.	vie 24/07/15	sáb 08/08/15	5
7		síntesis de información recolectada	1 sem.	sáb 08/08/15	sáb 15/08/15	6
8		▢ Modelo de simulación	10 días	lun 17/08/15	mar 01/09/15	
9		Elaboración del modelo	1 sem.	lun 17/08/15	lun 24/08/15	7
10		Ejecución de las simulaciones	1 sem.	lun 24/08/15	mar 01/09/15	9
11		▢ Análisis de datos	10 días	mar 01/09/15	mié 16/09/15	
12		Analizar los datos provenientes de las simulaciones	2 sem.	mar 01/09/15	mié 16/09/15	10
13		▢ Sugerencias que ayuden a alcanzar la sostenibilidad	10 días	mié 16/09/15	jue 01/10/15	
14		Formular recomendaciones tendientes a lograr la sostenibilidad	2 sem.	mié 16/09/15	jue 01/10/15	12
15		▢ Artículo académico	5 días	vie 02/10/15	vie 09/10/15	
16		Redactar un artículo para publicación en revista académica	1 sem.	vie 02/10/15	vie 09/10/15	14
17		Revisión tutor	1 sem.	vie 02/10/15	vie 09/10/15	12/14
18		Revisión lector	1 sem.	mié 23/09/15	mié 30/09/15	12
19		Correcciones	1 sem.	vie 09/10/15	sáb 17/10/15	17/18
20		Sustentación	0 días	sáb 17/10/15	sáb 17/10/15	19
21		Revisión final	1 sem.	sáb 17/10/15	sáb 24/10/15	20
22		Entrega final documento	0 días	sáb 24/10/15	sáb 24/10/15	21



Anexo 2. Parámetros del modelo

USUARIOS DEL MIO (VALOR INICIAL)	335000
NÚMERO DE VIAJES POR USUARIO	50
NÚMERO DE RECORRIDO POR BUS	450
BUSES DISPONIBLES PARA EL SERVICIO	600
BUSES EN MANTENIMIENTO (VALOR INICIAL)	200
FLOTA INICIAL	800
TIEMPO PROMEDIO EN SERVICIO(MES)	6
KM RECORRIDOS POR BUS	6000
PRECIO	\$ 1.700,00
LUB MOTOR	\$ 78,80
LUB TRANSMISIÓN	\$ 6,41
LUB DIFERENCIAL	\$ 8,66
ENGRASE	\$ 4,56
CONDUCTORES(\$000)	\$ 1.540,75
MECÁNICOS(\$000)	\$ 542,12
EMPLEADOS(\$000)	\$ 608,69
SEGUROS(\$000)	\$ 1.039,62
COSTO MENSUAL MTTO(MILLONES)	\$ 8,30

Los parámetros anteriores tienen una periodicidad mensual.

Anexo 3. Encuesta de percepción ciudadana sobre el sistema de transporte masivo MIO

Señor(a) la siguiente encuesta tendrá una duración de cinco minutos y es llevada a cabo por motivos académicos por estudiantes de la Universidad Icesi (Cali), con el objetivo de conocer cuál es la percepción de los ciudadanos caleños sobre el Sistema de Transporte Masivo MIO.

1. ¿Cuántos viajes realiza a la semana, incluya ida y vuelta?
 - a. Menos de 10 viajes
 - b. 10 – 20 viajes
 - c. 20-30 viajes
 - d. Más de 30 viajes

2. Normalmente ¿cuantos trasbordos debe realizar para llegar a su destino?
 - a. Ninguno

- b. 1
- c. 2
- d. 3
- e. 4 o más

3. ¿En promedio cuál es el tiempo que invierte a diario viajando en el Sistema de Transporte Masivo MIO?
- a. 30 minutos o menos
 - b. Entre 31 minutos y 1 hora
 - c. Más de 1 hora
4. Califique de 1-5 el nivel de satisfacción que tiene usted con relación al servicio que le ofrece el Sistema de Transporte Masivo MIO, siendo 1 completamente insatisfecho y 5 muy satisfecho.

