

“Modelo de Subte línea B con ampliación Proyectada”

“Subway line B model with planned extensión”

- *Ing. Edgard Hernán Maimbil – Docente investigador UADE (Universidad Argentina de la Empresa) – Tutor Tesis de Grado – Ingeniería Informática. edmaimbil@uade.edu.ar, tinymaimbil@gmail.com. (Autor).*
- *Ing. Nahuel Hernán S. Romera – Docente investigador UADE (Universidad Argentina de la Empresa) – Co Tutor Tesis de Grado – Ingeniería Informática. nahuel.romera@gmail.com (Co Autor).*
- *Lic. Ming Chun Kao – Alumno de Ingeniería en Informática – Facultad de Ingeniería – UADE – sir-kao@gmail.com*
- *Lic. Inés Naiberger – Alumna de Ingeniería en Informática – Facultad de Ingeniería – UADE – inenai@gmail.com*

RESUMEN

La Ciudad Autónoma de Buenos Aires cuenta con un servicio de transporte subterráneo, conformado por una red de 6 líneas subterráneas (Líneas A, B, C, D, E y H) y una línea de superficie (Premetro) que al día de hoy, transportan a un promedio de más de 1.500.000 pasajeros diariamente. Se calcula que esta cifra equivale al 10% del total de los viajes que diariamente se realizan en la región metropolitana de Buenos Aires, ciudad que alberga a más de 2.890.000 habitantes por sí sola, pero que cuenta con una población de más de 12.806.000 habitantes incluyendo toda el área metropolitana (Gran Buenos Aires).

Con el fin de mejorar el servicio y descongestionar las líneas y estaciones más transitadas de la red, se están llevando a cabo múltiples proyectos de extensión de las líneas de subterráneo existentes, así como la incorporación de nuevas líneas.

En el caso de la línea B, hoy cuenta con un total de 15 estaciones que atraviesan la ciudad de Oeste a Este, dos de las cuales combinan con las líneas C y H respectivamente. En ella se planea inaugurar dos nuevas estaciones que extenderán la línea en dirección Oeste, y con la extensión en el futuro de la línea E, surgirá una nueva combinación con dicha línea en su estación terminal en el extremo Este.

Los datos estimativos que existen pretenden predecir el número de pasajeros que usarán estas dos nuevas estaciones diariamente, pero esta información no es suficiente a la hora de estimar el impacto total de estas

incorporaciones al rendimiento de la línea. Se trata de valores totales de pasajeros por día para cada estación nueva, lo cual diluye la información respecto del exceso de demanda en las horas pico, momento en que se concentra la mayor cantidad de pasajeros en cada estación y que representa el verdadero problema del uso de las líneas de subte.

Para poder analizar los datos de forma que resulte realista y poder sacar conclusiones útiles, basadas en una distribución más precisa del flujo de pasajeros a lo largo de un día hábil, se decidió modelar la red de subterráneos utilizando la disciplina de la Dinámica de Sistemas, la cual ofrece las herramientas necesarias para poder modelar y simular el funcionamiento en el tiempo de complejos sistemas retroalimentados, haciendo uso de diagramas, ecuaciones que modelan matemáticamente el comportamiento de las distintas variables y el poder de cálculo y procesamiento en tiempo real que proveen las computadoras modernas.

Así, al día de hoy se ha trabajado en el modelado de las líneas C y B (sin las extensiones mencionadas), resultando en modelos precisos que permiten emular el flujo de pasajeros en cada una de las estaciones de cada línea, hora a hora durante todo un día.

Con este trabajo como base se procede a integrar al modelo de la línea B, realizado por la Ing. Vanesa G. Bravo, la nueva sección compuesta por las estaciones Juan Manuel de Rosas y Echeverría, así como la futura

combinación con la línea E en la estación terminal L. N. Alem. Con ello se busca analizar el impacto de dichas incorporaciones a la línea B, distribuyendo en el tiempo a lo largo de un día todo el tránsito de pasajeros, recalibrando todas las estaciones para adaptarlas al nuevo uso de la línea producto de las nuevas incorporaciones, y concluir si estos cambios generarán un alivio o bien una carga extra al desempeño de la red.

Palabras clave: Dinámica de sistemas – subterráneos - Buenos Aires – simulación – pronóstico – sistema de soporte a la toma de decisiones – complejidad dinámica.

ABSTRACT

The Autonomous City of Buenos Aires offers a subway train transportation service, which consists of a network conformed by 6 underground lines (lines A, B, C, D, E and H) and one surface line (“Premetro”) which at present transports an average of more than 1.500.000 passengers a day. It is estimated that this number equals to the 10% of the daily trips in the metropolitan area of Buenos Aires, the city being home to more than 2.890.000 inhabitants itself, but holding up to more than 12.806.000 when we take the whole metropolitan area (“Gran Buenos Aires”) into account.

With means of improving the service and clearing the most walked lines and stations in the network, multiple projects of line extensions are being worked on, as well as new line incorporation plans.

