

**Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación
Universidad Tecnológica de Panamá**

- **Título del Proyecto** : Desarrollo de un modelo de simulación para toma de decisiones utilizando dinámica de sistemas. Primera Etapa: Desarrollo del Caso de la Expansión del Canal de Panamá
- **Personal responsable** :
- **Investigador Principal:** Dr. Humberto R. Álvarez A. – Universidad Tecnológica de Panamá
 - **Investigador co-responsable:** Dr. Luis Carlos Rabelo – University of Central Florida
 - **Ayudante de Investigación:** Kennia Castillo – Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales

Tiempo de Ejecución : 1 año
Monto asignado : B/.3,500.00

Objetivo:

- Desarrollar un modelo básico usando Dinámica de Sistemas con el caso de la ampliación del Canal de Panamá, no solo desde un punto de vista técnico, pero considerando los efectos sociales y económicos relacionados.

Descripción del proyecto

El proyecto propone el estudio y desarrollo de una metodología que combine dinámica de sistemas y la teoría de sistemas complejos para la mejora de la toma de decisiones en sistema de sistemas en una forma comprensiva. La tarea inicial de este proyecto fue estudiar el impacto del proyecto de ampliación del Canal de Panamá en términos de teorías de sistemas complejos, y de desarrollar un modelo que explicara el impacto de las decisiones políticas, sociales, ambientales y económicas relacionadas a dicho mega proyecto.

Con el objetivo de cumplir con las metas deseadas, se utilizó la Dinámica de Sistemas como herramienta, a fin de describir dinámicamente las variables y relaciones de dicho sistema complejo. Como parte del desarrollo del modelo, se prestó especial atención al proceso de validación del modelo ya que el grado de utilidad del modelo dependerá más del usuario que de la persona que lo desarrolle.

Metodología:

Las siguientes acciones se ejecutaron durante esta primera etapa:

Acción 1: Una investigación de la literatura básica de la teoría de sistemas complejos para fortalecer nuestros puntos de vistas.

Acción 2: Adquirir información del Canal de Panamá y sus diferentes sistemas para facilitar su modelado. A lo largo de este trabajo de investigación se realizaron reuniones con diferentes actores dentro de los sistemas que componen el Canal de Panamá. Esto requirió de la participación de un equipo multidisciplinario de expertos de la Universidad Tecnológica de Panamá en Ingeniería y Economía, así como interacciones con la Autoridad del Canal de Panamá, actores relacionados y el SENACYT. Debido a que mucha de la información necesaria era confidencial al momento de escribir el modelo original, se procuró aproximar la información presentada a fin de que permitiera describir los comportamientos esperados del modelo.

Acción 3: Desarrollo de un modelo básico del Canal de Panamá usando la Dinámica de

Sistemas. Este modelo tiene tres componentes: un modelo causal que resume las relaciones principales del sistema económico y social del Canal de Panamá; dos sub-modelos dinámicos que describen el modelo dinámico de la operación, así como la inversión social y efecto en la población. Finalmente, estos modelos se programan utilizando el software VENSIM PLE para obtener comportamientos a través del tiempo.

Resultados obtenidos:

Los productos del proyecto fueron

Producto 1: Un modelo básico usando la Teoría de Dinámica de Sistemas que modela el proyecto de expansión del Canal de Panamá tomando en cuenta no solo sus operaciones pero también la economía nacional y global. Este fue mostrado en conferencias nacionales e internacionales y a la prensa nacional.

Producto 2: Reporte al SENACYT y artículos para ser publicados en diarios y conferencias de nivel regional e internacional

1.1 Producto 1

Objetivo: Desarrollo de un modelo básico del Canal de Panamá usando la Dinámica de Sistemas.

Introducción:

En los últimos años el Canal ha tenido limitantes que han afectado su capacidad operacional y que en un futuro podrían causar deterioro en el servicio del Canal. Estos problemas son el aumento de tránsitos diarios a un valor muy cercano a la capacidad máxima del Canal y la escasez de agua.

Las tendencias en el transporte marítimo mundial y la demanda de agua en Panamá argumentan que se examinen las opciones para expandir la capacidad del Canal y aumentar el abastecimiento de agua. Además, no solo se trata del aumento de la demanda de los buques Post – Panamax, que superan la capacidad actual del Canal y las variaciones en el tránsito de naves, sino la posibilidad de financiamiento de la obra.

Panamá se enfrenta a una de sus decisiones más importantes: la construcción de una obra de carácter internacional, cuyo costo es apenas menor que el monto de la deuda externa nacional y oscila entre los cinco mil y ocho mil millones de dólares. Se trata de la ampliación del Canal de Panamá, a fin de modernizarlo para aceptar barcos de mayor tonelaje. Se ha abierto un debate en torno a aceptar o rechazar la obra, y cuándo se debe construir tan importante proyecto en la historia del país.

Todo apunta hacia el tercer juego de esclusas, la opción que recomendó la Comisión Tripartita, compuesta por Panamá, Estados Unidos y Japón, que analizó el tema hasta septiembre de 1993. Los estudios realizados por una Comisión Tripartita determinaron que a más tardar en el año 2010 se debieran iniciar los trabajos y que en el 2020 debe estar operando el tercer juego de esclusas, pero en los últimos años el movimiento naviero internacional ha obligado a modificar esto y a establecer el 2014 como fecha tope para culminar el proyecto.

Algunas preguntas se pueden sugerir al analizar este problema:

- ¿Qué efectos socio – económicos tendrá la expansión de la Cuenca del Canal de Panamá y el correspondiente plan de expansión y modernización del propio Canal mundial marítimo, como una manera de aliviar las limitaciones de capacidad para adaptarse a la evolución de las características de las flotas a nivel mundial y asegurar el abastecimiento de agua?

- ¿Beneficiará la ampliación del Canal a la economía panameña? ¿Cómo impactaría al país la ejecución del plan de manera progresiva con el crecimiento de la demanda del tráfico de naves?
- ¿Es trascendental la expansión del Canal de Panamá, para no caer en la obsolescencia y que se mantenga los niveles de servicio, valor y competitividad dentro de la logística de transporte?

Al ser una decisión compleja, ya que influyen una gran cantidad de factores y variables, todas ellas interrelacionadas, es necesario para el tomador de decisiones el conocer el efecto que las decisiones tienen no solamente sobre una de las variables involucradas, sino sobre todo el sistema, en este caso el Canal de Panamá, sobre los diferentes factores sobre los cuales el mismo tiene efecto, y para ello se desarrolla este módulo.

La Dinámica de Sistemas es una metodología ideada para resolver problemas complejos y para su posterior análisis ya que permite obtener trayectorias para las variables incluidas en cualquier modelo mediante la aplicación de técnicas de integración numérica. Sin embargo, estas trayectorias nunca se interpretan como predicciones, sino como proyecciones o tendencias. El objeto de los modelos de Dinámica de Sistemas es llegar a comprender cómo la estructura del sistema es responsable de su comportamiento. Esta comprensión normalmente debe generar un marco favorable para la determinación de las acciones que puedan mejorar el funcionamiento del sistema o resolver los problemas observados.

La difusión de estas técnicas de simulación empleando la Dinámica de Sistemas ha sido muy amplia, y en nuestros días se puede decir que constituye una de las herramientas sistémicas más sólidamente desarrolladas y que mayor grado de aceptación e implantación han alcanzado.

