

## MODELO DEL MERCADO DE ACCESO BANDA ANCHA AL SERVICIO DE INTERNET RESIDENCIAL EN COLOMBIA: UNA APROXIMACIÓN DESDE LA DINÁMICA DE SISTEMAS

**Luis Alejandro Flétscher Bocanegra**

Universidad Católica Popular de Risaralda, Pereira (Colombia)

**Luciano Gallón**

Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín (Colombia)

### Resumen

Este artículo presenta una versión inicial del modelo a desarrollar dentro del proyecto de investigación “Modelo del Mercado de Acceso Banda Ancha al Servicio de Internet Residencial en Colombia: una Aproximación desde la Dinámica de Sistemas”. Así mismo, se muestran los resultados obtenidos a partir de una primera representación conceptual de su comportamiento, reflejada en el denominado diagrama causal, la cual estuvo soportada en el software Vensim PLE® Versión 5.8c, aplicación especializada en el enfoque de la dinámica de sistemas.

**Palabras clave:** Dinámica de sistemas, banda ancha, acceso a internet, modelado, simulación.

### Abstract

This article introduces an initial version of the model to be developed within the research project “Model of Broadband Access Market for Residential Internet Service in Colombia: an Approach from the Systems Dynamics”. It shows the results obtained from an initial conceptual representation of its behavior reflected in the Causal Diagram, which was supported by the software Vensim PLE® version 5.8c, which specializes in applying the approach of Systems Dynamics.

**Keywords:** System dynamics, broadband, internet access, modeling, simulation.

### Introducción

Dentro del desarrollo del proyecto “Modelo del mercado de acceso banda ancha al servicio de internet residencial en Colombia: Una aproximación desde la Dinámica de Sistemas”, la búsqueda sucesiva e iterativa de una representación formal del sistema exige elaborar diversas versiones del modelo y someterlas a pruebas que permitan llegar a un producto

que efectivamente profundice en el conocimiento del objeto de estudio y sirva de insumo para la toma de decisiones dentro del sector de interés.

De esta manera, el artículo presenta en sus primeras secciones una aproximación a lo que se desea obtener en el proyecto y la metodología a seguir, para posteriormente plantear una versión inicial del modelo, representado en un diagrama causal, que permite

analizar las diferentes relaciones e interacciones y que será la base del consecuente diagrama de flujos.

### **Descripción del proyecto**

El sector de las telecomunicaciones en Colombia ha venido experimentando un cambio radical desde hace algo más de diez años, al pasar de un ambiente monopólico a uno de competencia abierta, donde la oferta de servicios ha sido cada vez mayor, debido entre otras cosas, a la incursión de nuevos operadores, la diversidad de tecnologías disponibles y la consecuente disminución de las tarifas. Esta situación, sumada a la incertidumbre económica y social, ha propiciado que las costumbres de los consumidores estén en continuo proceso de evolución, generando un ambiente de incertidumbre para quienes tienen que enfrentarse al desafío de ofrecer y prestar los servicios que demanda la sociedad.

Buscando proporcionar una fuente de información confiable, diversas instituciones nacionales se han preocupado durante los últimos años en proveer al sector de cifras que sirvan como soporte a sus procesos y faciliten la estimación del tamaño del mercado, sin embargo, en la mayoría de los casos estos datos, tal y como se presentan, no permiten un análisis sistémico que facilite visualizar de forma integral las relaciones que produjeron dichos comportamientos.

En este sentido, la dinámica de sistemas se convierte en una buena alternativa para enfrentar la situación, ya que permite analizar y sintetizar diversas causas estructurales que provocan el comportamiento del sistema de interés. Esto implica aumentar el conocimiento sobre el papel de cada elemento y ver cómo diferentes acciones, efectuadas sobre partes del mismo, acentúan o atenúan las tendencias implícitas en él (García, 2007).

Conforme a lo anterior es necesario construir modelos que estén en capacidad de sintetizar los componentes, sus relaciones, la estructura y las dinámicas del sistema, para analizar las interacciones y comportamientos de sus componentes. Así las cosas, el desarrollo de un modelo general para el problema en cuestión permitirá comprender de una nueva forma,

los estados y las dinámicas del sistema y ayudaría a crear simulaciones de escenarios que aportarían nuevos criterios y restricciones para las políticas de toma de decisiones.

### **Enfoque metodológico: la dinámica de sistemas**

La dinámica de sistemas hace su aparición a mediados del siglo XX, a raíz de los estudios realizados por Jay W. Forrester en el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT), quien en sus experimentos se percató de la importancia del enfoque sistémico para concebir y controlar entidades complejas como las que surgen de la interacción de hombres y máquinas. Sus primeros desarrollos se aplicaron al campo industrial, labor que quedó consignada en la publicación *Industrial Dynamics* en 1961, metodología que al ser aplicada en otros campos sería generalizada con el nombre de dinámica de sistemas en el año 1968.

Esta sección se estructura como una presentación básica de los aspectos conceptuales y metodológicos que se aplicarán en el desarrollo del proyecto, sirviendo como herramienta para la comprensión de los procesos que se llevarán a cabo posteriormente.