Regarding line B, it is at present formed by 15 stations which cross the city from West to East, two of which are connections, being shared with lines C and H respectively. There is a plan to extend this line to the West with two new stations, and with the future extension of line E, a new connection will be made in line B’s final stop in its Eastern end.

The existent rough data means to predict the number of passengers that will use these two new stations daily, but this information is not enough in order to predict the complete impact of these new additions to the whole subway network. This data consists on the amount of total passengers estimated to use each of the new stations on an average day, which oversees the information regarding to the excess in the demand in the rush hour, moment in which the most people congregates in the stations and that represents the real problem in the use of the subway system.

In order to analyze the data so that it comes as realistic and to reach useful conclusions based on a more precise distribution of the flow of passengers during a working day, it has been decided to model the subway network using the System Dynamics discipline, which provides the necessary tools to model and simulate the functioning in time of complex looped systems, by using diagrams, equations that mathematically model the behavior of the different variables and the real-time processing power provided by modern computers.

Like so, up to date there has been work on modeling lines C and B (without the mentioned extensions), resulting in precise models which enable the emulation of the flow of passengers in each and every station in both lines, per hour, during a whole day.

With this work of investigation as a base, we proceed to incorporate the new section formed by the “Juan Manuel de Rosas” and the “Echeverría” stations and the new connection in final stop “L. N. Alem” to engineer Vanesa G. Bravo’s model of present line B. With this, we look forward to analyzing the impact of said additions to line B, distributing the flow of passengers during the different hours in a day, recalibrating all the stations to the new use of the line resulting from the new additions, and conclude whether these changes will result in a relief of in a extra load to the network’s performance.

Keywords: System Dynamics – subway – Buenos Aires – simulation – prediction – decision support system – dynamic complexity.

1. RED DE SUBTERRÁNEOS

De acuerdo con información publicada por Subterráneos de Buenos Aires, la red actual de subtes está compuesta por:

Líneas subterráneas:

- 6 líneas (A, B, C, D, E, H)
- Suman 47,6 km de extensión
- 78 estaciones en total

Línea de superficie:

- 1 línea (Premetro)
- 7,4 km de extensión
- 17 estaciones

La red tiene una distribución radio concéntrica con 4 líneas radiales (Líneas A, B, D y E) y 2 transversales (C y H), una de ellas comunica dos grandes terminales ferroviarias y atraviesa el microcentro (Línea C).



Figura 1: Red actual de subterráneos en la ciudad de Buenos Aires

El sitio web de Vía Subte publica, en 2011 (última actualización) la siguiente información estimativa de pasajeros por día por línea, en el siguiente gráfico:

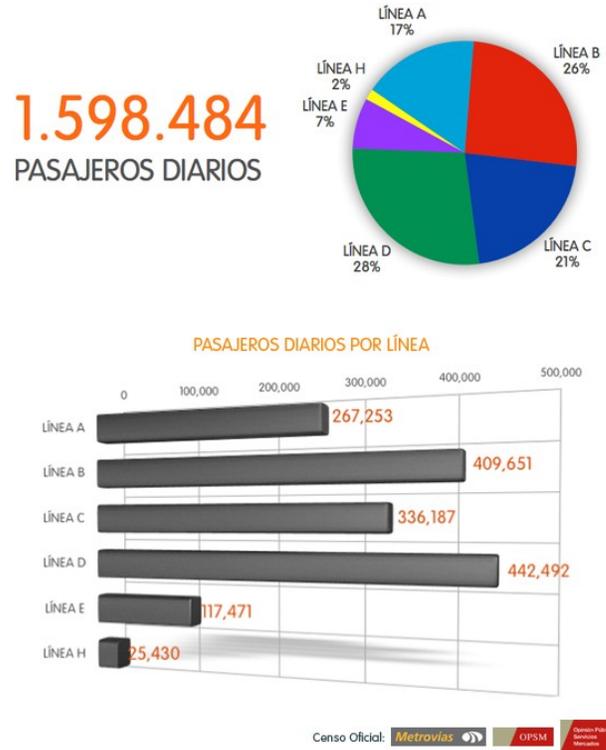


Figura 2: Pasajeros por día y por línea, 2011

Como se ve más adelante estos datos arrojan valores mayores a los registrados por el Indec.

2. LA LÍNEA B



Figura 3: Actual línea B de subterráneos

Actualmente cuenta con 15 estaciones. Se planea su ampliación en dirección Oeste con las nuevas estaciones Echeverría y la nueva estación terminal Juan Manuel de Rosas.