Objetivos Específicos:

Por las posibles aplicaciones que tiene la Dinámica de Sistemas, surge la idea de crear un modelo de Simulación que permita modelar el impacto social de la expansión del Canal de Panamá.

- Desarrollar un modelo de Simulación Dinámica para medir el impacto de la ampliación del Canal de Panamá en la sociedad panameña.
- Demostrar, por medio de un modelo de Simulación Dinámica, diversas consideraciones económicas relacionadas con las inversiones efectuadas y por efectuarse en la expansión de la Cuenca del Canal determinando si son beneficiosas o no, desde el punto de vista de los costos.

Descripción General del Modelo:

A manera general, el modelo desarrollado para examinar las consecuencias de la ampliación del Canal de Panamá se creó utilizando como herramienta básica Vensim *PLE*, software que permite evaluar y analizar resultados a partir de vistas activas.

En el caso del Modelo propuesto, en la primera vista se tratan aspectos sobre las Operaciones del Canal donde se consideran importantes variables como el tiempo para expandir el Canal el cual influye directamente con su Capacidad Operativa, lo que a su vez permite medir el Tonelaje anual en el Canal por barcos Panamax y por Post – Panamax. Se buscará medir además, el impacto de los Ingresos que el Canal proporcionará al Estado considerando la ampliación y por ende las contribuciones suministradas tanto por Panamax como por Post – Panamax.

En la segunda vista del Modelo, se tratan los aspectos Sociales y de Embalses del Canal, midiendo las Tierras Cultivables haciendo uso de variables como el Incremento y Reducción de las mismas, así como las Hectáreas y la Inversión de Desarrollo Social en la Cuenca para simular luego, los Efectos en la Población por Tierras Cultivables.

Objetivos del Modelo

Objetivos generales

- Proporcionar la información adecuada y específica basada en datos escalados, que suministre evaluaciones sobre el impacto de desarrollar no el proyecto de expansión del canal
- Evaluar las ventajas y desventajas de la expansión del Canal de Panamá, y determinar la posibilidad de no caer en la obsolescencia y que se mantenga los niveles de servicio, valor y competitividad dentro de la logística de transporte.
- Medir, por medio de las variables más predominantes, el comportamiento del Ingreso al Estado que el Canal de Panamá proporcionará al Estado con o sin Expansión durante los próximos años.

Objetivos específicos

- Medir el impacto del tránsito de buques Post – Panamax por el Canal de Panamá.
- Medir y analizar los Ingresos por Panamax y Post – Panamax en el Canal.
- Analizar el impacto de la Inversión en Capacidad Operativa del Canal en los ingresos del canal.
- Analizar el impacto de la Inversión Social y Costo Operativo por Tonelaje en los ingresos del canal.

Todos estos puntos a tratarse con los objetivos específicos serán evaluados en distintos escenarios (a través del tiempo y, en diferentes tiempos de expansión).

Limitaciones del Modelo

- Actualmente los estudios económicos y financieros, hechos por las empresas consultoras y que posee la Autoridad del Canal de Panamá, así como mucha de la información en los que aquellos se han basado, no han sido dados a conocer al público.
- Las simulaciones realizadas por el modelo deben ser interpretadas y revisadas por los tomadores de decisiones, ya que los resultados, cuadros y gráficos no son analizados automáticamente por el mismo.
- Con respecto a la herramienta que se utilizará para diseñar el modelo, se empleará una Edición Educativa Personal gratuita de la Web, el software de Simulación Vensim PLE; la cual es una herramienta visual de modelado que le permite conceptualizar, documentar, simular, analizar y optimizar modelos de sistemas dinámicos.

Delimitaciones del Modelo

- Se modelará el módulo utilizando diagramas causales del efecto macroeconómico – social de la ampliación del Canal. No se modelará la capacidad del mismo ni se entrarán en detalles conceptuales sobre la operación y características técnicas del Canal.

- Debido a la complejidad del problema y a las limitantes de la información y el software solamente se escogerá una relación crítica del diagrama causal a fin de modelarla dinámicamente y mostrar los efectos entre las variables y relaciones básicas.

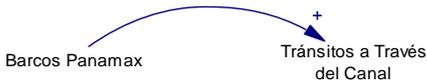
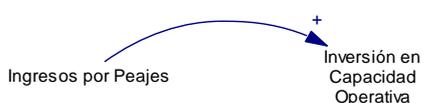
Diseño del Diagrama Causal del Modelo

La teoría de la dinámica de sistemas enfoca la estructura y comportamiento del sistema, desde el punto de vista de sus flujos. Los diagramas de ciclos causales (DCC's) identifican los principales ciclos de retroalimentación sin distinguir entre la naturaleza de las variables que están interconectadas. En primera instancia al modelar se identifican todas las variables cualitativas y cuantitativas que tiene el problema bajo estudio. Seguidamente se identifican todas las causas – efectos, así como la polaridad de cada una de ellas.

Variables del Modelo

Variab les	Descripción
Economía Internacional	El contexto económico mundial.
Barcos Panamax	Pronóstico de los millones de toneladas transportadas en distintos años por barcos que no son Post – Panamax.
Barcos Post – Panamax	Pronóstico de los millones de toneladas transportadas en distintos años por barcos Post – Panamax.
Potencial de la Inversión Extranjera	Representa el potencial de la Inversión extranjera para el país.
Tránsitos a Través del Canal	Pronóstico del tránsito que circula a través del Canal.
Ingresos por Peaje	Millones de dólares provenientes del peaje.
Ingresos al Estado	Millones de dólares que se derivan como ingresos al Estado.
Inversión Social	Cantidad de dólares dirigidos a la Inversión Social del país.
Inversión Extranjera en Panamá	Representa la cantidad anual de dinero proveniente del extranjero.
Inversión en Capacidad Operativa	Cantidad de dinero anual dirigida a la Capacidad Operativa.
Inversión Local	Cantidad de dinero anual dirigida a la Inversión Local.
Embalses	Representa la cantidad de tierras en hectáreas dirigidas a embalses.
Proyectos de Desarrollo Social en la Cuenca	Representa los futuros proyectos de desarrollo social en la Cuenca.
Tierras Cultivables	Representa la cantidad de tierras cultivables próximas a ser embalsadas.
Tensión Social	Representa la resistencia a la expansión por parte de la sociedad.
Economía Nacional	Representa el contexto económico nacional.

