

MODELO DE IMPLEMENTACIÓN DE TIC EN EL SECTOR TRANSPORTE DE LA CIUDAD DE BARRANQUILLA UTILIZANDO DINÁMICA DE SISTEMAS¹

MODEL IMPLEMENTATION OF ICT IN THE SECTOR OF TRANSPORTATION IN BARRANQUILLA CITY USING DYNAMIC SYSTEMS

Darwin Ramiro Mercado Polo²
Jorge Antonio Sepúlveda Ojeda³
Luis Eduardo Pedraza Caballero⁴
Hugo G. Hernández Palma⁵

FORMA DE CITACIÓN

Mercado, D. R., Sepúlveda, J. A., Pedraza, L. E. y Hernández, H. (2014). Modelo de implementación de TIC en el sector transporte de la ciudad de Barranquilla utilizando dinámica de sistemas. *Revista Dimensión Empresarial*, vol. 12, núm. 1, p. 36-45.

RESUMEN

A través de la implementación de las tecnologías de la información y la comunicación, se pretende disminuir en gran medida los factores ocasionados por la inestabilidad en el sistema de transporte. El objetivo es diseñar un modelo del sector transporte de la ciudad de Barranquilla con implementación de TIC utilizando la dinámica de sistemas. Para el cumplimiento de tal objetivo se utilizó la dinámica de sistemas como herramienta metodológica para interpretar las características del sistema en cuestión y así determinar las interacciones de sus factores y las estructuras que conforman el comportamiento organizacional y los procesos de gestión de producción de servicios. El modelo aplicado es el de gestión ya que las relaciones estructurales son los puntos fundamentales de la construcción del mismo, luego se propone la construcción de los diagramas causales o diagramas de Forrester los cuales son implementados en el software de simulación Vensim que permiten construir modelos a través de diagramas causales o en versión texto. Con la obtención de este modelo se propone un mejoramiento en la movilidad como solución de los trancones ocasionados por un fenómeno natural como los arroyos o por los ocasionados por las horas picos.

Palabras Clave: Dinámica de Sistemas, Modelado, Herramientas Metodológicas, Comportamiento Organizacional.

¹ Artículo de reflexión. Este artículo se basa en el proyecto de investigación "Diseño de un modelo de gestión TIC aplicado al sector transporte terrestre urbano de pasajeros de la ciudad de Barranquilla utilizando Dinámica de Sistemas", adelantado en la Universidad de la Costa (CUC), Barranquilla, Colombia, desde Marzo de 2011, hasta Noviembre de 2011. Recibido: julio 15 de 2013. Aceptado para publicación: enero 25 de 2014.

² Máster en lenguajes y Sistemas Informáticos, Docente de la Universidad de la Costa, Barranquilla, Colombia. Correo: dmercado@cuc.edu.co

³ Magister en Ingeniería de Sistemas, Docente de la Universidad de la Costa, Barranquilla, Colombia. Correo: jsepulve3@cuc.edu.co

⁴ Ingeniero de sistemas, Docente de la Universidad de la Costa, Barranquilla, Colombia. Correo: lpedraza1@cuc.edu.co

⁵ Magister en Sistemas de Gestión, Docente de la Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia. Correo: hhernandezpalma@yahoo.com

ABSTRACT

Through the implementation of information technologies and communication, it is intended to greatly reduce the instability caused by factors in the transportation system. The goal is to design a model of the transport sector in the city of Barranquilla with ICT implementation using system dynamics. To fulfill this objective we used the system dynamics as a methodological tool to interpret the characteristics of the system in question and determine the interactions of its factors and structures that shape organizational behavior and processes of production management services. The model applied is the management and structural relations are the key points of its construction, then proposes the construction of causal diagrams or Forrester diagrams which are implemented in Vensim simulation software to build models that allow through causal diagrams or text version. By obtaining this model proposes an improvement in mobility as a solution to traffic jams caused by natural phenomena such as streams or those caused by the peak hours.

Keywords: System Dynamics, Modeling, Methodological Tools, Organizational Behavior.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de transporte público constituyen un elemento fundamental para el desarrollo de las ciudades y las sociedades. Es de vital importancia el funcionamiento eficaz y eficiente de este sistema para la concurrencia normal de los diferentes sistemas sociales de una región. Sin embargo al realizar un análisis profundo sobre este, se pueden observar diversos factores que afectan notablemente la estabilidad del sistema.