Figura 4: Línea B con extensión y combinación proyectadas

El pronóstico oficial, obtenido directamente de la Gerencia de Planeamiento de Subterráneos de Buenos Aires respecto de la variación del uso de la línea B a raíz de la incorporación de las nuevas dos estaciones Juan Manuel de Rosas y Echeverría es la siguiente:

Estaciones	DEMANDA DÍA HABIL (un sentido)
ECHEVERRIA	7000
ROSAS	25000
TOTAL	32000
Pérdida de pasajeros en estación	
Los Incas	9000
	23000

Figura 5: Estimación uso nuevas estaciones y repercusión en estación Los Incas

Antes de combinar estos valores con los del modelo ya diseñado de la línea B por la Ing. Vanesa G. Bravo, es necesario ajustar aquellos, dado que cada año la demanda del servicio se incrementa.

El promedio en el aumento de la demanda es de aproximadamente un 5% anual si descontamos el abrupto descenso causado por la crisis de 2001. Sin embargo se ha detectado que en los meses de 2012, desde Enero, en particular desde la suba de la tarifa de Subtes implementada el día 6 de Enero de 2012, el uso del subte decayó cada mes, respecto del año anterior, un 20%.

Finalmente aplicamos una caída del 15% entre 2010 y 2012 para estimar la demanda de este año, y obtenemos los siguientes valores:

Estación	Pasajeros que ingresan por día (ambos sentidos) – 2010 (Ing. Bravo)	Con descenso del 15% - Estimación 2012
Los Incas	30509	25932
Tronador	7723	6564
Lacroze	39167	33291
Dorrego	16707	14200
Malabia	24230	20595
Gallardo	20204	17172
Medrano	21779	18511
Gardel	17429	14813
Pueyrredón	24574	20887
Pasteur	17877	15194

Callao	25350	21547
Uruguay	23606	20065
Pellegrini	74753	63540
Florida	31038	26381
Alem	34246	29109

Tabla 1: Pasajeros por día por estación Línea B año 2010 y caída del 15% estimada 2012

Finalmente agregamos los datos de estimación de las nuevas estaciones provistos por la Gerencia de Planeamiento de Subterráneos de Buenos Aires, y obtenemos la siguiente tabla de pasajeros que ingresan a cada estación por día en la Línea B:

Estación	Pasajeros por día por estación c/ext. Sin combinación en Alem		
	Hacia Este (N)	Hacia Oeste (S)	Total
Rosas	25000	0	25000
Echeverría	7000	900	7900
Los Incas	13207	3725	16932
Tronador	5842	722	6564
Lacroze	24967	8324	33291
Dorrego	10082	4118	14200
Malabia	14623	5972	20595
Gallardo	12365	4807	17172
Medrano	11293	7218	18511
Gardel	9480	5333	14813
Pueyrredón	13368	7519	20887
Pasteur	8814	6380	15194
Callao	13144	8403	21547
Uruguay	12240	7825	20065
Pellegrini	19057	44483	63540
Florida	1057	25324	26381
Alem	0	29109	29109
Total:	201539	170162	371701

Tabla 2: Pasajeros que ingresan por estación en un día, Línea B, estimación 2012

Estos datos se volcarán al modelo completo de la línea B con la ampliación proyectada.

3. OBTENCIÓN DE DATOS

Datos Base

La base utilizada para el desarrollo de este trabajo es el trabajo finalizado en 2011 “Modelo de la Línea B de Subterráneos de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires” de la ingeniera Vanesa G. Bravo.

Estimación de la demanda

Los datos de estimación de la demanda de las nuevas estaciones, Juan Manuel de Rosas y Echeverría, así como la variación consecuente en la demanda de la estación Los Incas, fue provista por Nérida Queirolo, en representación de la Gerencia de Planeamiento de Subterráneos de Buenos Aires Sociedad del Estado (SBASE).

Otros datos estadísticos y generales

Otras fuentes incluyen sitios web dedicados a la divulgación de datos sobre los Subte de la Ciudad de Buenos Aires, como el sitio de Subterráneos de Buenos Aires, el de Subterráneos de Buenos Aires Sociedad de Estado, CNRT, o el sitio del INDEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos).

Parte del aporte de información viene de los anteriores trabajos afines realizados por graduados de la UADE. Esta información incluye datos macro de pasajeros que viajan en las líneas por año, mapas de la red actual y con extensiones programadas, diagramas de la línea B (que no inauguró estaciones en el lapso entre sus trabajos y el nuestro), de la línea B con sus nuevas estaciones, y otros datos que no se incluyeron pero que sirvieron como orientación y referencia.

4. CREACIÓN DE NUEVAS VARIABLES

Las variables añadidas para poder analizar los cambios en el modelo fueron las siguientes:

- Ingreso comb Alem (Flujo)
- Egreso comb Alem (Flujo)
- Tasa ingreso comb Alem (Auxiliar con lookup)
- Alem comb demanda (Constante)
- JMR demanda (Constante)
- Ech demanda (Constante)

En el informe final se puede consultar la descripción completa de cada una.

5. MODELADO CONCEPTUAL

El modelo de la línea de subtes está conformado por una red de estaciones interconectadas entre sí por las formaciones (trenes) que trasladan a los pasajeros entre una y otra.