Relaciones Causa Efecto del Modelo

Causa – Efecto	Definición
	<p>Un incremento en la economía internacional provocaría que el número de toneladas transportadas por barcos Panamax se incremente también; a su vez, el decremento en dicha economía provocaría un decremento en el número de toneladas transportadas por Panamax. De acuerdo a la teoría planteada en la sección anterior para ambos casos la polaridad de la relación es positiva.</p>
	<p>Al incrementar la economía internacional provocaría que el número de toneladas transportadas por barcos Post – Panamax se incremente también; a su vez, el decremento en dicha economía provocaría un decremento en el número de toneladas transportadas por Post – Panamax. Para ambos casos la polaridad de la relación es positiva.</p>
	<p>Al incrementar la economía internacional provoca que el potencial de la inversión extranjera incremente también; a su vez, el decremento de dicha economía provoca un decremento en el potencial de la inversión extranjera. Para ambos casos la polaridad de la relación es positiva.</p>
	<p>Al incrementar el número de toneladas transportadas por Barcos Panamax se incrementa a su vez el número de tránsitos a través del Canal; de igual manera el decremento de dicho número de toneladas transportadas provoca un decremento en el número de tránsitos a través del Canal.</p>
	<p>Al incrementar el número de toneladas transportadas por Post – Panamax se incrementa a su vez el número de tránsitos a través del Canal; de igual manera el decremento del número de toneladas transportadas provoca un decremento en el número de tránsitos a través del Canal. La polaridad de la relación se determina como positiva.</p>
	<p>El incremento de la inversión extranjera en nuestro país provocaría que la inversión extranjera aumente. De igual manera una disminución de tal potencial, disminuiría la inversión por parte de lo países extranjeros. Como ambas acciones causan un cambio en la misma dirección, la relación se considera positiva.</p>
	<p>El incremento del número de tránsitos a través del Canal provoca que los ingresos por peajes aumenten. De igual manera una disminución de tal número de tránsitos, disminuye tañes ingresos. Como ambas acciones causan un cambio en la misma dirección la relación es positiva.</p>
	<p>Al aumentar el dinero invertido en lograr pequeños incrementos en la capacidad operativa del canal. El número tránsitos a través del Canal aumenta. De manera semejante, si este dinero disminuye, disminuye también el número de tránsitos a través del Canal. La polaridad de la relación se determina como positiva.</p>
	<p>Al incrementar los ingresos por peajes, se incrementa el dinero invertido en lograr pequeños aumentos en la capacidad operativa del Canal. De igual forma, al disminuir estos ingresos, disminuye la inversión en la capacidad del Canal. Por lo tanto, la polaridad de la relación se considera positiva. La polaridad de la relación se considera positiva, ya</p>

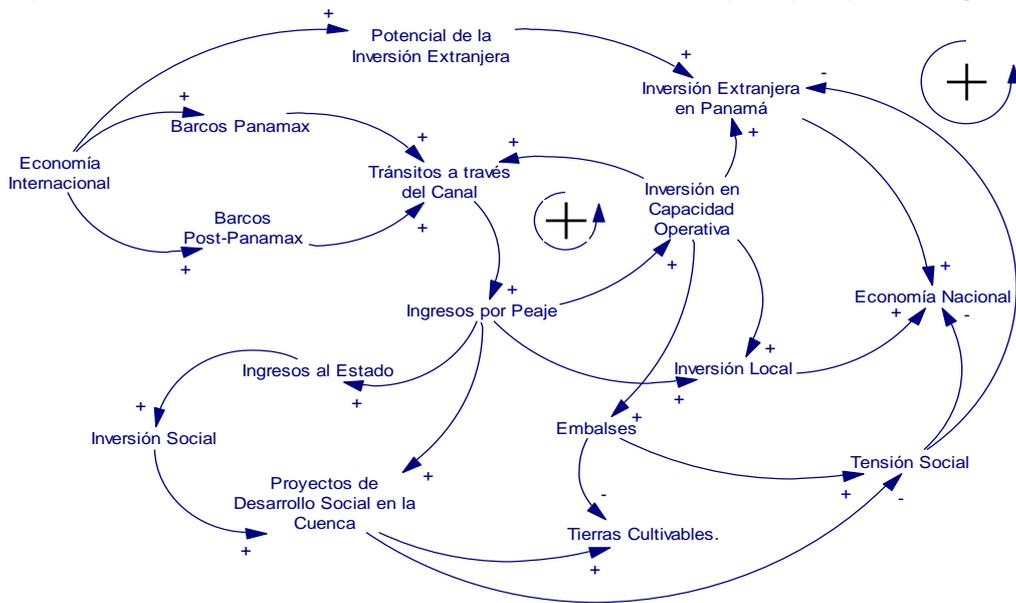
	que un incremento en una variable, provoca un incremento en la otra.
<p>Ingresos por Peajes → Ingresos al Estado (+)</p>	Al incrementar los ingresos por peajes, aumentan los ingresos dirigidos al Estado. Al disminuir tales ingresos por peaje, disminuyen las entradas al Estado. Se considera entonces que la polaridad de la relación es positiva.
<p>Ingresos por Peajes → Proyectos de Desarrollo Social en la Cuenca (+)</p>	Al incrementar los ingresos por peajes, incrementan los futuros proyectos de desarrollo social en la Cuenca. Por lo tanto al disminuir los ingresos provenientes de los peajes, disminuyen los planes de proyectos de desarrollo social en la Cuenca. La polaridad se determina como positiva.
<p>Ingresos por Peajes → Inversión Local (+)</p>	El incremento de los ingresos por peajes provoca que empresas e instituciones se involucren más en la inversión social. De igual manera al reducir los ingresos por peajes, se disminuye la atracción para que las empresas e instituciones inviertan. La polaridad de la relación se considera positiva.
<p>Inversión en Capacidad Operativa → Inversión Local (+)</p>	Al incrementar el dinero para invertir en proyectos que mejoren la capacidad operativa, aumenta la atracción para la inversión local. Del mismo modo ocurre, si disminuye el dinero a invertir, ya que disminuiría la atracción para la inversión local. La polaridad de la relación se considera positiva.
<p>Inversión en Capacidad Operativa → Inversión Extranjera en Panamá (+)</p>	Al incrementar el dinero para invertir en proyectos que mejoren la capacidad operativa del Canal, aumenta la atracción para la inversión por parte de otros países. Del mismo modo ocurre, si disminuye el dinero a invertir; ya que disminuiría la atracción para la inversión extranjera. Por lo tanto la polaridad de la relación se considera positiva.
<p>Tensión social → Inversión extranjera en Panamá (-)</p>	Al incrementar la tensión social provocada por resistencia al cambio y a la ampliación por parte de ciertas porciones de la población (según encuesta del periódico El Panamá América, 16% aproximadamente se resisten a la ampliación), disminuye la inversión extranjera en Panamá. De igual manera, al disminuir esta tensión entre la sociedad, aumenta la inversión extranjera. Podemos notar que para esta relación un cambio, ya sea de incremento o decremento, causa que la variación de la otra variable sea opuesta. La polaridad es negativa.
<p>Tensión Social → Economía Nacional (-)</p>	Al incrementar la tensión social provocada por resistencia al cambio y a la ampliación por parte de ciertas porciones de la población disminuye la economía nacional del país. De igual forma, al disminuir esta tensión en la sociedad, aumenta la economía. Podemos notar que para esta relación un cambio, ya sea de incremento o decremento, causa que la variación de la otra variable sea opuesta. Por lo tanto, determinamos que la polaridad es negativa.
<p>Proyectos de Desarrollo en la Cuenca → Tierras Cultivables (+)</p>	Al incrementar los proyectos en desarrollo en la Cuenca, incrementa la cantidad de tierras cultivables. Así como la disminución de inversiones en estos proyectos, disminuye la cantidad de tierras cultivables. Por lo tanto se determina que la polaridad de la relación es positiva.
<p>Embalses → Proyectos de Desarrollo en la Cuenca (+)</p>	Al aumentar la cantidad de tierras para embalsar, aumentan a su vez los proyectos en desarrollo en la Cuenca. De la misma forma, al disminuir estas cantidades de tierra, los proyectos a desarrollarse en la Cuenca también disminuyen.