### **Filosofía de la dinámica de sistemas**

El objetivo básico de la dinámica de sistemas es llegar a comprender las causas estructurales que provocan el comportamiento de un sistema, a través del conocimiento de cada uno de sus elementos constitutivos y de las interacciones que se generan entre ellos, planteamiento que dista mucho de los esquemas tradicionales de análisis. Al respecto se puede mencionar que:

*El punto de vista de la Dinámica de Sistemas es radicalmente diferente al de otras técnicas aplicadas a la construcción de modelos de sistemas socioeconómicos, como la econometría. Las técnicas econométricas, basadas en un enfoque conductista, emplean los datos empíricos como base de los cálculos estadísticos para determinar el sentido y la correlación existente entre los diferentes factores. La evolución del modelo se realiza*

*sobre la base de la evolución pasada de las variables denominadas independientes, y se aplica la estadística para determinar los parámetros del sistema de ecuaciones que las relacionan con las otras denominadas dependientes. Estas técnicas pretenden determinar el comportamiento del sistema sin entrar en el conocimiento de sus mecanismos internos (García, 2007).*

Tal como lo plantea Drew (1995), un aspecto importante del enfoque sistémico es la construcción de modelos, el cual se constituye en una abstracción de la realidad que captura la esencia funcional del sistema, con el detalle suficiente como para que pueda utilizarse en la investigación y la experimentación en lugar del sistema real. Por consiguiente, en la medida en que un modelo particular sea una representación apropiada del sistema, puede convertirse en una ayuda muy valiosa para el análisis de políticas, la toma de decisiones y la resolución de problemas.

Es importante señalar la diferencia existente entre dos clases de modelos, los de predicción que pretenden suministrar datos precisos acerca de la situación futura del sistema modelado y los de gestión que pretenden básicamente establecer que “la alternativa x es mejor que la alternativa y”; en estos modelos no existe necesidad de tanta precisión ya que las comparaciones son igualmente útiles. La dinámica de sistemas elabora modelos de esta segunda clase (García, 2007).

En este sentido, la dinámica de sistemas se convierte en una buena alternativa para el abordaje de problemas complejos, ya que permite analizar y sintetizar diversas causas estructurales que provocan el comportamiento del sistema de interés. Esto implica aumentar el conocimiento sobre el papel de cada elemento y ver cómo diferentes acciones, efectuadas sobre partes del mismo, acentúan o atenúan las tendencias de comportamiento implícitas en él (García, 2007).

Al respecto, es importante mencionar que más allá de presentar modelos que se ajusten a datos históricos, lo que se persigue es el conocimiento de la lógica interna y de las relaciones que se presentan al interior del objeto de estudio, buscando entenderlo como un todo más que como la suma de sus partes constitutivas.

## **Representación de los modelos en dinámica de sistemas**

Dentro de las representaciones utilizadas al desarrollar modelos bajo el enfoque sistémico, es importante definir dos diagramas que se convierten en el pilar del trabajo final, a saber: el diagrama causal (también conocido como diagrama de influencias) y el diagrama de flujos y niveles.

Es importante notar que tanto los diagramas causales como los de flujos y niveles no son modelos de simulación. Los modelos de simulación, agregan relaciones algebraicas a todas las variables que aparecen en un diagrama, emergiendo en ese momento su verdadera potencialidad.

Por un lado, el diagrama causal recoge los elementos clave del sistema y las relaciones entre ellos, de tal forma que se convierte en una primera aproximación a la explicación del comportamiento observado. “Los diagramas de ciclos causales son llamados así porque cada conexión muestra una relación causal. Una flecha que va desde A hacia B indica que A causa un efecto sobre B” (Ventana Systems, Inc., 2007).

En segundo término, “el diagrama de flujos, también denominado Diagrama de Forrester, es el diagrama característico de la dinámica de sistemas. Es una traducción del diagrama causal a una terminología que permite la escritura de las ecuaciones en el ordenador para así poder validar el modelo, observar la evolución temporal de las variables y hacer análisis de sensibilidad” (García, 2007).

## **Proceso de elaboración del diagrama causal**

Una vez delimitado y consolidado el problema al que se desea encontrar solución a través del desarrollo del modelo, es fundamental definir los elementos que estarán presentes y las respectivas relaciones entre ellos, de manera tal que sea posible estructurar un panorama general del sector objeto de estudio. Con el fin de alcanzar este objetivo se plantean los pasos descritos a continuación.

## **Definición de las influencias de primer orden**

Para la definición de las influencias de primer orden se procederá por parte del responsable del proyecto a

realizar un primer análisis de los elementos presentes en el sector con el fin de determinar cuáles son prioritarios dentro del desarrollo del modelo.

### **Definición de las influencias de segundo y tercer orden**

Una vez identificados los elementos principales que influyen directamente en el problema, se procede a seleccionar aquellos que a su vez ejercen influencia en los primeros, los que se denominarán influencias de segundo orden. De la misma forma, se identificarán las influencias para los de segundo orden, denominados de tercer orden.

### **Definición de relaciones**

Al tener identificados los elementos de interés para el modelo, es necesario determinar las influencias e interacciones entre ellos. “La correlación puede ser positiva o negativa. Si es positiva, significa que sujetos con altos valores de una variable tenderán a mostrar altos valores en la otra variable. Si es negativa, significa que sujetos con altos valores en una variable tenderán a mostrar bajos valores en la otra variable” (Hernández, 1998)

### **Proceso de elaboración del diagrama de flujos y niveles**

Tal como se plantea en los manuales de usuario del Software Vensim (2007), el diagrama de flujos es una forma de representar la estructura de un sistema con información más detallada de la que se emplea en un diagrama causal. El estado de los niveles es fundamental para comprender la conducta de un sistema; los flujos son las causas que los hacen cambiar. La definición de los niveles y los flujos es el primer paso para la construcción de un modelo de simulación porque ayudan a definir los tipos de las otras variables que son importantes causas de la conducta observada.