Aún cuando físicamente son una única estación, en su análisis dentro del sistema de subtes se modelan en dos partes, una parte representa la estación con destino a una cabecera y la otra representa la estación con destino a la otra cabecera (en el caso de andenes separados podría pensarse en cada uno de los andenes como una de estas dos “mitades”). En el modelo que realizamos distinguimos cada una de estas dos componentes como Norte y Sur, siendo las componentes Norte las que tienen como destino la cabecera de L. N. Alem y las componentes Sur las que tienen como destino la nueva cabecera J. M. Rosas.

El comportamiento de una línea de subte puede explicarse usando estaciones de tres tipos diferentes:

- Estaciones normales
- Estaciones combinación
- Estaciones cabecera

Pueden existir estaciones que sean cabecera y combinación a la vez, como será el caso de la estación L. N. Alem cuando combine con la línea E.

El siguiente diagrama conceptual sintetiza toda la línea en un microsistema compuesto por dos cabeceras, una estación normal y una estación con combinación:

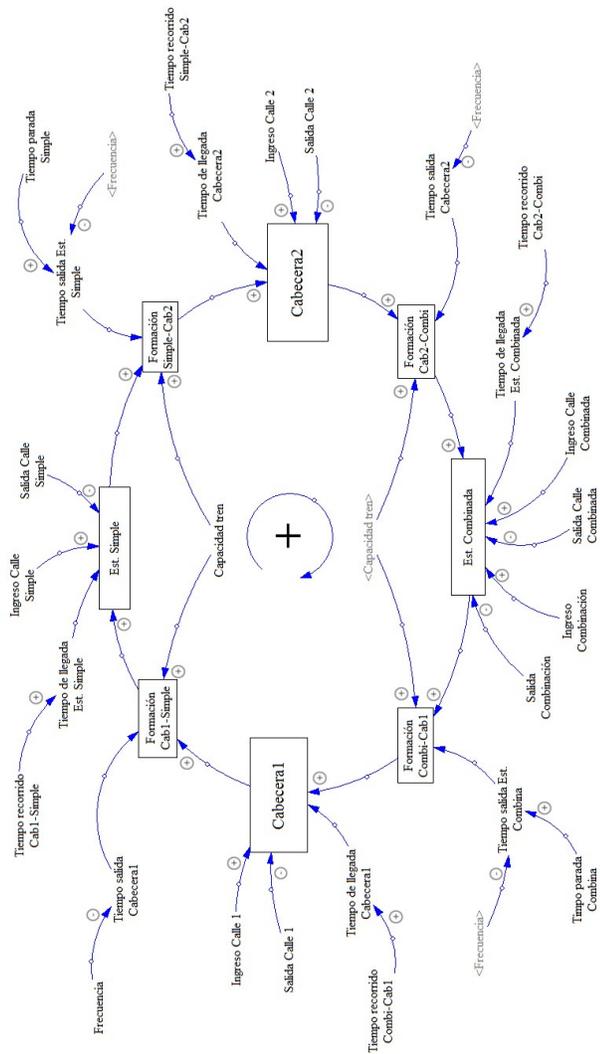


Figura 6: Diagrama de influencia de una línea de Subtes

Estaciones normales:

Están a mitad del recorrido, reciben un flujo de gente que ingresa desde la calle y emiten un flujo de gente que sale del circuito hacia la calle.

Estaciones Combinación:

En ellas a los flujos de pasajeros que salen y entran hacia y desde la calle se suman otros dos: un flujo de salida hacia la línea con que combinan y otro de entrada desde la misma.

Estaciones Cabecera:

Marcan el inicio y final de un recorrido en un sentido. La gente que llega sale del circuito y llegan nuevos pasajeros al mismo para viajar en sentido contrario.

VARIABLE	TIPO	SIGNIFICADO
Estación	Estado	Acumula el movimiento de ingreso y egreso de personas en el andén.
Ingreso	Auxiliar	Cantidad total de personas que ingresan al andén desde el exterior.
Salida	Auxiliar	Cantidad total de personas que egresan del andén.
Ascenso	Auxiliar	Cantidad de pasajeros que abordan la formación dependiendo del espacio libre. Si la cantidad de personas en el andén es mayor al espacio libre que hay en la formación, <u>entonces</u> ascienden las personas correspondientes al espacio libre, <u>sino</u> ascienden todas las personas que hay en el andén.
Descenso	Auxiliar	Total de pasajeros que descienden al andén.
Formación Simple / Combinada	Estado	Cantidad total de pasajeros en la formación durante su trayecto entre estaciones.
Frecuencia	Auxiliar	Indica el tiempo en el que se repite la partida de una formación.
Tiempo Salida	Auxiliar	Tiempo que tarda la formación para partir hacia la próxima estación.
Tiempo Recorrido	Auxiliar	Tiempo que una formación demora entre una estación a otra.
Tiempo de llegada	Auxiliar	Tiempo que tarda la formación desde su salida hasta su llegada, se le suma el tiempo recorrido.
Tiempo parada	Auxiliar	Tiempo donde la formación permanece detenida.
Capacidad tren	Auxiliar	Cantidad total máxima de pasajeros que pueden viajar en la formación.
Capacidad Sentados	Auxiliar	Cantidad total de pasajeros que pueden viajar sentados por formación.
Capacidad Parados	Auxiliar	Cantidad total de pasajeros que pueden viajar parados por formación.
Cantidad de Vagones	Constante	Cantidad total de vagones por formación.