Calificación ____

5. Califique según su nivel de importancia las siguientes características de calidad del servicio del Sistema de Transporte Masivo MIO; utilice cada uno de los números sin repetirlos en una escala de 1 a 3, donde 3 es el más relevante y 1 el menos relevante.

Precio	
Comodidad (Qué tan lleno se encuentra el bus)	
Tiempo de Viaje	

6. A parte de las características de calidad mencionadas en la pregunta anterior, ¿existen otros factores relevantes para usted?
 Sí___ No___ ¿Cuáles? _____
7. ¿Usted como usuario del Sistema de Transporte Masivo MIO estaría dispuesto a pagar \$2000 pesos si este ofreciera más comodidad en su servicio y disminuyera el tiempo de viaje?
 Sí___ No___

Ha llegado al final de la encuesta, muchas gracias por su colaboración y el tiempo prestado.

Anexo 4. Resultados Encuestas

Se encuentra adjunto archivo de Excel con todos los cálculos.

PREGUNTA 1	PONDERACIÓN
a. menos de 10	44,71%
b. 10-20	51,76%
c. 20-30	3,53%
d. más de 30	0,00%
PREGUNTA 2	PONDERACIÓN
a. Ninguno	5,88%
b. 1	32,94%
c. 2	40,00%
d. 3	15,88%
e. 4 o más	5,29%
PREGUNTA 3	PONDERACIÓN
a. 30 o menos	6,47%
b. 31-1 hora	36,47%
c. más 1 hora	57,06%
PREGUNTA 4	PONDERACIÓN
	2,32
PREGUNTA 5	PONDERACIÓN
precio	23,73%
comodidad	33,04%
Tiempo viaje	43,24%
PREGUNTA 7	PONDERACIÓN
si	71,18%
no	28,82%

Anexo 5. Ecuaciones del modelo de simulación

(01) Atractividad del MIO=

FA Comodidad*Comodidad+FA Precio*Factor Precio+FA Tiempo*Factor
Tiempo de viaje

Units: **undefined**

(02) Buses disponibles para el Servicio= INTEG (

Buses que entran en Servicio-Buses que entran en Mtto-Buses que salen
de Servicio

- ,
- 600)
- Units: Buses
- (03) Buses en Mantenimiento= INTEG (
Buses que entran en Mtto-Buses que salen de Mtto,
200)
Units: Buses
- (04) Buses que entran en Mtto=
Buses disponibles para el Servicio/Tiempo promedio en Servicio
Units: **undefined**
- (05) Buses que entran en Servicio=
Buses que salen de Mtto
Units: **undefined**
- (06) Buses que salen de Mtto=
MIN(Buses en Mantenimiento, Capacidad Mtto)
Units: **undefined**
- (07) Buses que salen de Servicio=
PULSE(56, 1)*300*Switch Salida Buses
Units: **undefined**
- (08) Cambio Neto Usuarios=
Usuarios del MIO*Tasa CNU
Units: **undefined**
- (09) Capacidad Mtto=
Presupuesto Mtto/Costo Mtto por Bus
Units: **undefined**
- (10) Comodidad=
Tabla Comodidad(Usuarios por Recorrido)
Units: **undefined**
- (11) Costo Conductores=

- 1.541e+006
Units: **undefined**
- (12) Costo Empleados=
609000
Units: **undefined**
- (13) Costo Mecánicos=
542000
Units: **undefined**
- (14) Costo Mtto por Bus=
8.3e+006
Units: **undefined**
- (15) Costo Seguros=
1.04e+006
Units: **undefined**
- (16) Demora PAM=
4
Units: **undefined**
- (17) FA Comodidad=
0.33
Units: **undefined**
- (18) FA Precio=
0.24
Units: **undefined**
- (19) FA Tiempo=
0.43
Units: **undefined**
- (20) Factor Precio=
Tabla Factor Precio(Precio)
Units: **undefined**