A través de la implementación de las tecnologías de la información y la comunicación en el sistema de transporte, se pretende disminuir en gran medida los factores que ocasionan la inestabilidad en el sistema, mediante la aplicación de sistemas de seguimiento vehicular, instalación de cámaras en los vehículos, controles digitales en los mismos, sistemas de información de rutas, etc.

Utilizando la dinámica de sistemas (DS) como herramienta metodológica para interpretar lo complejo que son los sistemas sociales de las organizaciones a nivel local y/o mundial y así determinar las interacciones de sus factores y estructuras que conforman el comportamiento organizacional y los procesos de gestión de producción de servicios,

se logró desarrollar los modelos representativos del sector transporte de la ciudad de Barranquilla.

El modelo que se estableció es de tipo de gestión y no predictivo porque la intención no es pronosticar la conducta final del sistema sino analizar sus características internas y el comportamiento fundamental del sistema real, así como la incidencia de algunas variables en el sistema. Es importante anotar que a través de las entrevistas a los gerentes de las empresas seleccionadas se logró recopilar los suficientes datos para el análisis de la lógica interna y de las relaciones estructurales, los cuales fueron los puntos fundamentales de la construcción del mismo. El modelo establecido se realizó básicamente especificando las relaciones causales entre sus diferentes variables permitiendo analizar el comportamiento del sector transporte. Inicialmente se estableció el modelo actual del sistema y luego se incluyó las TIC como un elemento fundamental en el proceso de mejoramiento del transporte urbano de la ciudad de Barranquilla.

En este artículo se presentan en detalle los conceptos utilizados para el desarrollo de los modelos como también la descripción de cada uno de ellos, lo cual permitirá realizar las respectivas modelaciones que apoyen la toma de decisiones. Finalmente se presentan las conclusiones y el trabajo futuro a realizar.

1. METODOLOGÍA

Selección del Tipo de Modelo

Los modelos pueden ser de gestión o predictivos. Es importante señalar la diferencia existente entre estos dos tipos de modelos, los modelos predictivos pretenden suministrar datos acerca de la situación futura del sistema modelado. Por otra parte, los modelos de gestión pretenden abordar alternativas de un sistema (Martín, 2004). El modelo aplicado para analizar el sistema real fue el de gestión ya que las relaciones estructurales eran los puntos fundamentales de la construcción del mismo.

Proceso de Construcción de un Modelo en Dinámica de Sistemas

Para llevar a cabo la implementación de un modelo, es necesario seguir una metodología establecida que permitirá la modelación de sistemas, como se describe a continuación:

Articulación del problema; definir el problema a resolver discerniendo entre éste y sus síntomas, para establecer un propósito claro para el modelo.

Formular la hipótesis dinámica; desarrollar una teoría acerca del comportamiento problemático y explicarla en términos de la estructura de flujos, niveles y realimentaciones.

Formular el modelo; formalizar las ecuaciones, parámetros y condiciones iniciales del modelo.

Probar el modelo; verificar la consistencia de ecuaciones y variables con los conceptos del mundo real y asegurarse de reproducir con la mayor fidelidad dicho comportamiento.

Diseñar políticas; una vez probado el modelo proceder a diseñar nuevas estrategias, estructuras y reglas de decisión.

Para lograr un buen modelaje del sistema planteado se requiere la generación de un diagrama que represente las variables presentes en el sistema y las relaciones entre cada una de ellas. Para esto la DS propone la construcción de los diagramas causales o diagramas de Forrester.

Estructura de un Modelo de Sistema Dinámico

La estructura básica donde aparecen en forma alterna niveles y rapidezces, pareciera representar la naturaleza de los sistemas de gerencia industrial. Los niveles determinan las decisiones que controlan las rapidezces. Las rapidezces ocasionan cambios en los niveles. Estos niveles y rapidezces conforman seis redes interconectadas que constituyen la actividad industrial. Cinco de ellas representan materiales, órdenes, dinero, equipos de producción y personal; la sexta, es la red de información que constituye la red de conexión que interrelaciona las otras cinco.

Un modelo en particular puede volverse complicado debido a su tamaño y riqueza en detalles, pero su naturaleza fundamental seguirá siendo la misma, constituida por niveles y decisiones.

La forma de un modelo debe ser tal que permita lograr varios objetivos. El modelo debe tener las siguientes características:

- Ser capaz de describir cualquier relación de causa-efecto que se quiera incluir. Ser simple en su naturaleza matemática.
- Parecerse, en cuanto a nomenclatura, a la terminología industrial, económica y social.
- Ser extensible a un gran número de variables (incluso miles) sin exceder los límites prácticos de las computadoras digitales, y
- Ser capaz de manejar interconexiones continuas en el sentido de que cualquier discontinuidad artificial introducida por intervalos de tiempo-solución no afectará los resultados. Sin embargo, debe al mismo tiempo, ser capaz de generar cambios discontinuos en las decisiones cuando sea necesario.