Tabla 3: Variables utilizadas en el modelo de la línea B

6. VENSIM

En esta sección presentamos una introducción a Vensim, el software utilizado para crear el modelo que representa el sistema conformado por la línea B, con sus componentes como variables y las ecuaciones que definen su comportamiento.

Puede ser consultada en el informe final.

7. MODELOS COMPUTACIONALES

Diagrama de Forrester

Ejemplo de la componente sur de una estación normal:

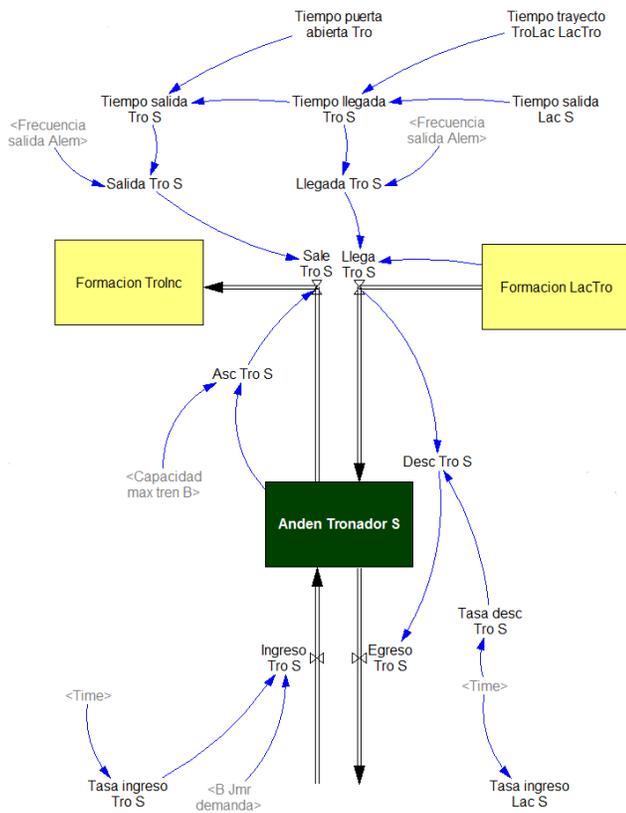


Figura 7: Componente Sur de la estación Tronador

El componente norte posee las mismas características, sólo que el flujo de pasajeros forma parte del viaje en sentido contrario.

En este diagrama podemos observar todos los componentes que generan el comportamiento de una estación: Ingreso y egreso de personas con sus tasas correspondientes que dependen del momento del día o “time” y de la capacidad máxima de la formación, tiempos de salida y llegada de los trenes, influenciados por las frecuencias, tiempos intermedios (puerta abierta), etc.

Ejemplo de la componente sur de una estación combinación:

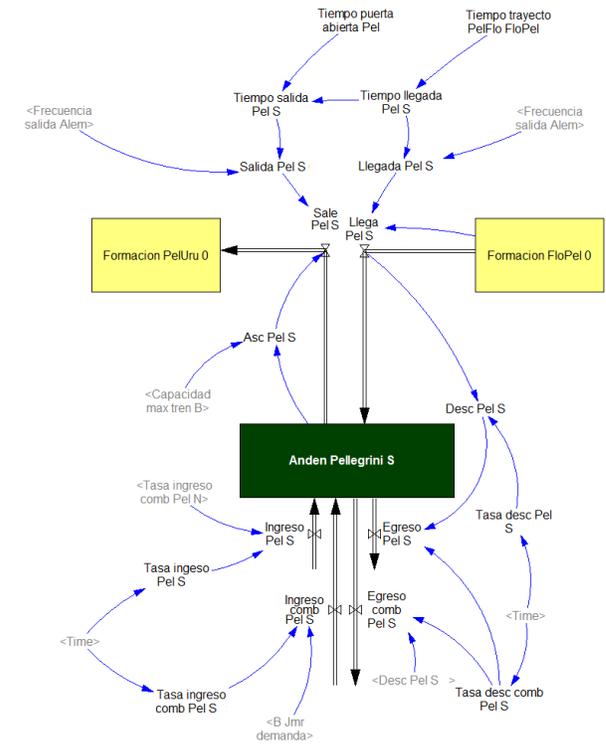


Figura 8: Componente sur de la estación Carlos Pellegrini

El componente norte posee las mismas características, sólo que el flujo de pasajeros forma parte del viaje en sentido contrario. En este caso los flujos de salida y entrada de pasajeros son dos, unos corresponden a la entrada y salida de pasajeros desde la calle y el otro corresponde a la combinación con las líneas C y D.