- (21) Factor Tiempo de viaje=
 Tabla de Factor Tiempo de Viaje(Buses disponibles para el Servicio)
 Units: **undefined**
- (22) "FCO t-1"= INTEG (
 Flujo de Caja Operativo-"FCO t-1",
 0)
 Units: **undefined**
- (23) FINAL TIME = 120
 Units: Month
 The final time for the simulation.
- (24) Flota Inicial=
 800
 Units: **undefined**
- (25) Flota Total=
 Buses disponibles para el Servicio+Buses en Mantenimiento
 Units: **undefined**
- (26) Flujo de Caja Operativo=
 Ingresos Operativos-Gastos Operativos
 Units: **undefined**
- (27) Gasto Combustible por Km por Bus=
 1404
 Units: pesos/(km*Bus)
 0.18 gal/km*7800 \$/gal
- (28) Gasto Llantas por Km por Bus=
 117+171.2
 Units: pesos/(km*Bus)
 (10*1170000)/100000 (llantas nuevas) + (27.6*620000)/100000
 (reencauche)
- (29) Gasto Lubricantes por Km por Bus=

$$78.8+6.4+8.7+4.6$$

Units: **undefined**

$$78.8 \text{ (Motor)} + 6.4 \text{ (Diferencial)} + 8.7 \text{ (Transmisión)} + 4.6 \text{ (Engrase)}$$

(30) Gastos Mtto=

$$\text{Buses que salen de Mtto} * \text{Costo Mtto por Bus}$$

Units: **undefined**

(31) Gastos Op Fijos por Bus=

$$\text{Costo Conductores} + \text{Costo Empleados} + \text{Costo Mecánicos} + \text{Costo Seguros}$$

Units: **undefined**

(32) Gastos Operativos=

$$\text{Gastos por Consumibles} + \text{Gastos Operativos Fijos} + \text{Gastos Mtto}$$

Units: **undefined**

(33) Gastos Operativos Fijos=

$$\text{Gastos Op Fijos por Bus} * \text{Flota Total}$$

Units: **undefined**

(34) Gastos por Consumibles=

$$\text{Gastos por Consumibles por Km Recorrido por Bus} * \text{Km recorridos Flota}$$

Units: **undefined**

(35) Gastos por Consumibles por Km Recorrido por Bus=

$$\text{Gasto Combustible por Km por Bus} + \text{Gasto Llantas por Km por Bus} + \text{Gasto Lubricantes por Km por Bus}$$

Units: **undefined**

(36) Ingresos Operativos=

$$\text{Número de Viajes} * \text{Precio}$$

Units: **undefined**

(37) INITIAL TIME = 0

Units: Month

The initial time for the simulation.