De esta manera, a partir del diagrama causal realizado en la etapa anterior y soportado en software especializado en dinámica de sistemas, se estructurará el modelo que permitirá realizar las simulaciones del comportamiento del sistema de interés. Las etapas seguidas para el desarrollo del diagrama de flujos son:

### **Caracterización y parametrización de los elementos**

En esta etapa se procede a determinar el comportamiento de las diferentes variables a través del tiempo, de forma tal que sea posible, mediante ecuaciones matemáticas, caracterizar sus comportamientos y las relaciones existentes entre ellas.

Para poder realizar una parametrización adecuada es fundamental contar con datos históricos verídicos, para tal fin se recurrirá a los informes elaborados por las diversas dependencias gubernamentales encargadas de recolectar información (DANE, CRT, Ministerio de Comunicaciones, entre otras).

### **Elaboración de la versión inicial del modelo**

A partir de las parametrizaciones realizadas, se plantea una primera versión del modelo base para las simulaciones y consecuentes mejoras. El objetivo primordial de esta etapa es conseguir entonces un modelo que pueda ser ejecutado en la herramienta seleccionada para la realización de la simulación, es decir, que su estructura formal se ajuste a los requerimientos del software.

Actualmente el proyecto se encuentra en la etapa de parametrización, razón por la que en el presente artículo solo se abarcan los aspectos concernientes al diagrama de influencias.

### **Parámetros de validación del modelo**

En el desarrollo de esta etapa se someterá el modelo a revisión de un grupo conformado por cinco expertos en la materia, de tal forma que sus aportes y opiniones permitan obtener un producto más depurado y con una visión externa que enriquezca y dé mayor validez al proceso.

Para la selección y consolidación del grupo expertos se tendrán en cuenta las características y necesidades particulares del modelo planteado, de tal manera que los diversos puntos de vista enriquezcan y validen la propuesta final. De esta forma se espera contar con:

- Un representante con perfil técnico de una empresa proveedora del servicio de acceso a internet banda ancha
- Un representante con perfil administrativo de una empresa proveedora del servicio de acceso a internet banda ancha
- Un investigador en el campo de la dinámica de sistemas
- Un especialista en comportamiento de mercados
- Un miembro de un observatorio o grupo de investigación que tenga como tema de interés el sector de las telecomunicaciones.

La versión inicial del modelo planteado en el artículo cuenta con las observaciones realizadas por magister en economía, Alejandro Torres, experto en comportamiento del mercado, quien actualmente se desempeña como Director del Programa de Economía de la Universidad Católica Popular del Risaralda.

Como se mencionó previamente, actualmente se está abordando la etapa de parametrización, la que una vez culminada se someterá a una nueva evaluación por parte del grupo completo de expertos.

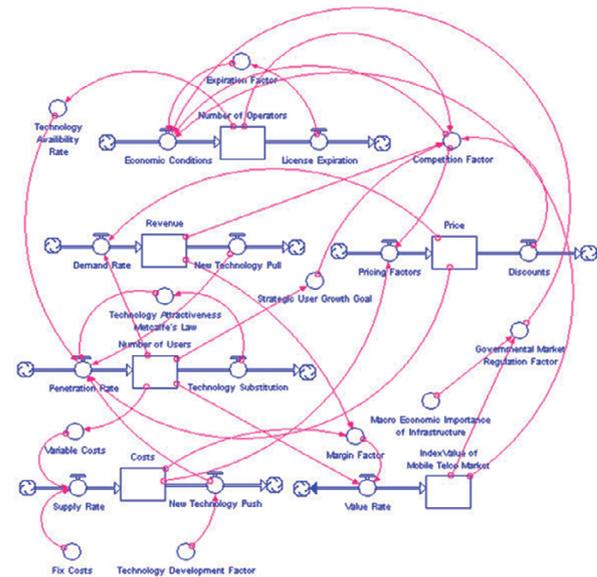
### Antecedentes de modelos similares

En el campo académico, al igual que en el sector empresarial, se han llevado a cabo aplicaciones de la dinámica de sistemas a problemas relacionados con la tecnología y las telecomunicaciones. A continuación se presentan dos proyectos que ilustran estos desarrollos.

#### The Business Dynamics in Telecommunication Market Consolidation

George Amstad (2006), estudiante del master en ciencias del departamento de sistemas de la información de la Universidad Estatal de Louisiana, planteó como su tesis de grado un proyecto que pretendía caracterizar, mediante la dinámica de sistemas, el comportamiento del mercado de las telecomunicaciones móviles en Suiza.

Figura 1. Modelo del mercado de las Telecomunicaciones Móviles en Suiza (Amstad, 2006)



El modelo mostrado en la figura 1, buscaba explicar el efecto que tenía en los precios de los servicios el contar con un número limitado de proveedores, de tal forma que una vez comprendidas estas causas, fuera posible pensar en el comportamiento de dicho mercado si entrase a regir una ley de liberalización de las telecomunicaciones.

A partir del modelo desarrollado y analizando su respuesta frente a las variaciones, fue posible plantear una serie de escenarios referentes al comportamiento que tendrían los precios en un futuro, teniendo en cuenta aspectos como la variación en el número de operadores presentes y el impacto que los costos de prestación de los servicios incluían.