	Por lo tanto la polaridad de la relación se considera positiva.
	Al aumentar la cantidad de tierras destinadas para embalsar, disminuye la cantidad de tierras cultivables de la población involucrada. De la misma manera, al disminuir la cantidad de tierras a embalsar, aumenta la cantidad de tierras disponibles para los pobladores de la Cuenca. La polaridad de la relación es negativa, ya que la acción en una variable provoca un cambio opuesto en la otra.
	Al incrementar la cantidad de tierras destinadas para los embalses aumenta la resistencia a la ampliación y por consiguiente la tensión social de la población. Al disminuir la cantidad de tierras destinadas para los embalses disminuye la tensión social de la población. La polaridad se considera positiva.
	Al aumentar la cantidad de dinero destinada a mejorar la capacidad operativa del Canal, aumenta la cantidad de tierras para embalsar. Por consiguiente, al disminuir tal cantidad de dinero para mejorar la capacidad operativa disminuye la cantidad de tierras a embalsar.
	Al incrementar la inversión local en actividades para mejorar la capacidad del Canal, se incrementa la Economía Nacional. Del mismo modo, al recibir poca inversión local, se reduce el aporte a la economía Nacional. Se considera entonces que la polaridad de la relación es positiva.
	Al incrementar la inversión extranjera en Panamá para mejorar la capacidad del Canal, se incrementa la Economía Nacional. Del mismo modo, al recibir poca inversión por parte de los extranjeros se disminuye el aporte que el Canal puede dar a la economía Nacional. Se determina entonces que la polaridad de la relación es positiva.
	El incremento de ingresos dirigidos al Estado, aumenta el dinero dirigida a la inversión social. De igual manera, al disminuir tales ingresos disminuye también el dinero dirigido a la inversión social. La polaridad de la relación se considera positiva, ya que un incremento en una variable, provoca un incremento en la otra.
	Al incrementar la cantidad de dinero dirigida a la inversión social del país, aumentan los planes de proyectos de desarrollo social en la Cuenca. De la misma manera, al tener poco aporte de la inversión social disminuye la posibilidad de poner en desarrollo proyectos en el Canal. La polaridad de la relación se considera positiva.
	Al incrementar el porcentaje de dinero para los proyectos en desarrollo, incrementa la inversión de desarrollo social en la Cuenca. De la misma forma, al disminuir tal porcentaje se disminuye la cantidad de dinero invertido en proyectos de desarrollo social en la Cuenca. Por lo tanto la polaridad de la relación se considera positiva.
	Al incrementar la inversión para llevar a cabo proyectos de desarrollo social en la Cuenca, se disminuye las cantidades de tierras cultivables. De la misma manera al disminuir tal inversión para llevar a cabo los proyectos aumenta la cantidad de tierras disponibles para cultivar. La polaridad de la relación se considera negativa, ya que una acción en una variable provoca un cambio en el mismo sentido en la otra.
	Al incrementar el número de hectáreas requeridas para los

<p>Hectáreas Requeridas para los Embalses → - → Tierras Cultivables</p>	<p>embalses se disminuye la cantidad de tierras disponibles para los cultivos de los pobladores de la Cuenca. Al disminuir el número de hectáreas requeridas para los embalses, aumenta la cantidad de tierras disponibles para los cultivos. Polaridad negativa.</p>
<p>Tierras Cultivables → - → Efectos en la Población por Tierras Cultivables</p>	<p>Al disminuir la cantidad de tierras cultivables, aumentan los efectos en la población. De la misma manera, al aumentar la cantidad de tierras que quedaran a disposición de los pobladores de la Cuenca, disminuyen los efectos negativos en la población que puedan causar tensión social. Por lo tanto la polaridad de la relación se considera negativa.</p>

Vistas del Modelo

En la primera vista, la “Economía Internacional” es la fuente principal que da lugar a este



Vista de las relaciones en la operación del canal



Vista de aspectos sociales

modelo ya que de ella depende la cantidad de “Barcos Panamax” y “Post – Panamax” que “transiten a través del Canal”. Esto debido que entre mayor sea el movimiento económico internacional mayor serán las cantidades de toneladas de mercancías que se requieran trasladar a través del transporte marítimo. De la misma manera es la “Economía Internacional”

la que da lugar al crecimiento o disminución del “Potencial de la Inversión Extranjera” a nivel internacional y por consiguiente a la “Inversión Extranjera de Panamá”.

Si los “Tránsitos a través del Canal” aumentan o disminuyen causarán el mismo impacto en los “Ingresos por Peajes”, es decir igual sería el incremento o decremento de los mismos. Estos ingresos están íntimamente ligados a la posible “Inversión que se pueda hacer para mejorar la Capacidad Operativa del Canal”, ya que si aumentan los tránsitos, aumentan los ingresos y por ende, aumentan también las inversiones en la capacidad operativa. De la misma manera ocurre si disminuyen los tránsitos a través del Canal, disminuyen los ingresos y también las inversiones para mejorar la capacidad operativa.

Entre estas variables se ha formado un ciclo de retroalimentación positiva debido a que el hecho de que un cambio inicial en cualquier factor induce eventualmente más adelante un auto-cambio en la dirección original, generando un círculo vicioso en el que el crecimiento o decrecimiento de una variable causa un crecimiento o decrecimiento en la otra.

Los “Ingresos por Peajes” también provocan variaciones en la “Inversión Social”, en la “Inversión Local” y en los “Proyectos de Desarrollo Social en la Cuenca”; variables que influyen en el aumento o disminución de la “Tensión Social”, provocada por la cantidad de “Tierras Cultivables” que se tienen que “Embalsar” para el desarrollo del proyecto de ampliación.

De igual manera se tiene, que la “Tensión Social” es la que causa las variaciones en una de las variables más importantes del modelo, la “Economía Nacional”. Es allí donde vemos que todo el proceso de efectuar el proyecto de la ampliación del Canal por mejorar la capacidad operativa del Canal causará tendrá beneficios para el país como impaciencia y preocupación a los pobladores de las áreas afectadas como del país en general.

Para esta vista se concluye que la polaridad general es positiva debido a que el número de las relaciones negativas que se forman son cuatro (número par de relaciones).

La vista N° 2 está basada en los Aspectos Sociales/Embalses del Canal, la cual está constituida por cinco variables. Esta vista representa de manera más detallada los efectos que causa la ampliación a la población que reside en el área destinada a los proyectos de extensión. Donde el “Porcentaje Invertido en Proyectos de Desarrollo en la Cuenca” influye directamente en el aumento o disminución de las “Inversiones que se puedan realizar en los Proyectos de Desarrollo Social”; a su vez, esta inversión es la que define la posibilidad de mantener o disminuir la cantidad de “Tierras Cultivables” actuales que son manejadas y trabajadas por la población que en esa área reside. Como se puede ver en la vista N° 2 del modelo, sólo se forman relaciones entre las variables, no se crea ningún ciclo causal, ya que no se cierra el ciclo.

Diagrama de Flujo Dinámico

VARIABLES DE NIVEL DE LA VISTA N° 1:

Variable	Descripción
Barcos Panamax – Tabla	Tabla que constituye un pronóstico de los millones de toneladas transportadas en distintos años por barcos que no son Post – Panamax.
Barcos Post – Panamax – Tabla	Tabla que constituye un pronóstico de los millones de toneladas transportadas en distintos años por barcos Post – Panamax.
Incremento de la Capacidad Operativa – Tabla	Tabla que constituye datos relacionados al incremento de la capacidad operativa del Canal.
Tarifa para Tonelaje de Post – Panamax – Tabla	Constituye un pronóstico de la tarifa por peaje (dólares por tonelada) de los barcos Post – Panamax, para distintos años.
Tarifa para Tonelaje de Panamax – Tabla	Constituye un pronóstico de la tarifa por peaje (dólares por tonelada) de los barcos Panamax, para distintos años.
Ingresos al Estado	Millones de dólares que se derivan como ingresos para el Estado.