Inicialmente el diagrama que se construye es el diagrama causal para luego construir el diagrama de Forrester y con base en este diagrama poder modelarlo en un programa de modelación.

Diagramas Causales

De acuerdo con Aracil y Gordillo (1997). La construcción de un modelo de dinámica está fundamentado en la

creación de los modelos causales. Un diagrama causal representa las relaciones de influencia que se dan entre los elementos de un sistema y por lo tanto permite conocer la estructura del mismo. Esto quiere decir que las relaciones entre una variable *A* y otra *B* del sistema se representará mediante una flecha, leyéndose “*A* influencia a *B*”. Sobre esta flecha se colocará un signo + o – de acuerdo al tipo de relación. Será positiva cuando las variaciones de *A* y *B* son del mismo sentido, y negativa en caso de variación de sentido contrario.

El desarrollo del diagrama causal es un proceso que implica la realización de: Observaciones sobre el sistema, discusiones con especialistas y análisis sobre datos del sistema. El proceso seguido en el desarrollo sigue los pasos a continuación:

- Elección de variables o elementos a representar del modelo del sistema.
- Evaluación cualitativa (no numérica) de las relaciones entre estos elementos si existen.
- Construcción del Diagrama Causal. Los diagramas causales se clasifican según su estructura en: Diagramas Abiertos o de Estructura Simple, Diagramas Cerrados o de Estructura Compleja o Bucles de Realimentación.
- Tipos de Bucles de Realimentación. Los bucles de realimentación pueden ser de dos tipos: Realimentación positiva. Aquellos en los que la variación de un elemento se propaga a lo largo del bucle de manera que refuerza la variación inicial. En general, un bucle de realimentación es positivo si contiene un número par de relaciones negativas o bien si todas las relaciones son positivas. Realimentación negativa: Aquellos en los que una variación de un elemento se transmite a lo largo del bucle de manera que determine una variación que contrarreste la variación inicial. Tienden a generar comportamiento de equilibrio.

Estos diagramas causales se pueden representar mediante otros diagramas más cercanos a los programas de aplicaciones específicas como Vensim, Powersim y otros. Estos diagramas se denominan Diagramas de Forrester.

Diagramas de Forrester

El Diagrama de Flujos recibe también el nombre de Diagrama de. El nombre de diagrama de flujos recoge la idea de Forrester de que si somos capaces de controlar los flujos de un sistema, de hecho estamos controlando todo el comportamiento del sistema. Para elaborar un diagrama de flujos se ha de tomar el diagrama causal y se han de transformar los elementos en tres tipos básicos: Niveles, Flujos y Variables auxiliares. Los niveles son aquellos elementos que nos muestran en cada instante la situación del modelo, presentan una acumulación y varían solo en función de otros elementos denominados flujos. Las nubes dentro del diagrama de flujos son niveles de contenido inagotable. Los niveles se representan por un rectángulo, ejemplos: personas, km², litros y otros similares. Los flujos son elementos que pueden definirse como funciones temporales. Puede decirse que recogen las acciones resultantes de las decisiones tomadas en el sistema, determinando las variaciones de los niveles, ejemplos: km²/año, personas/día, entre otras de conformidad con lo que se desee modelar. Las variables auxiliares y las constantes, son parámetros que permiten una visualización mejor de los aspectos que condicionan el comportamiento de los flujos. ej.: densidad, vida media. (Martín, 2004).

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Dinámica de Sistemas

La DS es una metodología ideada para resolver problemas concretos. Inicialmente se concibió para estudiar los problemas que se presentan en determinadas empresas en las que los retrasos en la transmisión de información, unido a la existencia de estructuras de realimentación, dan lugar a modos de comportamiento indeseables, normalmente de tipo oscilatorio.

Los trabajos pioneros se desarrollan a finales de los años 50, y durante los 60 tiene lugar su implantación en los medios profesionales. La DS se entiende según Forrester (1961, 1968), como una metodología para entender el cambio, utilizando ecuaciones en diferencia finitas o ecuaciones

deferenciales. El objetivo básico de la DS es llegar a comprender las causas estructurales que provocan el comportamiento del sistema. Esto implica aumentar el conocimiento sobre el papel de cada elemento del sistema, y ver como diferentes acciones, efectuadas sobre partes del sistema, acentúan o atenúan las tendencias de comportamiento implícitas en el mismo. Como característica diferencial de otras metodologías es importante acotar que el modelo utilizado aquí es básicamente de gestión, es decir en este modelo no existe necesidad de tanta precisión ya que todas las comparaciones son igualmente útiles

Como lo expresa Martin (2004, p. 148), el estudio del sistema y el ensayo de diferentes estrategias sobre el modelo realizado enriquecerán el conocimiento del mundo real, comprobándose la consistencia de las hipótesis y la efectividad de las distintas estrategias.