Ejemplo de una estación cabecera:

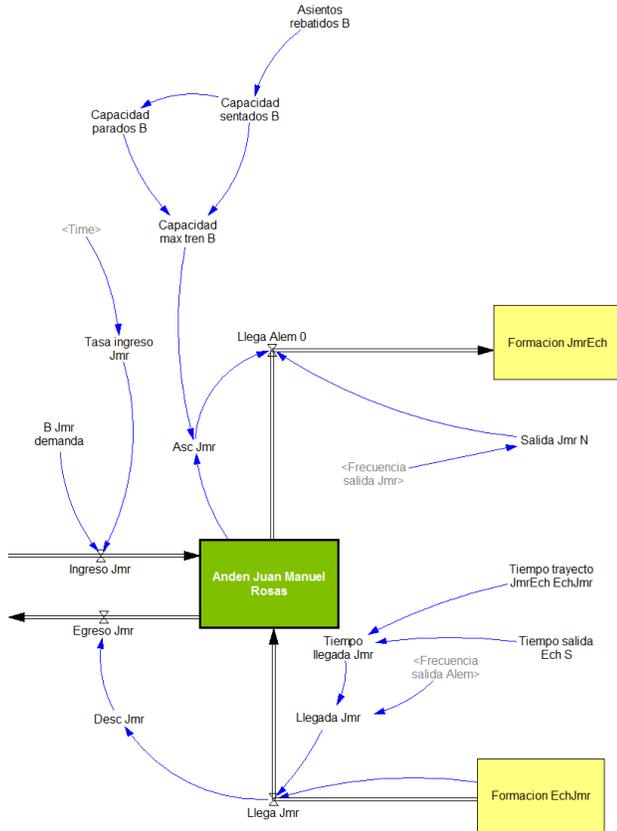


Figura 9: Estación Juan Manuel de Rosas

Desde la estación cabecera se dispara, en forma de pulsos, cada grupo de pasajeros que viaja en una formación. Desde aquí inician el recorrido en un sentido todos los trenes del día. En forma paralela, y sincronizada, desde la cabecera opuesta, se disparan los trenes que viajan en sentido contrario.

Aquí se determinan las capacidades de los trenes, las salidas de los trenes, que dependen de las frecuencias y estas a su vez del momento del día y es donde se pueden modificar estos valores para estudiar el impacto de cada variable en el comportamiento total del sistema.

Ejemplo de estación cabecera y combinación:

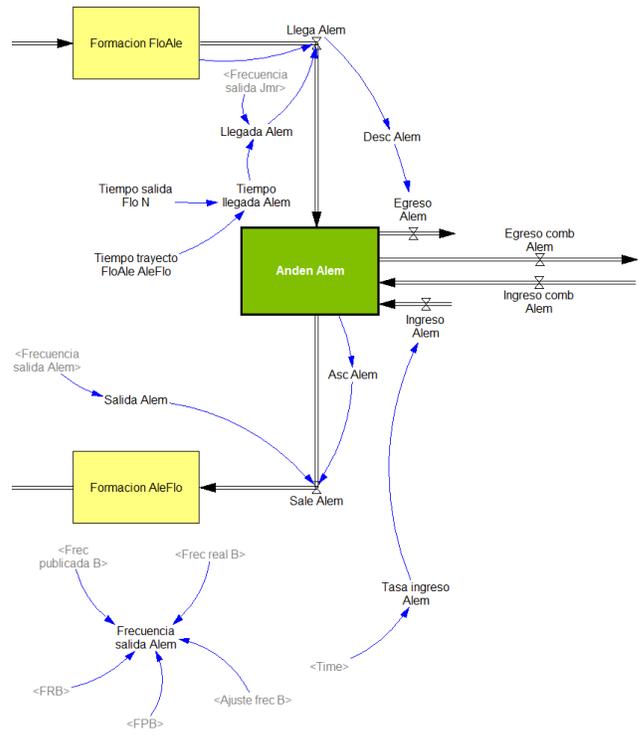


Figura 10: Estación L. N. Alem tras incorporación combinación con línea E

El comportamiento es semejante a la cabecera en Juan Manuel de Rosas, con la particularidad de que los flujos de entrada y salida desde y hacia la estación están divididos en los que tienen la calle como contrapartida y los que comunican en cambio a la línea E.

El modelo de Forrester **completo** es demasiado complejo como para incluirlo en este documento, pero en el informe final pueden consultarse, en el anexo B, las partes del modelo que representan las principales adiciones al modelo original con alto grado de detalle.

El modelo completo se presenta en un archivo de tipo MDL, editable con Vensim Ple, que se presenta adjunto al informe final de este trabajo.

8. ENSAYOS

Para probar la capacidad de simulación del modelo se llevaron a cabo 4 ensayos:

- **Ensayo 1:** Estudio del caso base con la extensión (sin la combinación proyectada en la estación Leandro N. Alem).