Variables auxiliares de la Vista N° 1:

Variable	Descripción
Tiempo para Expandir el Canal	Tiempo que dura la ampliación del Canal (en años).
Tonelaje anual de barcos Panamax	Millones de toneladas anuales que se mueven a nivel mundial por barcos que no son Post – Panamax. (MToneladas/year)
Tonelaje anual de barcos Post – Panamax	Millones de toneladas anuales que se mueven a nivel mundial por barcos Post – Panamax. (MToneladas/year)
Factor: Barcos Panamax en el Canal	Porcentaje del tonelaje anual de barcos Panamax a nivel mundial que circulan por el Canal. (Dmnl)
Factor: Barcos Post – Panamax en el Canal	Porcentaje del tonelaje anual de barcos Post – Panamax a nivel mundial que circulan por el canal. Este porcentaje es cambiante en el tiempo. (Dmnl)
Capacidad Operativa del Canal	Capacidad operativa total del canal. (MToneladas/year)
Porcentaje de Capacidad para Post – Panamax	Máximo porcentaje de la capacidad operativa total del Canal que puede ser usado por barcos Post – Panamax. (Dmnl)
Tonelaje anual en el Canal por Post – Panamax	Millones de toneladas anuales que circulan por el canal por barcos Post – Panamax. (MToneladas/year)
Tonelaje anual en el Canal por Panamax	Millones de toneladas anuales que circulan por el canal por barcos Panamax. (MToneladas/year)
Tarifa para Tonelaje de Panamax	Expresa los dólares por tonelada para cualquier instante de tiempo para los barcos Panamax. (dólares/tonelada)
Tarifa para Tonelaje de Post – Panamax	Expresa los dólares por tonelada para cualquier instante de tiempo para los barcos Post – Panamax. (dólares/tonelada)
Porcentaje de Inversión en Capacidad Operativa	Porcentaje de Ingresos al Estado que se invierte en lograr pequeños incrementos en la capacidad operativa del Canal. (Dmnl)
Costo Operativo por Tonelada	Costo variable por operar el Canal expresado en términos de dólares por tonelada transportada. (dólares/tonelada)
Incremento anual de la Capacidad Operativa	Aumento de toneladas que pueda soportar la capacidad de operativa del Canal anualmente. (MToneladas/year)
Porcentaje Invertido en Proyectos en Desarrollo	Porcentaje que se invierte para la realización de proyectos en la Cuenca. (Dmnl)

Funciones de decisión de la Vista N° 1.

Variable	Descripción
Ingresos por Panamax en el Canal	Son los ingresos en millones de dólares por el paso de barcos Panamax por el Canal. (Mdólares/year)
Ingresos por Post – Panamax en el Canal	Son los ingresos en millones de dólares por el paso de barcos Post – Panamax por el Canal. (Mdólares/year)
Inversión en Capacidad Operativa del Canal	Millones de dólares invertidos en lograr pequeños incrementos en la capacidad operativa del Canal. (Mdólares/year)
Costos del Canal	Costo operativo total expresado en millones de dólares anuales. (Mdólares/year)
Inversión Social	Cantidad de dinero propuesta para la inversión social del país. (Mdólares/year)

Variables de nivel de la Vista N° 2.

Variable	Descripción
Incremento de Tierras Cultivables – Tabla	Indica la cantidad de hectáreas que se logran convertir en tierras cultivables con la inversión de diferentes cantidades de dinero. (Hectáreas/Mdólares)

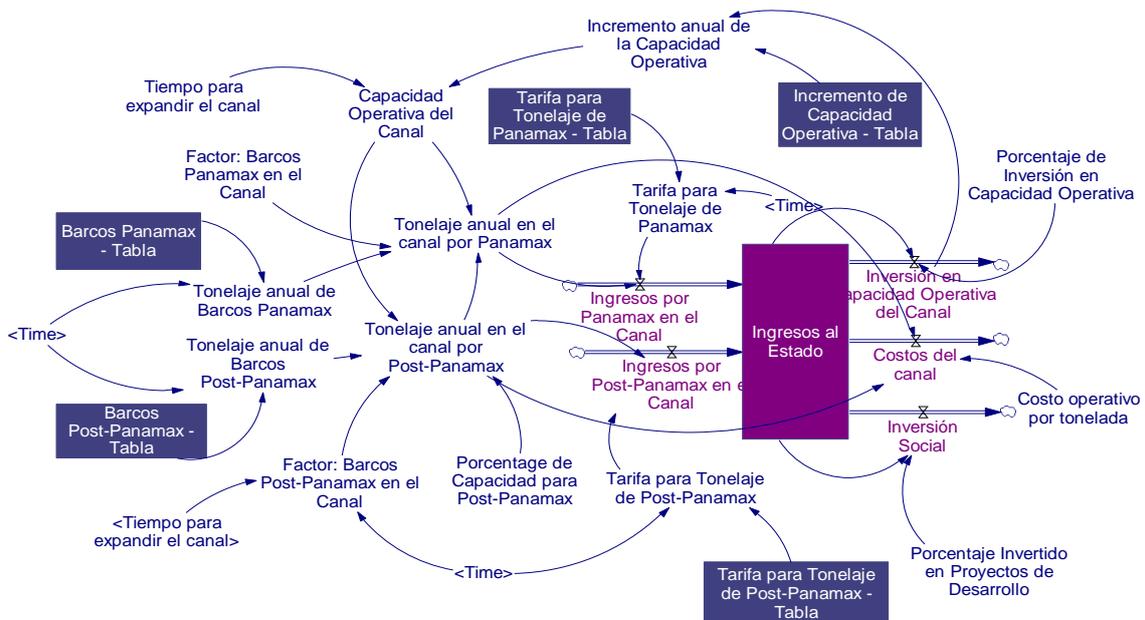
Tierras Cultivables	Expresa las hectáreas de tierras cultivables para cualquier instante de tiempo. (Hectáreas)
---------------------	---

Variables auxiliares de la Vista N° 2.