Según Wang, Lu y Peng (2008) “La dinámica de sistemas ha sido utilizada para modelar sistemas de transporte, destacando que son sistemas complejos con múltiples variables y de bucles de retroalimentación no lineal e influenciados por factores económicos, sociales, ambientales y de transporte”. En china por ejemplo, se trabajó con la DS para construir un modelo basado en el análisis de causa y efecto y los bucles de retroalimentación de las estructuras. El modelo propuesto consta de siete submodelos que son: poblacional, desarrollo económico, número de vehículos, influencia ambiental, demanda de viaje, oferta de transporte y congestión vehicular. Este estudio utiliza el software Vensim para ejecutar la simulación en la que se concluye que la ciudad de Dalian, donde fue realizado el estudio, se debe restringir el número de vehículos para mejorar sustancialmente el sistema de transporte.

Orozco y Arenas (2013) realizaron un estudio en el que se buscaba a través de una simulación en DS, describir el desarrollo de un sistema de transporte masivo, con el fin de otorgar una visión acerca del impacto de los parámetros operativos y la reinversión en el sistema y en el desarrollo e incremento de su demanda. En este se plantearon tres escenarios para evaluar diferentes políticas operativas y de

reinversión en el sistema, analizando el comportamiento en su desarrollo.

Por otra parte Duarte (2011), construyó un modelo basado en DS para el sistema de transporte público colectivo en Bogotá, en el que se tienen en cuenta tres ejes principales en el modelo: flujo de recursos financieros, flujo de usuarios y flujo de la flota vehicular. En este se concluye que algunos ciclos de causalidad tienen mayor impacto en el tamaño de la flota vehicular, identificándose específicamente los asociados a la edad máxima de los vehículos, tarifas del servicio y malla vial.

Igualmente, Moscoso, Perdomo, Perdomo y Mayorga (2011), muestran con modelado de sistemas de transporte masivo el caso particular de Transmilenio S.A. En este se concluye que con la aplicación de DS para este caso, se logra comprender holísticamente el sistema a partir de un escenario muestra. En este sentido la técnica sirve para entender, interpretar y validar sistemas o arquitecturas sistémicas complejas por el número de actores, variables o restricciones que en ella misma intervienen.

Las TIC's y el Sector Transporte

Las tecnologías de la información y las comunicaciones juegan un papel importante en la sociedad actual. Éstas han sido aplicadas con éxito en muchos sectores como la educación, el comercio, producción industrial, entre otros. En los últimos años la implementación de las tics en los sistemas de transporte ha ido en aumento, dando origen a nuevos enfoques y modelos en este sector.

El desarrollo de sistemas inteligentes de transporte y los sistemas de posicionamiento geográfico han otorgado gran beneficio a los actores relacionados en el sistema de transporte.

En FUNDETEC y Junta de Castilla y León (2007) se destaca la integración de las nuevas tecnologías de información en las microempresas del sector transporte, sin embargo el uso de estas herramientas se encuentra por debajo del

nivel deseado. Hay que señalar que las tecnologías a implementar en una empresa transportadora deben adaptarse rigurosamente a las necesidades del sector, debido a los impactos que generan los cambios en el sistema.

Otro de los factores importantes a tener en cuenta en el sector transporte es el impacto ambiental que causa la gran cantidad de vehículos presentes en cada ciudad. Ante esto se han desarrollado estudios y modelos aplicando DS, por ejemplo, Kwan y Blanco (2009) destacan la aplicación de la DS para evaluar potenciales reducciones de gases de efecto invernadero, Dales y otros (2008) detallan los resultados de la realización de un modelo que les permite analizar las predicciones de emisión de gases de efecto invernadero provenientes del sector transporte.

Selección del Software Vensim

En la actualidad existen diferentes software de simulación, los más populares son Vensim, PowerSim y Stella. Todos ellos permiten construir modelos a través de diagramas causales o en versión texto, y en cualquiera de las dos modalidades permite comparar fácilmente los resultados de distintos experimentos, superponer gráficos de distintas variables, cambiar escalas, periodos de estudio, entre otras funciones. El programa Vensim, en particular, se utiliza sobre el soporte del sistema operativo Windows, por lo que sus usuarios estarán familiarizados con los principios generales de su utilización, a base de menús desplegable y de iconos.