#### A System Dynamics Model of the Development of New Technologies for Ship Systems

Este proyecto fue desarrollado por W. G. Sullivan y C. P. Koelling (2001) como requisito para obtener su título de Master of Science in Industrial and Systems Engineering, en el Virginia Polytechnic Institute.

El proyecto buscaba plantear un nuevo modelo (Figura 2) que se convirtiese en alternativa a los procesos tradicionales de desarrollo de nuevas tecnologías.



decisiones de compra de los consumidores ya que esto permite a su vez visualizar la forma en que las variaciones en los ingresos, precios y condiciones del entorno afectan la aceptación del servicio. Para el análisis de dicha conducta se plantean las siguientes variables las cuales se encuentran relacionadas directamente con las preferencias, restricciones y elecciones que hacen los consumidores respecto a los servicios que adquieren.

*Utilidad:* hace referencia a la representación de la satisfacción que reporta a un consumidor un bien o servicio determinado. Para el caso particular del presente modelo, la utilidad estará relacionada con el nivel de satisfacción expresado por los usuarios referente a su servicio de acceso a Internet banda ancha en su residencia, comportamiento que puede ser inferido a partir de la medición del Nivel de Satisfacción de los Usuarios (NSU) realizada por la CRT a partir del año 2003.

*Ingreso per cápita:* Dado el carácter limitado en cuanto a recursos económicos que tienen los usuarios, es importante incluir dentro del análisis un factor que represente la variación de sus ingresos. Para tal fin se ha decidido considerar la variable ingreso per cápita, que permite determinar el ingreso que recibe, en promedio, cada uno de los habitantes de un país; es decir, en promedio, cuánto es el ingreso que recibe una persona para subsistir (Arango, 1997). El comportamiento del ingreso per cápita es importante cuando se quiere estudiar el nivel de vida promedio de la población, permitiendo establecer comparaciones en diferentes marcos temporales y la forma como su variación influye en la decisión de invertir en cierto tipo de bienes o servicios.

*Población:* el patrón de crecimiento de la población colombiana, que corresponde a una serie de parámetros tales como la cantidad de individuos que constituye la población, su tasa de incremento característico y el tiempo transcurrido, se articulan como un elemento importante del modelo ya que se convierten en la fuente de los potenciales usuarios del servicio, siendo por consiguiente fundamental analizar su comportamiento e influencia dentro del sistema de interés. Para tal fin, las fuentes de información a utilizar serán las series de tiempo entregadas por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística

(DANE), que permiten establecer el comportamiento de la población por sexo y grupos quinquenales de edad y edades simples de 0 a 24 años.

*Número de suscriptores:* la Ley 142 de 1994 en los numerales 14.31 y 14.33 del artículo 14 establece las siguientes definiciones de suscriptor y usuario (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2007):

- Suscriptor: persona natural o jurídica con la cual se ha celebrado un contrato de condiciones uniformes de servicios públicos (...)
- Usuario: persona natural o jurídica que se beneficia con la prestación de un servicio público, bien como propietario del inmueble donde éste se presta, o como receptor directo del servicio. A este último usuario se denomina también consumidor.

Conforme con lo anterior, para el presente análisis se considerará el concepto de suscriptor por encima del de usuario, ya que él es quien representa y se ve reflejado en las estadísticas y cifras manejadas por los operadores, convirtiéndose de paso en la variable representativa de la demanda dentro del modelo a desarrollar.

*Capacidad de compra:* la inflación causa que la capacidad adquisitiva de los consumidores se contraiga en ciertos momentos en el año, fenómeno que los gobiernos buscan corregir al aumentar el Salario Mínimo Legal Vigente – SMLV, contrarrestando la pérdida de capacidad de compra de los ciudadanos (Herrera, 2008). Esta variable permite analizar el efecto que el comportamiento sufrido por la capacidad de compra de los colombianos tiene sobre la adquisición de ciertos productos y servicios que no son de primera necesidad.

*Educación:* el nivel educativo de un país puede influir sobre el comportamiento y la demanda que se tenga respecto a ciertos productos o servicios que se articulan de forma complementaria a estos procesos de formación, caso particular del Internet que se ha convertido en herramienta de primera mano para la transmisión de conocimiento, siendo por lo tanto importante analizar la forma en que la variable educación impacta el mercado de interés.

### **Variables relacionadas con los proveedores del servicio**

Al igual que los consumidores, las empresas también tienen sus limitaciones en lo que se refiere a los tipos de servicios que pueden ofrecer y los recursos de que pueden disponer para ofrecerlos (Pindyck y Rubinfeld, 2001). De esta forma, se hace necesario identificar cuáles son los factores que influyen en el comportamiento y decisiones de una organización y de qué manera afectarán el actuar de la misma dentro del mercado en el cual se desenvuelven. A continuación se presentan los factores que se tendrán en cuenta dentro del modelo.

*Número de operadores:* la competencia hace referencia a la existencia de un gran número (normalmente mayor a 5 para un mismo segmento de producto) de empresas o personas, las cuales realizan la oferta y venta de un producto o servicio (son oferentes) en un mercado determinado, en el cual también existen unas personas o empresas, denominadas consumidores o demandantes, las cuales, según sus preferencias y necesidades, les compran o demandan esos productos a los oferentes (McConnell, 1997). Particularmente, en el sector de las telecomunicaciones cuando surge un nuevo servicio se dan procesos de selección natural entre los diferentes interesados, procesos que se ven mediados por la capacidad que tengan de inversión tanto en infraestructura como en publicidad y masificación de la oferta, tendiendo a estructurar finalmente mercados oligopólicos donde unos pocos operadores (del orden de dos o tres por región analizada) terminan por dividirse los usuarios. Por consiguiente, la variable número de operadores está asociada directamente al factor competencia existente en cualquier mercado y determina la cantidad de operadores presentes y su comportamiento a través del tiempo.