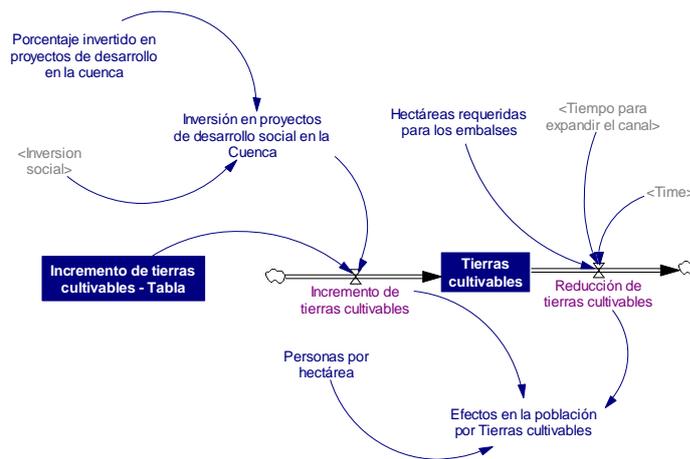
Variable	Descripción
Porcentaje Invertido en Proyectos en Desarrollo de la Cuenca	Porcentaje de los Ingresos al Estado que se invierten en proyectos con el fin de incrementar las tierras cultivables de la Cuenca. (Dmnl)
Inversión en Proyectos de Desarrollo Social en la Cuenca	Cantidad de dinero que se invierte en proyectos de desarrollo social en la Cuenca. (Mdólares/year)
Hectáreas Requeridas para los Embalses	Número total de hectáreas requeridas para la construcción de los embalses. (Hectáreas)
Personas por Hectáreas	Número de agricultores promedio por hectárea de tierra. (Personas/Hectáreas)
Efectos en la Población por Tierras Cultivables	Número de personas satisfechas o insatisfechas por la ganancia o pérdida de tierras cultivables. Un número negativo indica personas insatisfechas. (Personas)
Tiempo para Expandir el Canal	Tiempo que dura la ampliación del canal (en años).
Inversión Social	Cantidad de dinero propuesta para la inversión social del país. (Mdólares/year)

Tabla N° 9: Funciones de decisión de la Vista N° 2.

Variable	Descripción
Incremento de Tierras Cultivables	Expresa las hectáreas de tierras cultivables para cualquier instante de tiempo. (Hectáreas)
Reducción de Tierras Cultivables	Utilización de áreas de tierras cultivables para la construcción de embalses. (Hectáreas)



Modelo Dinámico – Vista 1



Modelo Dinámico – Vista 2

Luego de describir cada una de las variables constituyentes del diagrama de flujos dinámicos para la ampliación del Canal y de presentar el modelo gráficamente se procederá a explicar de manera general el significado dinámico de los flujos incorporando los aspectos teóricos de las acumulaciones.

Como se muestra en la vista N° 1 el diagrama de flujos dinámicos está formado por seis variables de tipo Nivel, de las cuales cinco desempeñan la función de “Lookup”. Una función Lookup es una función arbitraria que es definida por el usuario como una tabla o una gráfica, y describe la relación entre la información y los resultados. Permiten que existan cambios que no estén basados en proporcionalidades simples entre dos variables. Se utiliza este tipo de variable, ya que permite trabajar con tablas y cambiar los datos las veces que sea necesario y de manera sencilla.

Las variables de nivel que desempeñan la función de tabla y/o gráfica en este diagrama son las siguientes: “Barcos Panamax – Tabla”, “Barcos Post-Panamax – Tabla”, “Incremento de Capacidad Operativa – Tabla”, “Tarifa para Tonelaje de Panamax – Tabla” y “Tarifa para Tonelaje de Post-Panamax – Tabla”. Todas ellas contienen valores en forma de tabla y de gráfico que facilita realizar las simulaciones. Estos valores pueden ser cambiados con el objetivo de obtener comparaciones para distintas simulaciones.

La otra variable de nivel desempeña exactamente esa función, caracteriza el estado del sistema y, por lo tanto, es utilizada para la elaboración del indicador que nos mide los “Ingresos al Estado” a partir de los “Ingresos que tenga el Canal por el tránsito de Barcos Panamax y Post – Panamax”.

El diagrama de flujos dinámicos también está constituido por variables de tipo Auxiliar, que como ya se mencionó al inicio del capítulo son parámetros que permiten una visualización mejor de los aspectos que condicionan el comportamiento de los flujos. Estas variables pueden desempeñarse como constantes, ejemplo: “Factor: Barcos Panamax en el Canal”, o auxiliares como “Tonelaje anual en el Canal por Panamax”. La diferencia de ambas radica en que la primera contiene un valor constante y la segunda contiene una ecuación que relaciona a la “Tabla de Incremento de Capacidad Operativa” por medio de “Capacidad Operativa del Canal”; la “Tabla de Barcos Panamax”, por medio de “Tonelaje anual de Barcos Panamax”; y, la “Tabla de Barcos Post – Panamax” por medio de “Tonelaje anual en el Canal por Post – Panamax”. De igual manera ocurre con el resto de variables auxiliares que contienen ecuaciones generadas por las relaciones que se hagan entre ellas. Como por ejemplo: “Capacidad Operativa del Canal” y “Factor: Barcos Post-Panamax en el Canal”.

Otra de las variables empleadas en el DFD son las variables de Rata, que miden a través del tiempo el movimiento de un objeto. Son elementos que pueden definirse como funciones temporales. Y además, puede decirse que recogen las acciones resultantes de las decisiones

tomadas en el sistema, determinando las variaciones de los niveles. Entre estas variables tenemos: “Ingresos por Panamax en el Canal” que obtiene su valor de la multiplicación de “Tonelaje Anual en el Canal por Panamax” por “Tarifa para Tonelaje de Panamax”, ya que estas son las variables que dan origen a un indicador de ingresos provenientes de las actividades de los Barcos Panamax. Igual sucede con “Ingresos por Post – Panamax en el Canal”. Estas dos variables entran como flujos al indicador principal del sistema: “Ingresos al Estado”. Además de estas dos variables entrantes, también están los flujos de salidas que se le restan al indicador principal, estas son: “Inversión en Capacidad Operativa del Canal”, “Costos del Canal” y la “Inversión Social”.

Ahora describiremos las variables de la vista N° 2 que también contiene variables de nivel, auxiliar y ratas. Esta vista abarca los Aspectos Sociales/Embalses del Canal, y la constituye una variable de tipo lookup, “Incremento de tierras cultivables”, que como se mencionó anteriormente permite trabajar con tablas y gráficas y variarlas para obtener distintas simulaciones con el mismo modelo dinámico. Los datos allí recopilados entran a través de una variable de tipo rata “Incremento de tierras cultivables” a la variable de tipo nivel (indicador principal en esta vista) “Tierras Cultivables”.

Además están las variables auxiliares que contienen las constantes para dar lugar a las ecuaciones del resto de las variables que no son constantes. Como “Inversión en proyectos de desarrollo social en la Cuenca” la cual es una variable de tipo sombra, es decir que existe en otra vista del diagrama y que puedes ser utilizada en todas las vistas que sea necesario. Igual sucede con “Inversión social” y “Tiempo para expandir el Canal”. Además, está la variable “Efectos en la población por tierras cultivables” influida por las dos ratas “Incremento y Reducción de tierras cultivables” y por “Efectos en la población por tierras cultivables”.

Ecuaciones que rigen el modelo

Todas las relaciones entre las variables deben ser explícitamente cuantificadas. La forma más frecuente de establecer la relación entre dos variables es mediante una expresión analítica que proporciona la función que relaciona ambas variables.