Vensim permite realizar utilidades avanzadas, como son el calibrado de parámetros, análisis de sensibilidad, optimización de funciones y valoración de decisiones a través de juegos interactivos entre otras posibilidades. También permite construir aplicaciones DSS (Decision Support System), elaborar informes EIS (Executive Information Systems), importar y exportar datos de hojas de cálculo o formatos ASCII y enlazar un modelo con aplicaciones construidas con otras librerías y aplicaciones programadas en lenguaje C. Concretamente se pueden enlazar los modelos con aplicaciones de teoría de juegos, programación lineal o genética como lo presentan Lopez y Martinez (2000, p.5)

Una de las primeras determinaciones que debe tomar el modelador cuando se propone construir un modelo es decidir si va a trabajar en modalidad de diagrama (*sketch*) o en modalidad texto. Cuando el modelo a construir es pequeño o cuando su objetivo es principalmente didáctico, resulta atractivo trabajar en la modalidad sketch. Esta permite observar gráfica e intuitivamente las relaciones entre los distintos elementos del modelo a través de un Diagrama de Forrester, o empleando cualquier otro tipo de código que resulte comprensible para el modelador.

RESULTADOS

Diseño del Modelo de Transporte de Pasajeros en la Ciudad de Barranquilla. Diseño del Modelo Actual

El objetivo de una empresa que brinda el servicio de transporte terrestre de pasajeros (S.T.P) es desplazarlos de un lugar a otro en un vehículo con las condiciones idóneas para esta labor. En Barranquilla y en general, este servicio depende de la cantidad de usuarios que recibe y la meta es llevarlos de un punto origen a un punto destino con altas condiciones de seguridad y en un tiempo razonable. Dicha cantidad de usuarios es influenciada por el número de rutas con destinos similares al que ofrece una empresa en particular, así como también la calidad de cada una de estas. Existen además periodos de tiempo en el año, temporadas altas y bajas, en las que el número de usuarios varía notablemente entre una y otra. De igual manera existen horas de cada día del año en donde se presenta una mayor movilidad de usuarios lo cual produce una mayor congestión vial, este factor se denomina horas pico.

Por otro lado, cuando se presentan lluvias en Barranquilla disminuye inmediatamente la cantidad de usuarios del servicio de transporte, pero además de esto se generan arroyos en diferentes zonas de la ciudad, que producen un caos total por la congestión vial que se aprecia en esos momentos. En algunos sectores el estado de las vías no es el mejor, lo que también produce trancones en esas zonas.

La congestión vial y la semaforización afectan directamente la movilidad en la ciudad, siendo la segunda un factor positivo

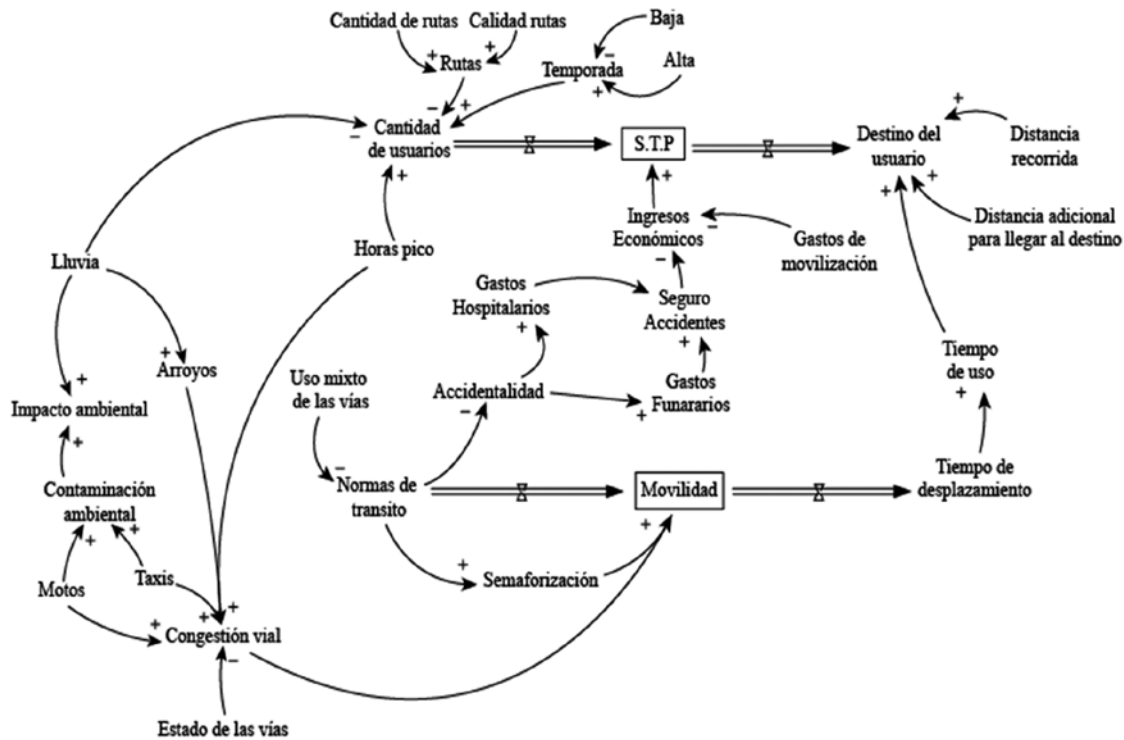
para esta, regulados por las normas de tránsito establecidas en la secretaria de movilidad. Con estas normas, se busca principalmente disminuir los tiempos de desplazamiento de un lugar a otro, lo que influye en el tiempo de uso del servicio de transporte, siendo este un factor determinante en el destino del usuario, el cual depende de la distancia recorrida y la requerida adicionalmente para llegar al lugar deseado.