*Penetración de tecnologías:* si bien es cierto en el campo del acceso banda ancha a Internet existen tecnologías específicas necesarias para su prestación, a lo largo del proyecto cuando se mencione el concepto tecnologías se utilizará en una acepción más específica entendiéndolas como TIC, donde además de incluir las tecnologías de acceso utilizadas para la prestación de servicios de telecomunicaciones, se tendrán en cuenta otros elementos complementarios

que influyen en el comportamiento del sector. En este caso específico, la variable penetración de tecnologías hace referencia a la disponibilidad que tienen los suscriptores para acceder a medios que les faciliten la obtención del servicio. Particularmente en el caso de la banda ancha, es importante tener en cuenta qué existen diversas tecnologías de acceso que cumplen esta función (xDSL, Cable módem, WiMax, UMTS, etc.), además de productos complementarios como computadores. Sin embargo, dados los objetivos del modelo a desarrollar, no se hará ningún tipo de diferenciación entre estas tecnologías de acceso y se trabajarán de una forma global, dejando para futuras propuestas de investigación analizar el impacto particular que han tenido las TIC.

*Precio:* se denomina precio al valor monetario asignado a un bien o servicio. Para nuestro caso hace referencia a la tarifa que cobra el operador por la prestación del servicio. El precio juega un papel prioritario en la dinámica de los mercados ya que su comportamiento influye en la demanda a través de la relación conocida como elasticidad, la cual indica el cambio porcentual en la cantidad demandada de un bien o servicio, al producirse una variación, así mismo porcentual, en su precio (Fernández & Tugores, 1997).

*Costo de prestación del servicio:* se denomina costo a la cantidad económica que representa la fabricación de cualquier componente o producto, o la prestación de cualquier servicio. Su importancia radica en que conocido el costo de un producto o servicio se puede determinar su precio de venta al público (P.V.P.), ya que el P.V.P. es la suma del costo más el beneficio que desea obtener la empresa (Kreps, 1995). Por consiguiente, tal como el precio influye en la demanda, el costo en el que incurre el operador para llevar el servicio hasta los suscriptores será un factor a tener en cuenta dentro del comportamiento del mercado.

### **Variables relacionadas con el entorno**

Así como existen variables relacionadas directamente con los proveedores y los consumidores, de igual forma se presentan otras que son características del entorno en que se desarrolla el proyecto, siendo importante por lo tanto considerarlas ya que su presencia se refleja en la dinámica que el sistema posee. A continuación se presentan las variables seleccionadas.

*Devaluación:* representa el cambio de valor de una moneda, dependiendo de si éste aumenta o disminuye en comparación con otras monedas extranjeras, denominándose revaluación o devaluación respectivamente. La revaluación ocurre cuando una moneda de un país aumenta su valor en comparación con otras monedas extranjeras, mientras que la devaluación ocurre cuando la moneda de un país reduce su valor en comparación con otras monedas extranjeras (McConnell, 1997). Se considera importante su presencia dentro del modelo ya que en el mercado de las telecomunicaciones, la mayoría de transacciones relacionadas con compra de equipos y despliegue de infraestructura necesaria para la prestación de los servicios se realiza en dólares, teniendo dichos cambios en el valor de la moneda (particularmente el peso frente al dólar) una gran influencia en las decisiones de adquisición de tecnologías de las empresas y en el costo de despliegue de sus redes, ya que el valor de la deuda o inversión en moneda local podrá aumentar o disminuir conforme al comportamiento que esta variable tenga.

*Inflación:* se define como inflación al aumento generalizado del nivel de precios de bienes y servicios. Se define también como la caída en el valor del mercado o del poder adquisitivo de una moneda en una economía en particular (Lora, 1999). Su importancia dentro del modelo radica en que el comportamiento de esta variable influirá en las condiciones económicas de los potenciales usuarios y su capacidad para adquirir un bien o servicio determinado.

*Regulación:* la variable regulación representa todas aquellas estrategias de control que sobre un mercado particular ejerce un organismo determinado. Las políticas de regulación pueden afectar la forma o el contenido en que es prestado un servicio, al establecer lineamientos de obligatorio cumplimiento para las empresas participantes, influyendo en el comportamiento de los operadores y el atractivo del mercado. *Precio de los productos complementarios:* los productos complementarios son aquellos cuya demanda aumenta o disminuye simultáneamente pues el consumo de uno provoca el de otro (Pindyck y Rubinfeld, 2001). Por ejemplo, para nuestro caso particular los computadores se articulan como productos complementarios del acceso Banda Ancha y el comportamiento de sus precios podrá afectar la demanda del servicio.

## Análisis de los bucles de realimentación

La dinámica del sistema propicia la presencia de ciertas relaciones que finalmente se estructuran en bucles de realimentación encargados de propiciar al modelo de comportamientos particulares, los cuales pueden ser positivos o de refuerzo y negativos o de estabilización. A continuación se realiza el análisis de cada uno de los bucles identificados enfatizando en la función que cumplen dentro del mercado estudiado.