:Sistema de Ecuaciones para las Variables de Nivel de la Vista N° 1

Variables de Nivel			
Nombre	Tipo	Valor o Ecuación	Unidad
Barcos Panamax – Tabla	Lookup	–	Mtoneladas
Barcos Post – Panamax – Tabla	Lookup	–	Mtoneladas
Incremento de la Capacidad Operativa – Tabla	Lookup	–	MToneladas/year
Tarifa para Tonelaje de Post – Panamax – Tabla	Lookup	–	dólares/tonelada
Tarifa para Tonelaje de Panamax – Tabla	Lookup	–	dólares/tonelada
Ingresos al Estado	Level (Nivel)	“Ingresos por Panamax en el Canal” + “Ingresos por Post-Panamax en el Canal” – “Inversión en Capacidad Operativa del Canal” – “Inversión social” – “Costos del Canal”	Mdólares/year

Sistema de Ecuaciones para las Variables de Auxiliares y Constantes (Parámetros) de la Vista
Nº 1

Variables de Auxiliares y Constantes (Parámetros)			
Nombre	Tipo	Valor o Ecuación	Unidad
Tiempo para Expandir el Canal	Constante	10	Años
Tonelaje anual de barcos Panamax	Auxiliar	“Barcos Panamax – Tabla”(Time)	MToneladas/year
Tonelaje anual de barcos Post – Panamax	Auxiliar	“Barcos Post-Panamax – Tabla”(Time)	MToneladas/year
Factor: Barcos Panamax en el Canal	Constante	0.05	Dmnl
Factor: Barcos Post – Panamax en el Canal	Constante	IF THEN ELSE(Time > Tiempo para expandir el Canal , 0.05 + 0.01 * (Time - Tiempo para expandir el Canal) , 0)	Dmnl
Capacidad Operativa del Canal	Auxiliar	290 + “Incremento anual de la Capacidad Operativa” + STEP(300,Tiempo para expandir el Canal)	MToneladas/year
Porcentaje de Capacidad para Post – Panamax	Constante	0.5	Dmnl
Tonelaje anual en el Canal por Post – Panamax	Auxiliar	MIN(“Tonelaje anual de Barcos Post-Panamax” * “Factor: Barcos Post-Panamax en el Canal”, Capacidad Operativa del Canal” * “Porcentaje de Capacidad para Post-Panamax”)	MToneladas/year
Tonelaje anual en el Canal por Panamax	Auxiliar	MIN(“Tonelaje anual de Barcos Panamax” * “Factor: Barcos Panamax en el Canal”, Capacidad Operativa del Canal – “Tonelaje anual en el canal por Post-Panamax”)	MToneladas/year
Tarifa para Tonelaje de Panamax	Auxiliar	“Tarifa para Tonelaje de Panamax – Tabla”(Time)	Dólares/tonelada
Tarifa para Tonelaje de Post – Panamax	Auxiliar	“Tarifa para Tonelaje de Post-Panamax” – Tabla”(Time)	Dólares/tonelada
Porcentaje de Inversión en Capacidad Operativa	Constante	0.01 (Variable de acuerdo al simulador)	Dmnl
Costo Operativo por Tonelada	Constante	1	Dólares/tonelada
Incremento anual de la Capacidad Operativa	Auxiliar	“Incremento de Capacidad Operativa – Tabla”(Inversión en Capacidad Operativa del Canal)	MToneladas/year
Porcentaje Invertido en Proyectos en Desarrollo	Constante	0.1	Dmnl

Sistema de Ecuaciones para los Flujos de la Vista N° 1

Flujos			
Nombre de la Variable	Tipo	Valor o Ecuación	Unidad
Ingresos por Panamax en el Canal	Auxiliar	“Tonelaje anual en el Canal por Panamax” * “Tarifa para Tonelaje de Panamax”	Mdólares/year
Ingresos por Post – Panamax en el Canal	Auxiliar	“Tonelaje anual en el Canal por Post-Panamax” * “Tarifa para Tonelaje de Post-Panamax”	Mdólares/year
Inversión en Capacidad Operativa del Canal	Auxiliar	Ingresos al Estado * Porcentaje de Inversión en Capacidad Operativa	Mdólares/year
Costos del Canal	Auxiliar	(“Tonelaje anual en el canal por Panamax” + “Tonelaje anual en el Canal por Post-Panamax”) * Costo operativo por tonelada	Mdólares/year
Inversión Social	Auxiliar	Porcentaje invertido en proyectos de desarrollo en la Cuenca * Ingresos al Estado	Mdólares/year

Sistema de Ecuaciones para las Variables de Nivel de la Vista N° 2

Flujos			
Nombre de la Variable	Tipo	Valor o Ecuación	Unidad
Incremento de Tierras Cultivables – Tabla	Lookup	–	Hectáreas/Mdólares
Tierras Cultivables	Level	“Incremento de tierras cultivables” – “Reducción de tierras cultivables”	Hectáreas

Sistema de Ecuaciones para las Variables de Auxiliares y Constantes (Parámetros) de la Vista N° 2

Variables de Auxiliares y Constantes (Parámetros)			
Nombre de la Variable	Tipo	Valor o Ecuación	Unidad
Porcentaje Invertido en Proyectos en Desarrollo de la Cuenca	Constante	0.1	Dmnl
Inversión en Proyectos de Desarrollo Social en la Cuenca	Auxiliar	“Inversión social” * “Porcentaje invertido en proyectos de desarrollo en la Cuenca”	Mdólares/year
Hectáreas Requeridas para los Embalses	Constante	214000	Hectáreas
Personas por Hectáreas	Constante	2	Personas/Hectáreas
Efectos en la Población por Tierras Cultivables	Auxiliar	(“Incremento de tierras cultivables” – “Reducción de tierras cultivables”) *	Personas

		"Personas por hectárea"	
Tiempo para Expandir el Canal	Constante	10	Años
Inversión Social	Auxiliar	"Porcentaje invertido en proyectos de desarrollo en la Cuenca" * "Ingresos al Estado"	Mdólares/year

Sistema de Ecuaciones para los Flujos de la Vista N° 2.

Flujos			
Nombre de la Variable	Tipo	Valor o Ecuación	Unidad
Incremento de Tierras Cultivables	Auxiliar	"Incremento de tierras cultivables" – Tabla ("Inversión en proyectos de desarrollo social en la Cuenca")	Hectáreas
Reducción de Tierras Cultivables	Auxiliar	IF THEN ELSE(Time <= Tiempo para expandir el canal ,(Hectáreas requeridas para los embalses/Tiempo para expandir el canal) * Time , 0)	Hectáreas

De acuerdo a la simulación dinámica desarrollada en los distintos escenarios planteados, pareciese ser que la ampliación del Canal es factible bajo las condiciones definidas en el modelo. Los Ingresos al Estado aumentarán de manera significativa bajo condiciones de operación extrema además de la Capacidad Operativa del Canal que mejorará notablemente brindando el servicio más óptimo a todo tipo de embarcación, principalmente Barcos Post – Panamax, que por su tamaño no es capaz de transitar actualmente por el Canal. Por otra parte, al ampliar el Canal se evitaran las colas que se han venido creando con el aumento de tráfico de barcos de todo tipo que transita por él.

En el caso de la Inversión Social, que también se ha evaluado en las simulaciones, aumentará con la expansión del Canal, y de igual manera se beneficiará el país. Es posible apreciar que aun con los altos costos de amortización, la tendencia para la Inversión Social es la de aumentar ya que es función directa del ingreso al estado.

Para concluir este informe, es importante recordar que este modelo y sus resultados son aplicables solamente para el contexto en el cual el modelo ha sido desarrollado, con sus respectivas ecuaciones y expresiones, así como para las suposiciones hechas.

- Producto 2:

a. Participación en Congresos

- Primer Congreso de Ingeniería, Ciencias y Tecnológica – Universidad Tecnológica de Panamá, 5 al 7 de octubre de 2005

Presentación del proyecto, la propuesta y las primeras etapas del mismo.

Presentación de póster

- Industrial Engineering Research Conference – Orlando, Florida, 20 al 24 de mayo de 2006

Presentación de los resultados finales del proyecto. Viaje financiado por Senacyt a través del programa de estímulo a las actividades de C y T.