También es importante tener en cuenta que las normas de tránsito buscan mejorar la movilidad en la ciudad y al mismo tiempo disminuir la accidentalidad. En el caso de presentarse sucesos no deseados como heridos o muertes, estos gastos funerarios y hospitalarios son cubiertos por el

seguro de accidentes, el cual es cancelado por la empresa oferente del servicio, lo cual afecta los ingresos económicos de esta, adicionándole los gastos de movilización vehicular.

Estas características son modeladas mediante un diagrama de Forrester el cual representa las relaciones de causalidad entre los diferentes factores y variables que influyen en el sistema de transporte de la ciudad de Barranquilla. El siguiente modelo fue desarrollado mediante el software Vensim que permite no solo modelar un sistema sino realizar su simulación de manera que se puedan tomar decisiones sobre el comportamiento futuro del sistema. Ver figura 1.

Figura 1. Modelo de transporte actual, realizado en el software Vensim



Fuente: Diseñado por los autores

Modelo de Transporte Implementando las Tic

La implementación de las TIC en el sistema de transporte requiere que el recurso humano este capacitado en el manejo de las nuevas tecnologías de transporte. Partiendo de este conocimiento previo, se debe generar un nuevo conocimiento de TIC aplicado al sector transporte que debe ser aprendido por los *stakeholders* del servicio.

Para que las personas logren el aprendizaje significativo se requiere formarlas en TIC aplicadas al sector transporte y lo cual hace necesario invertir tiempo para preparar el contenido formativo y para enseñar sobre el uso de las herramientas tecnológicas en el servicio.

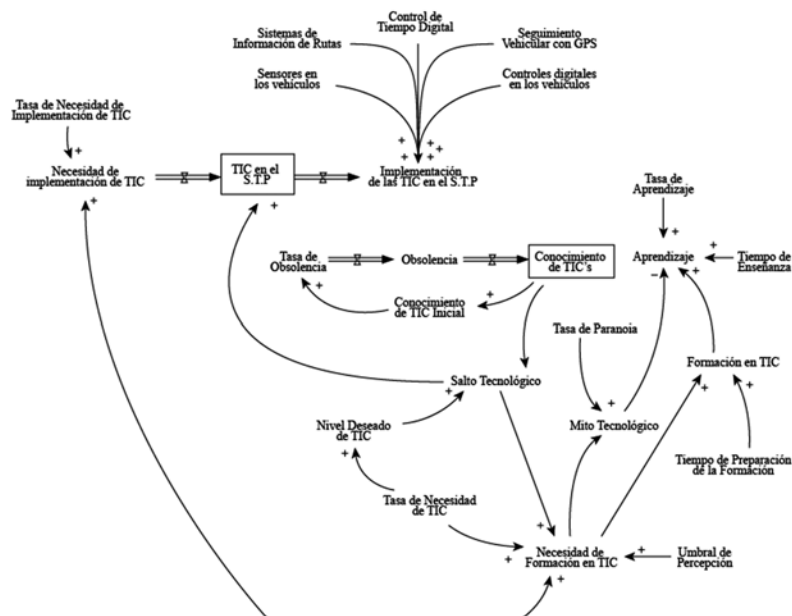
En muchos casos, cuando se desea realizar cambios estructurales en un sistema siempre se genera el mito de que el funcionamiento actual es el ideal y que los cambios gene-

rarán pérdidas. Hay que tener en cuenta que en los países desarrollados y en las grandes ciudades europeas el uso de las TIC en el servicio de transporte ha sido exitoso, con lo que se ha logrado dar un salto tecnológico en ese aspecto y es lo deseado para el sistema de la ciudad de Barranquilla.