### Bucle número 1

El primer bucle de realimentación se constituye a partir de una reconocida externalidad positiva en el campo de las telecomunicaciones: el valor de una red para un usuario aumenta cuando se incrementa el número de usuarios que acceden a ella, razón por la cual el crecimiento de suscriptores realimentará el sistema provocando la entrada de nuevos actores (CRT, 2004).

Es así como a partir del desarrollo y el número de usuarios que estén utilizando el servicio, un mayor número de interesados aparecerá como fruto de la utilidad y el valor que para ellos representa la posibilidad de conectarse con sus pares y la búsqueda de nuevos espacios de comunicación y entretenimiento. De esta manera, se genera un bucle de realimentación positiva estructurado como lo muestra la Figura 3.

Figura 3. Primer bucle de realimentación



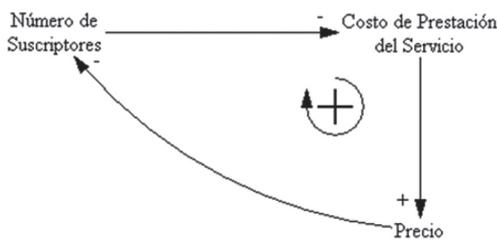
Si bien es cierto este tipo de bucles podría generar un comportamiento inestable, como se podrá observar en análisis posteriores, el crecimiento del número de

suscriptores tiene unos límites inherentes al sistema, como la penetración de tecnologías y la inversión que las empresas deben hacer en desarrollo de infraestructura para garantizar ciertos niveles de cobertura, razones que por demás evitarán un crecimiento ilimitado de la población que accede al servicio.

**Bucle número 2**

El segundo bucle que se logra identificar está compuesto por tres elementos: Número de Suscriptores, Costo de Prestación del Servicio y Precio. Es un bucle de realimentación positiva que muestra la forma en que un aumento en el número de suscriptores conlleva a una disminución en los costos de prestación del servicio (debido a las economías de escala) lo que a su vez causa una disminución en el precio y un consecuente aumento en los suscriptores, tal como lo muestra la Figura 4.

Figura 4. Segundo bucle de realimentación



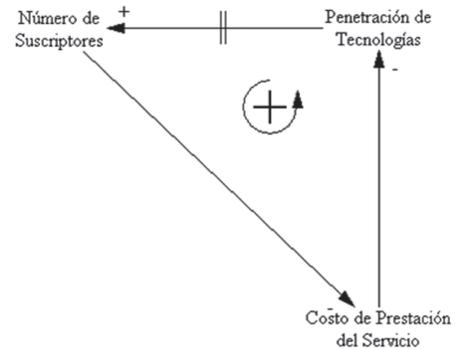
Este comportamiento impulsa el desarrollo del sistema y podría seguir presentándose hasta que el número de suscriptores fuera infinito y el precio cero, sin embargo nuevamente hacen presencia elementos limitadores como el tamaño de las redes, la población objetivo y el precio mínimo fijado para el mercado, que provocarán el tener que realizar nuevas inversiones en infraestructura, buscar otras zonas de interés o frenar la disminución de precios de tal forma que no se llegue a un sistema inestable.

**Bucle número 3**

El tercer bucle que se observa en el diagrama causal es el compuesto por tres elementos: Número de Suscriptores, Costo de Prestación del Servicio y Penetración de Tecnologías. Es un bucle de realimentación positiva que muestra la forma en que la penetración de tecnologías influye en el crecimiento del número de suscriptores y la consecuente disminución de los

costos de prestación del servicio (debido a las economías de escala) lo que a su vez causa un aumento en la penetración, tal como lo muestra la Figura 5.

Figura 5. Tercer bucle de realimentación

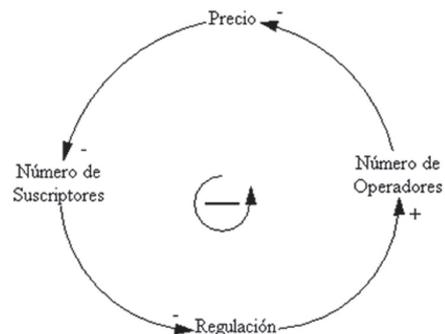


Su comportamiento es muy similar al del primer bucle, con elementos limitadores como la cantidad de población objetivo y el máximo nivel de penetración que se puede lograr, lo que llevará a un punto en que dicho crecimiento se frenará. De igual forma, y por primera vez, se observa un retraso en el sistema relacionado con el lapso que transcurre entre la realización de inversión en tecnologías, su despliegue y su efectiva adopción por parte de los usuarios, lo que claramente llevará a que la respuesta en el crecimiento de suscriptores no sea inmediata.

**Bucle número 4**

Este bucle, presente en la Figura 6, está constituido por cuatro elementos: Número de Suscriptores, Regulación, Número de Operadores y Precio. Es un bucle de realimentación negativa que muestra la forma en la que diferentes fuerzas regulan el precio de un mercado y la incidencia que esto tiene en el número de suscriptores.

Figura 6. Cuarto bucle de realimentación



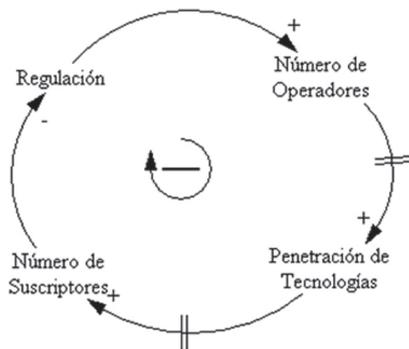
Conforme con lo anterior, inicialmente es posible observar como un incremento en la competencia (crecimiento en el número de operadores) conlleva a una disminución en los precios y un consecuente aumento en el número de suscriptores, requiriendo así una menor intervención del ente regulador.