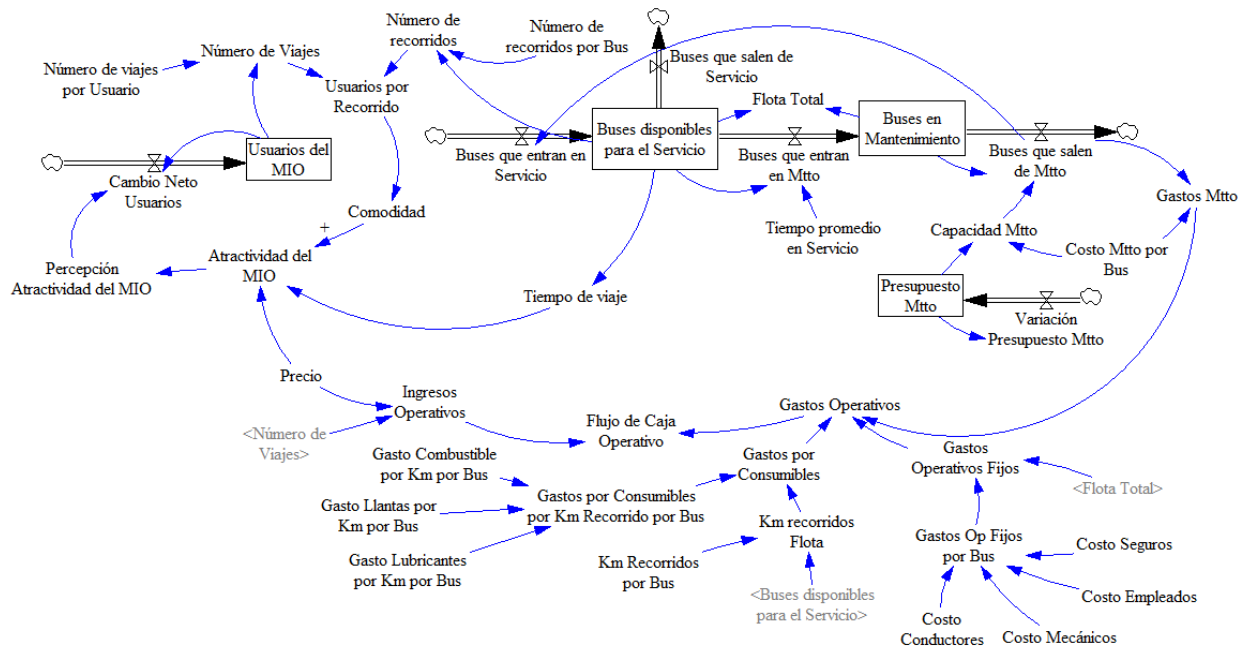
- (38) Km recorridos Flota=
 Buses disponibles para el Servicio*Km Recorridos por Bus
 Units: km/Month
- (39) Km Recorridos por Bus=
 6000
 Units: km/Bus*Month
 Se asumen 200 km por día.
- (40) Número de recorridos=
 Buses disponibles para el Servicio*Número de recorridos por Bus
 Units: **undefined**
- (41) Número de recorridos por Bus=
 450
 Units: **undefined**
- (42) Número de Viajes=
 Usuarios del MIO*Número de viajes por Usuario
 Units: **undefined**
- (43) Número de viajes por Usuario=
 50
 Units: **undefined**
- (44) Percepción Atractividad del MIO=
 DELAY1(Atractividad del MIO, Demora PAM)
 Units: **undefined**
- (45) Precio=
 1700
 Units: **undefined**
- (46) Presupuesto Mto= INTEG (
 Variación Presupuesto Mto,
 8.3e+008)
 Units: **undefined**

- (47) SAVEPER =
 TIME STEP
 Units: Month [0,?]
 The frequency with which output is stored.
- (48) Switch Salida Buses=
 0
 Units: **undefined**
- (49) Switch Variación Presupuesto=
 0
 Units: **undefined**
- (50) Tabla CNU(
 [(-1,-0.06)-(10,0.1)],(-1,-0.05),(0,0),(1,0.03))
 Units: **undefined**
- (51) Tabla Comodidad(
 [(0,-1)-(360,1)],(120,1),(240,0),(360,-1))
 Units: **undefined**
- (52) Tabla de Factor Tiempo de Viaje(
 [(300,-2)-(800,1)],(400,-1),(500,0),(800,1))
 Units: **undefined**
- (53) Tabla Factor Precio(
 [(1700,-1)-(2000,1)],(1700,1),(1800,0),(1900,-0.5),(2000,-1))
 Units: **undefined**
- (54) Tasa CNU=
 Tabla CNU(Percepción Atractividad del MIO)
 Units: **undefined**
- (55) Tasa Variación Presupuesto Mtto=
 IF THEN ELSE(Variación FCO<0.01, -0.01, 0)*Switch Variación
 Presupuesto
 Units: **undefined**

- (56) Tiempo promedio en Servicio=
6
Units: Month
- (57) TIME STEP = 1
Units: Month [0,?]
The time step for the simulation.
- (58) Usuarios del MIO= INTEG (
Cambio Neto Usuarios,
335000)
Units: **undefined**
- (59) Usuarios por Recorrido=
Número de Viajes/Número de recorridos
Units: **undefined**
- (60) Variación FCO=
ZIDZ(Flujo de Caja Operativo-"FCO t-1", "FCO t-1")
Units: **undefined**
- (61) Variación Presupuesto Mtto=
Presupuesto Mtto*Tasa Variación Presupuesto Mtto
Units: **undefined**

Anexo 6. Modelo de simulación

Se encuentra adjunto en un archivo de Vensim.



Anexo 7. Artículo académico

Se encuentra en el PDF anexo al documento.