Dar el salto tecnológico en estos momentos significa implementar las tecnologías de la información y la comunicación en el sistema de transporte; como son el seguimiento de vehículos con GPS, control de tiempo digital, sistemas de información de rutas, controles digitales y sensores en los vehículos, entre otros.

A continuación se presenta el modelo propuesto solo con los nuevos elementos y relaciones implementando las tecnologías de la información y la comunicación en el servicio de transporte de la ciudad de Barranquilla, Ver figura 2.

Figura 2. Modelo de Implementación de Tic en el sistema de transporte, realizado en el software Vensim



Fuente: Diseñado por los autores

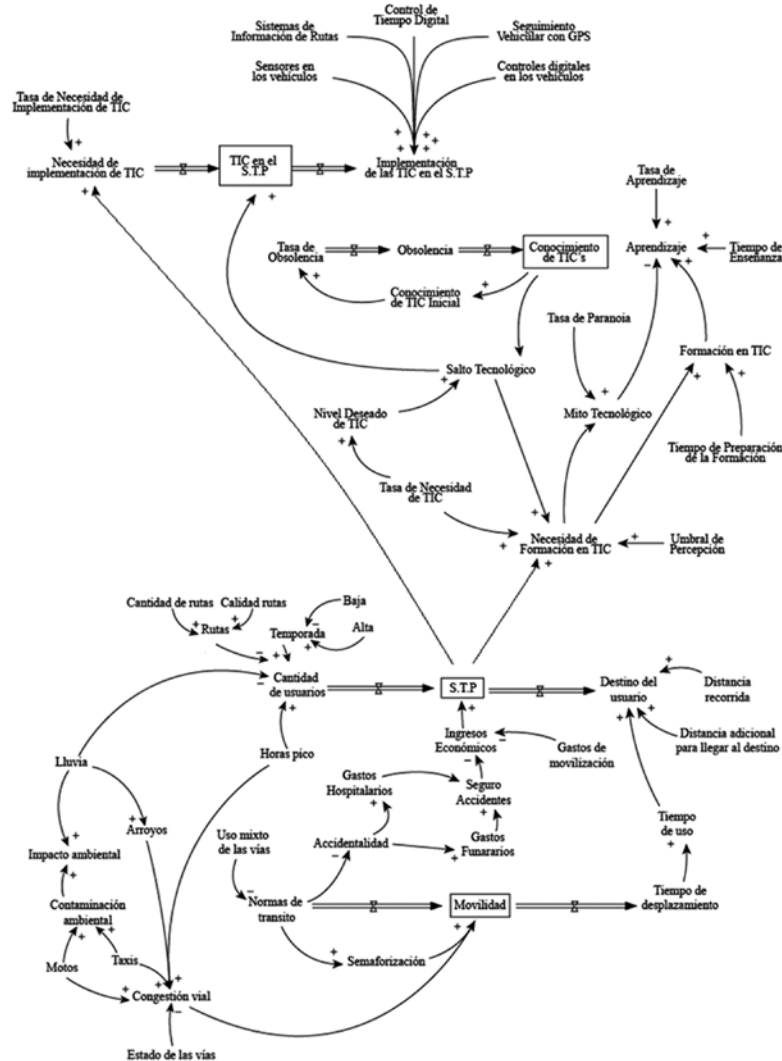
Modelo Final

A continuación se presenta el modelo final el cual contiene la integración del modelo actual y las nuevas relaciones de la implementación de las TIC en el modelo de transporte. Ver figura 3.

4. REFLEXIÓN Y TRABAJO FUTURO

Con el modelo propuesto y luego de tomar los datos se puede simular el sistema de transporte urbano de la ciudad de Barranquilla. Los datos obtenidos a través de los gerentes de algunas empresas fueron muy importantes para determinar

Figura 3. Modelo final: integración del modelo actual e implementación de las TIC, realizado en el software Vensim.