Resultó en la publicación del documento final en el resumen de la conferencia.

- Segundo Congreso de Ingeniería, Ciencias y Tecnológica – Universidad Tecnológica de Panamá, 9 al 12 de agosto de 2006
- Presentación de ponencia en el Winter simulation conference y publicación de la misma en: <http://www.informs-sim.org/wsc06papers/082.pdf> .La conferencia fue presentada por Serge Sala-Diakanda, de la Universidad de la Florida Central.

b. Publicación en Periódicos:

Publicación en la Prensa el 27 de mayo de 2006, <http://ediciones.prensa.com/>

- Innova: El Canal Modelo de Innovación.
- Innova: Dividen un gran problema en pedazos

c. Fotos



d. Pósteres

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PANAMÁ
DESARROLLO DE UN MODELO DE SIMULACIÓN PARA TOMA DE DECISIONES UTILIZANDO DINÁMICA DE SISTEMAS
Desarrollo del Caso de la Expansión del Canal de Panamá
 Humberto R. Álvarez A., Ph. D., Luis Carlos Raballo, Ph. D.

Objetivos del proyecto:

- Desarrollar un modelo básico usando Dinámica de Sistemas con el caso de la expansión del Canal de Panamá, no solo desde un punto de vista técnico, pero considerando los efectos sociales y económicos relacionados.
- Presentar, a nivel nacional e internacional el modelo desarrollado y utilizar Internet como plataforma básica para la integración del modelo.
- Aprender del modelo y empezar a desarrollar una teoría general de sistemas complejos con colaboración internacional.
- Fomentar la propuesta original y buscar financiamiento de otras fuentes nacionales e internacionales.

Actividades:

- Acción 1: Una investigación de la literatura básica de la teoría de sistemas complejos para fundamentar nuestra teoría de investigación.
- Acción 2: Realizar el diagnóstico del Canal de Panamá y sus diferentes acciones para facilitar su movilidad.
- Acción 3: Desarrollo de un modelo básico del Canal de Panamá usando la Dinámica de Sistemas. Esto requiere participación de un grupo multidisciplinario de expertos de la Universidad Tecnológica de Panamá en Ingeniería y Ciencias. También habrá interacciones con la Asociación de Canales de Panamá y SENACYT.

Resultados esperados:

- Producto 1: Un modelo básico usando la Teoría de Dinámica de Sistemas y el internet que modela el Canal de Panamá tomando en cuenta no solo sus operaciones pero también la economía nacional y global. Este será presentado al Senacyt y a la prensa nacional en Noviembre del 2005.
- Producto 2: Reporte al Senacyt y artículos para ser publicados en diarios y conferencias de nivel regional e internacional.
- Producto 3: Una misma propuesta para buscar financiamiento a nivel regional e internacional.

Con el apoyo de: **SENACYT** (Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación)

Socios en el proyecto: **EP** (Escuela de Ingeniería y Ciencias), **The University of Central Florida**

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PANAMÁ
DESARROLLO DE UN MODELO DE SIMULACIÓN PARA TOMA DE DECISIONES UTILIZANDO DINÁMICA DE SISTEMAS
Desarrollo del Caso de la Expansión del Canal de Panamá
 Humberto R. Álvarez A., Ph. D., Luis Carlos Raballo, Ph. D.
 Universidad Tecnológica de Panamá, Universidad de Central Florida

Objetivo del proyecto:

- Desarrollar un modelo básico de dinámica de sistemas que permita modelar la Expansión del Canal de Panamá considerando aspectos económicos, sociales y técnicos.
- Financiado en parte por la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación de la República de Panamá y el apoyo de la Universidad Tecnológica de Panamá, University of Central Florida, y la Autoridad del Canal de Panamá.

Definición del Problema:

- La saturación de las rutas multimodales en Estados Unidos.
- En la actualidad el Canal opera a 90% de su capacidad.
- El aumento de la saturación es aproximadamente 8 años.
- Inversiones de los operadores de puertos en tecnología portuaria.
- El proyecto de expansión es la raíz el proyecto de infraestructura más grande desde la misma construcción del Canal.
- Los elementos e variables involucradas deben ser definidas y validadas a fin de poder comprender y explicar las relaciones, efectos e influencias de dichos elementos en el proceso de toma de decisiones.
- Es necesario tener un modelo de aprendizaje, que permita entender los efectos del proyecto.
- Por lo tanto es necesario desarrollar un modelo sistémico de las relaciones y efectos de la ampliación del Canal no solamente desde el punto de vista económico, sino social.

Diagrama causal del modelo

Con el apoyo de: **SENACYT** (Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación)

Socios en el proyecto: **EP** (Escuela de Ingeniería y Ciencias), **The University of Central Florida**

- Presupuesto:

Rubros PNUD		Gastos por cada etapa		
Proponente (Representante Legal) / Entidad Afiliada	Humberto Álvarez / UTP	I Etapa	II Etapa	III Etapa
	contrato 19			
Servicios Profesionales	550	300.00	0.00	250.00
Viáticos				
Transporte				
Materiales de Oficina				
Materiales y Equipo Especializado	2,950.00	700.00	2,000.00	250.00
Otros				
Imprevistos				
Total:	3,500.00	1,000.00	2,000.00	500.00

- Ejecución financiera Primera Etapa:

Detalle	Número de factura	Fecha	Ingreso	Gasto
Cheque 12454	Banistmo	14 de marzo de 2006	1,000.00	
Cordless Laser Pointer	45473 Multimax	18 de marzo de 2006		77.64
PC Connect Card	1822709 Panafoto	22 de marzo de 2006		60.00
Pago por servicios	Kennia Castillo	24 de marzo de 2006		300.00
Memoria Flash 1GB	251702 IBC S. A.	12 de mayo de 2006		57.70
Papelería	17576 Multimax	22 de abril de 2006		7.71
USB Gíreles 2.11 Router 54 MBPS	250639 IBC S. A.	18 de abril de 2006		91.25
Sub total				594.30
Saldo en caja			405.70	

- Ejecución financiera Segunda Etapa:

Detalle	Número de factura	Fecha	Ingreso	Gasto
Saldo anterior			405.70	
Cheque 21408	Banistmo	23 de agosto de 2006	2,000.00	
Teclado Flexible	44550 Multimax	9 de septiembre de 2006		26.22
Computadora personal	1979355 Panafoto	13 de septiembre de 2006		1,315.95
Cable VGA multipropósito	49632 Multimax	21 de octubre de 2006		17.82
WinQSB licencia única	3030 MS MIAMI	3 de octubre de 2006		107.95
Cable USB adapter	109366 Multimax	12 de diciembre de 2006		41.97
Proyector SHARP	091744 Multimax	1 de diciembre de 2006		899.80
Sub total				2,409.71
Saldo en caja			-4.01	

- **Ejecución Financiera 3 Etapa:**

Detalle	Número de factura	Fecha	Ingreso	Gasto
Saldo anterior Cheque 39281	Banistmo	Julio de 2007	-4.01 500.00	
Pago a Kennya Castillo		13 de agosto de 2007		250.00
Compra de equipo CD ROM Gerencia de Proyectos	Multimax IEV	13 de Junio de 2007 5 de julio de 2007		146.94 85.00
Sub total				481.94
Saldo en caja			14.05	