Sin embargo, se puede dar el caso contrario, en el que el tener pocos operadores lleve a abusos en los precios, disminución de los suscriptores y la necesidad de aumentar la regulación que en el mercado debe haber, logrando un balance en la dinámica y comportamiento del mismo.

**Bucle número 5**

El quinto bucle identificado, Figura 7, se encuentra constituido igualmente por cuatro elementos a saber: Número de Suscriptores, Regulación de la competencia, Número de Operadores y Penetración de tecnologías. Es un bucle de realimentación negativa que muestra la incidencia de la penetración de tecnologías y el ente regulador en el número de suscriptores.

Figura 7. Quinto bucle de realimentación



En este bucle es posible observar cómo el número de operadores incide directamente en la penetración de tecnologías lo que a su vez conlleva a un crecimiento en el número de suscriptores, sin embargo esto no sucede de forma instantánea ya que las reacciones del mercado frente a nuevas presencias puede ser lenta debido en muchos casos a la necesidad de cambiar los planes de negocio y reenfocar los objetivos de la compañía.

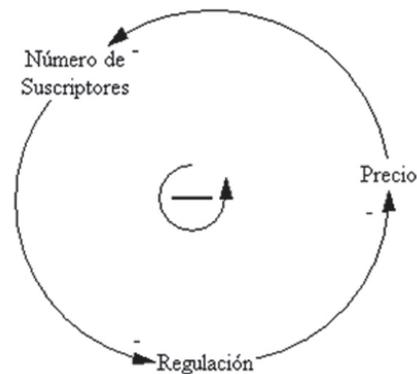
En el momento en que este fenómeno empieza a darse es probable que implique menos necesidad de inter-

vención del ente regulador. Sin embargo, se puede presentar el caso contrario, en el cual sea necesaria una participación activa de la regulación, de tal forma que se obligue en cierta medida a los operadores existentes a desplegar sus redes en determinadas zonas, o permitir la presencia de nuevos actores que cumplan esta función.

**Bucle número 6**

El sexto bucle identificado, Figura 8, se estructura partir de la relación existente entre la Regulación, los Precios y el Número de suscriptores, marco en el cual se presentan fenómenos como el vivido en algún momento en Colombia, donde el ente regulador interviene las tarifas con el fin de incentivar el desarrollo del servicio, clarificar las normas de tarificación y aumentar el número de usuarios de una tecnología determinada. Es un bucle de realimentación negativa que muestra la incidencia del precio y el ente regulador en el número de suscriptores.

Figura 8. Sexto bucle de realimentación



**Diagrama causal**

Una vez identificadas las variables importantes para el sistema y los bucles de realimentación que se configuran a partir de sus interacciones, se presenta un primer panorama general del sistema reflejado en el diagrama causal mostrado en la figura 9, el cual permite tener una visión preliminar de los comportamientos y la dinámica global de nuestro mercado de interés.



Otro aspecto fundamental es el relacionado con la penetración de tecnologías lo que necesariamente dependerá del desarrollo e inversión en infraestructura que hagan las empresas. Al respecto es importante aclarar que para el caso colombiano se hablará solo de “desarrollo e inversión” en infraestructura pues los procesos de investigación y desarrollo en este campo son incipientes todavía, configurándose primordialmente como un país adoptante de tecnologías más que innovador.

Existen dos factores que se constituyen en elementos importantes de análisis, el primero está relacionado con la incidencia que tiene, en el número de usuarios, el precio de los productos complementarios, fenómeno que se evidenció en Colombia donde en el año 2008 las ventas de computadores crecieron 47,7% de acuerdo a datos suministrados por el DANE en su encuesta mensual de comercio, debido entre otras cosas a la revaluación del peso y a la estrategia del gobierno nacional quien a través de la ley 1111 del 27 de Diciembre de 2006 decide excluir del gravamen del IVA a los computadores de escritorio y portátiles con valor menor a 82 UVT (\$1.810.888), lo que facilitó a muchas personas la adquisición de este tipo de equipos.

De igual manera, la inflación desempeña un papel importante en el comportamiento del precio de los productos complementarios, estando favorecido este aspecto en los últimos años gracias al control ejercido por el gobierno nacional respecto a esta variable económica, que ha venido disminuyendo gradualmente desde el año 2000, tal como se puede observar en los informes económicos presentados por las diferentes entidades encargadas de vigilar su tendencia.

El segundo factor de interés es el de la educación como elemento incidente en el número de suscriptores, relación que se explica desde la necesidad que empieza a generar una población educada por acceder de manera fácil y efectiva a fuentes de información disgregadas por diferentes ubicaciones geográficas, a la vez que se logran establecer relaciones de colaboración enmarcadas dentro de intereses científicos y académicos.

Es así como se observa que la demanda por el servicio de acceso banda ancha a Internet no está mediada

solo por factores económicos, sino que también hacen presencia elementos sociales como el nivel educativo de la población y la posibilidad de acceder a las herramientas necesarias para hacer uso del servicio.

## Conclusiones

El conocimiento de las dinámicas propias de los sistemas se constituye en elemento prioritario al momento de desarrollar estrategias de trabajo innovadoras que respondan a las necesidades de las naciones y marquen un camino de trabajo hacia un verdadero desarrollo sostenible.