Fuente: Diseñado por los autores

cuáles fueron las variables endógenas y exógenas que participaron en el modelo, también la experiencia y la intuición en algunos casos fueron muy importante para construir el modelo anteriormente propuesto. A partir de este modelo se tiene una referencia específica para estudios posteriores ya que las relaciones causales establecidas permitirían mejorar el sistema de transporte desde la movilidad como la flexibilidad y establecer un plan de contingencia ante fenómenos naturales como los arroyos y otros fenómenos específicos como las horas picos que son los grandes causantes de los trancones y del caos vehicular en la zona metropolitana del distrito.

A largo plazo el modelo se puede nutrir de valores reales asignados a las variables por la experimentación, lo cual haría del modelo propuesto un modelo predictivo y con el mismo se podría determinar el comportamiento futuro en tres, cinco o más años. Pero seguiría como modelo de gestión porque en el mismo se pueden evaluar hipótesis y revisar la incidencia de políticas nuevas en el sistema de transporte.

Adicionalmente, se puede utilizar minería de datos para tratar los datos. Si los datos se toman por periodos relativamente más largos, entonces se pueden procesar las variables mediante el algoritmo de Asociación A Priori y buscar reglas que muestren relaciones entre estas variables. Igualmente, y haciendo uso de datos tomados en forma continua se puede determinar cuáles son las condiciones que hacen que el sistema de transporte urbano de la ciudad de Barranquilla mejore o no, en tal caso se puede utilizar un algoritmo de agrupamiento como K-Means.

Finalmente, se deben destacar de esta propuesta la apropiación social de la tecnología de punta en un proyecto con gran impacto social que se articula con el uso de las nuevas tecnologías, la información y las comunicaciones.

REFERENCIAS

Aracil, J. y Gordillo, F. (1997). Dinámica de Sistemas. En: <http://tiesmexico.cals.cornell.edu/courses/shortcourse5/minisite/pdf/Literatura/Aracil%20Gordillo%20DS.pdf>

Dales, C., Hughes, L., Finnegan, S. y Gammons, T. (2008). *City modelling of transport related CO2 a new approach*. En: http://ieeexplore.ieee.org/xpl/mostRecentIssue.jsp?sort- Type%3Dasc_p_Sequence%26filter%3DAND%28p_IS_Number%3A4562143%29&refinements=4281292930&pageNumber=1&resultAction=REFINE .

Duarte, E. (2011). El transporte público colectivo en Bogotá, D.C.: Una mirada desde la dinámica de sistemas. En: *Ingeniería*, Vol. 16, No. 2, pág. 18 - 34.

Fedra, K. (2004). Sustainable Urban Transportation: a model-based approach. *Cybernetics and Systems: An International Journal*, vol. 35 (5-6), 455-485.

Forrester, J. W. (1961). *Industrial dynamics*. Cambridge, MA: MITpress, 484 páginas.

Forrster, J. W. (1968). Industrial Dynamics - After the first decade. *Management Science* 14(7) 398-415.

FUNDETEC y Junta de Castilla y León (2007). *El Libro Blanco de las TIC y el Sector Transporte*. Recuperado de <http://www.fundetec.es/wp-content/uploads/2012/03/LIBROBLANCObaja.pdf>

Martín, J. (2004). *Sysware. La toma de decisiones empresariales en un mundo complejo. La Teoría General de Sistemas*. JMG. ISBN 84-609-2462-9. P.148, 152 <http://psicolibro.wordpress.com/2008/08/18/sysware-la-toma-de-decisiones-empresariales-en-un-mundo-complejo/>

Kwan, T. y Blanco, E. (2009). System Dynamics Modeling of the SmartWay Transport Partnership. *Second International Symposium on Engineering Systems*. Recuperado de <http://esd.mit.edu/symp09/submitted-papers/tan-paper.pdf>

Lopez, L y Martinez, S. (2000) *Iniciación a la Simulación Dinámica*. Barcelona: Ariel Económica, 244 páginas.

Moscoco J., Perdomo M., Perdomo L., Mayorga O. (2011). *Modelado de sistemas de transporte masivo empleando dinámica de sistemas: caso Transmilenio S.A.* 9 Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas. Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario. En: http://www.urosario.edu.co/Administracion/documentos/9-Dinamicas/045_1701714045/

Orozco J., Arenas F. (2013). Aproximación al desarrollo de un sistema de transporte masivo a través de la dinámica de sistemas. *Sistemas y telemática. Revista S&T*, 11(24), p. 91-106

Wang J., Lu H., Peng H. (2008). System Dynamics Model of Urban Transportation System and Its Application. En: *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*. Volume 8, Issue 3, p. 83–89.