Observaciones:

Estaciones sobresaturadas: Carlos Gardel (andén Norte), Pueyrredón (andén Norte), Uruguay (andén Sur), Callao (andén Sur), Pasteur (andén Sur).

Estaciones saturadas: Medrano (andén Norte), Pasteur (andén Norte), Callao (andén Norte), Uruguay (andén Norte), Pellegrini (andén Sur).

Horas pico: En dirección Rosas-Alem, analizamos los datos de Pueyrredón Norte, y detectamos que los valores más altos de pasajeros en el andén se dan a las 8:57 hs. aproximadamente. En dirección Alem-Rosas, analizamos los datos de Callao Sur. Los valores más altos de pasajeros en el andén se dan a las 18:37 hs. aproximadamente.

- **Ensayo 2:** Estudio de una variación general en la demanda

Caso 1: Nuevo aumento de la tarifa a \$5,00 en el año 2013. Nueva caída de la demanda en un 20%, aumento natural de la demanda del 5% a lo largo de los meses, resumidos en un descenso general anual de la demanda del 15%.

Observaciones:

Si se vuelve a dar en el año próximo un aumento natural de la demanda de un 5% y una caída de un 20% como consecuencia del probable aumento de la tarifa a \$5 de los \$2,50 actuales, redondeado a un 15% menos de pasajeros, se vería resuelto, al menos temporalmente, el problema de saturación de las estaciones.

Caso 2: La demanda cae pero la saturación persiste (se busca con qué caída de la demanda máxima la saturación persiste en al menos una estación).

Observaciones:

Variando "B inc demanda" en intervalos de 0.05 detectamos que si en 2013, la caída de la demanda fuese de un 10% únicamente, Callao y Pasteur Sur tendrías un momento de saturación en la hora pico. Si la demanda no decae, o decae menos del 10%, Callao y Pasteur seguirán teniendo problemas de sobre-saturación.

- **Ensayo 3:** Estudio de variación en la demanda de las nuevas estaciones Juan Manuel de Rosas y Echeverría

Caso 1: Caso extremo, duplicamos la tasa de ingreso para las estaciones Juan Manuel de Rosas y Echeverría respecto de lo estimado.

Observaciones:

En el recorrido Rosas-Alem se detectó **saturación** en Echeverría, Los Incas, Pasteur, Callao y Uruguay.

Lacroze, Dorrego, Malabia, Ángel Gallardo, Medrano, Carlos Gardel y Pueyrredón presentan casos de **sobre-saturación** de distintos niveles de gravedad.

En el recorrido Alem-Rosas se detectó **saturación** en la estación Pellegrini.

En este caso las estaciones Uruguay, Callao y Pasteur presentan casos de **sobre-saturación**.

Caso 2: Disminuimos las tasas de ingreso de Juan Manuel de Rosas y de Echeverría a la mitad de lo estimado.

Observaciones:

En este caso los andenes Pellegrini Sur y Pasteur Norte alcanzan el máximo de su capacidad en las horas pico correspondientes a su recorrido (**saturación**).

Vemos que sólo las estaciones Pueyrredón (andén Norte) y Uruguay, Callao y Pasteur (andenes Sur) tienen situaciones de **sobre-saturación**.

- **Ensayo 4:** Estudio de la influencia de la combinación nueva en la estación Leandro N. Alem (combinación con la línea E).

Descripción: La cantidad de pasajeros de la línea E que accede a la B desde la combinación es igual a la que accede desde la calle (se duplica el ingreso de pasajeros de la estación Alem).

Observaciones:

El caso de Florida es extremo, con el triple de pasajeros de los que pueden subir a una formación queriendo acceder en el mismo periodo de tiempo reducido.

Las estaciones que presentan sobre-saturación son las mismas que en el caso base, más Florida y Pellegrini, que en el caso base llegaba a saturar en hora pico.

9. CONCLUSIONES

Por medio del uso de la dinámica de sistemas pudimos generar un modelo apto para el estudio del comportamiento de la línea B de subterráneos, adaptándolo a la forma que adquirirá con las inclusiones que están planificadas para la misma. Las limitaciones que derivan de la obtención de valores exactos respecto de los pasajeros que viajan, las frecuencias de salida de los trenes, capacidad de los mismos, tiempos de espera de puerta abierta y otras, impiden que las lecturas sean exactas, pero el grado de aproximación y el correcto diseño conceptual del sistema permite detectar las **variables clave y de mayor influencia en el sistema**, dado que no todas las variables afectan al comportamiento total del sistema en la misma medida.

Estas variables clave son las que deben considerarse a la hora de querer generar mejoras en el desempeño del sistema por tener el mayor grado de efecto “palanca” en el mismo, y por medio de las simulaciones que permite este modelo, podemos determinar cuáles son y cómo se comportan.

Los ensayos realizados arrojan datos que permiten sacar conclusiones interesantes.