Particularmente en el caso del acceso a banda ancha es notoria la gran influencia que ejercen los elementos económicos considerados tradicionalmente al analizar un mercado; sin embargo, es importante ver cómo hacen su aparición otro tipo de factores de corte social que generan relaciones hasta el momento no evidenciadas, caso particular del nivel de educación de los usuarios, el cual se constituye en impulsor de la demanda de banda ancha y muestra la necesidad de generar estrategias innovadoras al momento de desplegar tecnologías y llevarlas hasta la comunidad.

El modelado de un sistema real implica un conocimiento profundo de los diferentes elementos que lo constituyen, en este caso particular, la representación de un mercado conlleva a tener en cuenta aspectos tan heterogéneos, que si bien para fines académicos como este pueden englobarse bajo un concepto denominado aspectos socioeconómicos, en un ejercicio formal deberían tenerse en cuenta individualmente ya que su influencia puede ser determinante en los resultados de la simulación.

De igual forma, se aprecia que el desarrollo del Internet en nuestro país vive un proceso muy particular, marcado en gran parte por la disponibilidad de tecnologías, los precios y las medidas tomadas por los entes regulatorios para incentivar su uso. Estas diversas interacciones en muchas ocasiones no se logran evidenciar a simple vista, sin embargo las potencialidades de la dinámica de sistemas permiten profundizar en su análisis y llegar a descubrir causas estructurales de comportamiento que con otras metodologías de simulación no serían posibles.

A partir del diagrama causal se puede observar que el intervenir las tarifas y regularlas tiene una repercusión favorable en la demanda de los usuarios por el servicio. Igualmente la variedad de tecnologías disponibles se convierte en motivador de la demanda, siendo fundamental el papel que al respecto juegan los operadores con el despliegue de sus redes, la actualización de las mismas y la apropiación que hagan de nuevas alternativas.

Para futuras etapas del trabajo será importante realizar un proceso de parametrización a las variables involucradas en el modelo, con el fin de lograr un análisis de escenarios acorde con los requerimientos que el mercado impone y los objetivos planteados para el proyecto. Así mismo se debe tener en cuenta la puesta a consideración por parte de expertos del modelo realizado, con el fin de alcanzar una estructura más sólida y una mayor objetividad en su elaboración.

## Referencias

---

- Amstad, George. (2006). *The Business Dynamics in Telecommunication Market Consolidation*. Berna.
- Arango, G. (1997). *Estructura económica colombiana*. Bogotá D.C.: McGraw-Hill.
- CRT. (2004). *Promoción y masificación de los servicios de Banda Ancha en Colombia*. Bogotá D.C.: Comisión de Regulación de Telecomunicaciones.
- Drew, D. R. (1995). *Dinámica de Sistemas aplicada*. Madrid: Isdefe.
- Fernández, J., & Tugores, J. (1997). *Microeconomía*. Madrid: McGraw-Hill.
- García, J. M. (2007). *Teoría y ejercicios prácticos de Dinámica de Sistemas*. Barcelona: JMG.
- Hernández, R. (1998). *Metodología de la investigación*. México D.F.: McGraw-Hill.
- Herrera, C. (2008). *Capacidad de compra de los colombianos por niveles de ingreso enero de 1999-mayo de 2008*. Observatorio de la Economía Latinoamericana, 1 - 5.
- Kreps, D. M. (1995). *Curso de Teoría Microeconómica*. Madrid: McGraw-Hill.
- Lora, E. (1999). *Técnicas de medición económica: metodología y aplicaciones en Colombia*. Bogotá D.C.: Tercer mundo editores.
- McConnell, C. (1997). *Economía*. México D.F.: McGraw-Hill.
- Meadows, D. H. (1992). *Beyond the limits: confronting global collapse envisioning a sustainable future*. Estados Unidos: Chelsea Green Publishing.
- Pindyck, R. S., & Rubinfeld, D. L. (2001). *Microeconomía*. Madrid: Pearson Education S.A.
- Sullivan, W. G., & Koelling, C. P. (2001). *A System Dynamics Model of the Development of New Technologies for Ship Systems*. Virginia Polytechnic Institute.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (30 de Julio de 2007). *Conceptos*: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Recuperado el 5 de Febrero de 2009, de Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios: <https://basedoc.superservicios.gov.co/basedoc/conceptos.shtml?x=66334>
- Ventana Systems, Inc. (4 de Julio de 2007). *Vensim Modeling Guide*. Recuperado el 1 de Agosto de 2008, de Ventana Systems, Inc.: <http://www.vensim.com/>

## Sobre los autores

---

### Luis Alejandro Flétscher Bocanegra

Es ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca, Especialista en Gerencia de Proyectos de Telecomunicaciones de la Universidad del Rosario y candidato a Magister en Ingeniería énfasis Telecomunicaciones de la UPB Medellín. Actualmente se desempeña como docente Auxiliar de la Universidad Católica Popular del Risaralda, Pereira (Colombia) [luisf@ucpr.edu.co](mailto:luisf@ucpr.edu.co)

### Luciano Gallón Londoño

Es Ingeniero Electrónico de la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB), Medellín (Colombia), Magister en Gestión Tecnológica de la misma Universidad y candidato a Doctor en Sostenibilidad Tecnología y Humanismo de la Universidad Politécnica de Cataluña, España. Actualmente se encuentra vinculado a la UPB Medellín como Profesor Titular en comisión de estudio doctoral [luciano.gallon@upb.edu.co](mailto:luciano.gallon@upb.edu.co)

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.