Ensayo 1 – Caso base

Pudimos observar que se espera, para cuando se inauguren las dos nuevas estaciones, un comportamiento similar a la actual de las variables, presentándose saturación en las estaciones más concurridas de la línea en sus horas pico que pueden redondearse a las 9:00hs en dirección Leandro N. Alem y las 18:30 en sentido J. M. Rosas.

Las estaciones que presentan problemas son Medrano, Carlos Gardel, Pueyrredón, Pasteur, Callao, Uruguay, y Pellegrini. Tiene sentido si consideramos que en este ensayo no se tiene en cuenta la combinación de Leandro N. Alem, por lo que la mayoría de los viajes terminan en Pellegrini, por sus combinaciones con las líneas C y D, dejando a Florida y L. N. Alem libres de horas críticas de saturación.

Ensayo 2 – Descenso de la demanda a raíz de una segunda suba en el pasaje

Al estudiar una disminución del 15% de la demanda para el año 2013, a causa de una posible suba en el boleto a \$5, observamos que por un tiempo las estaciones dejarían de sufrir periodos de saturación. Si además el aumento sostenido de la demanda sigue siendo de un 5% durante el paso de un año, según lo que se observó podemos concluir que el alivio que se sentirá en 2013, se pierde con un nuevo aumento del 5% de la demanda en 2014. El problema de saturación volvería a aparecer comenzando por las estaciones Callao y Pasteur en horario pico de las 18:30, sentido J. M. Rosas.

De todas maneras, es difícil pensar en una segunda caída de demanda de un 20% como la ocurrida este año, dado que el subterráneo es un medio de transporte necesario

para gran parte de la comunidad, y salvo que el sistema de transportes de colectivos reaccione pronto, va a sufrir otra saturación que obligará a algunos de los usuarios de subte a adaptarse por fuerza a las nuevas tarifas, o bien considerar otros medios de transporte más económicos como la bicicleta. Si la disminución a raíz del nuevo “tarifazo” es menos del 20% de demanda respecto del año anterior (menos del 15%, considerando el aumento natural en la demanda), el problema de saturación persistirá en 2013.

Ensayo 3 Rosas y Echeverría – Caso 1, la demanda de Rosas y Echeverría se duplica

En este ensayo pudimos ver la forma en que impacta la demanda de dos estaciones en el resto de la línea. Respecto del caso base, al duplicar la cantidad de pasajeros que ingresan a la línea por Rosas y Echeverría, notamos que las estaciones Lacroze, Dorrego, Malabia, Gallardo y Medrano en dirección Alem y Pellegrini en dirección Rosas se suman a la lista de estaciones que alcanzaban su capacidad crítica en las horas pico en el estudio del caso base (Ensayo 1).

Ensayo 3 - Caso 2, la demanda de Rosas y Echeverría es la mitad de la estimada

Por el contrario, si estudiamos una demanda muy por debajo de la estimada, en este caso la mitad de lo previsto, vemos que respecto del caso base, de las estaciones que presentaban sobre-saturación la estación Carlos Gardel deja de tener este problema. Pellegrini (Sur) y Pasteur (Norte) pasan a tener un momento de saturación pero casi no quedan pasajeros en el andén sin poder subir al tren, y el resto de las estaciones que presentaban saturación ya no la presenta (Medrano Norte, Callao Norte, Uruguay Norte).

Ensayo 4 – Caso 1, los pasajeros que acceden por combinación en Alem es la misma cantidad que la que accede a Alem desde la calle.

En este análisis nos encontramos que el incremento en la cantidad de pasajeros que acceden a la línea a través de Alem, genera en la estación de Florida un incremento mucho más abrupto que en otras estaciones posteriores que, en el caso base, tenían inclusive mayor tránsito de pasajeros. Esto se debe a que inmediatamente después de Florida, la estación Pellegrini desagota la red, ya que un buen porcentaje de los pasajeros que viajan en sentido Rosas desde Alem lo hace para combinar allí.

Este análisis deja de manifiesto que un nuevo flujo de pasajeros desde la estación Alem generará un alto estrés en el primer tramo del recorrido, hasta Pellegrini, y aunque no se estudie en este trabajo porque no se estima que tenga grandes volúmenes, es posible pensar que un incremento de pasajeros que ingresen por Pellegrini con intención de viajar hacia Alem, por más pequeño que sea, solo logre acentuar y complicar esta sobrecarga.



www.dinamica-de-sistemas.com

Libros

Cursos Online



[Ejercicios](#)



[Curso Básico Intensivo en Dinámica de Sistemas](#)



[Avanzado](#)



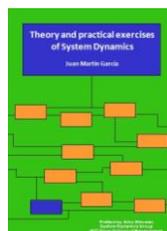
[Curso Superior en creación de modelos de simulación](#)



[Conceptos](#)



[Modelos de simulación en ecología y medioambiente](#)



[English](#)



[Planificación de empresas con modelos de simulación](#)



[Português](#)



[System Thinking aplicado al Project Management](#)