

## TRANSPORTE Tutorial TransInGenio

Versión 1.1  
Octubre 2011

El juego **TransInGenio** te permite experimentar los desafíos de diseñar un buen sistema de transporte público en una ciudad. Dentro del juego hay una sección de **Ayuda** que te entrega detalles sobre cómo se usa el juego; además cuenta con un **“Help Transporte”** que te entregará conceptos e ideas de la ingeniería de transporte para poder aprender más cómo mejorar tus resultados.

El presente documento es un Tutorial que a través de varios ejemplos que puedes probar directamente en el juego, te ayudará a dar los primeros pasos en una comprensión más acabada de los sistemas de transporte público.

### 1 - Partiendo

Comienza iniciando sesión. Esto te servirá después en el juego para poder arrepentirte de alguna jugada y volver a una anterior. **¡No podrás hacerlo si no has iniciado sesión en el sistema!**

Comienza un juego en **Lisboa**, eligiendo **Poder de Atributos** “Avanzado”. Esto te permitirá hacer todos los cambios posibles en la ciudad. Y elige la **Política** “Reduce los Costos del Sistema”. Esto significa que el país nos ha pedido que hagamos un sistema de transporte en Lisboa que *“gaste lo menos posible”*.

### 2 - Un paseo por Lisboa

Una vez que estés en el Mapa principal, mira lo siguiente:

- Tu **Puntaje**: ¡Este es el número que debemos mejorar! El Puntaje está a la izquierda del mapa, justo debajo de la opción **“Chequea tu sistema de transporte”**, donde hay también otra información muy importante:
- Debajo del Puntaje hay tres datos clave: la **Satisfacción de los Usuarios**, el **Costo de Operación**; y el **Costo Social del Sistema**. El primero indica cuán contenta está la gente con tu sistema de transporte. El segundo, cuánto cuesta que funcione tu sistema (los usuarios pagan por su funcionamiento). Y el tercero es una medida que combina ambas cosas: cuánto recursos gasta el sistema, considerando los costos de operación de las líneas, y los “costos” de los usuarios en tiempos de viaje, espera y trasbordo.
- Pasa tu mouse encima de los lugares de tu ciudad. Verás su nombre y alguna información de ellos. Fíjate si aparece al lado un paradero en rojo o en verde. Aquellos en rojo tienen problemas serios: La gente que está en ese lugar no está

pudiendo llegar a su destino. En el caso de Lisboa, no hay problemas de ese tipo al inicio.

- Pasa tu mouse encima de las dos líneas de buses que existen en la ciudad. Verás que sale mucha información. Ya la podrás consultar más adelante.
- En la parte de abajo de la pantalla verás que tienes dinero. Ese **dinero es para inversiones**. Sólo se reduce cuando tomas decisiones de inversión. No tiene relación con el costo de operación del sistema mencionado antes. Y ojo, ¡que nunca crecerá! Este es el dinero que te ha entregado el país para que mejores la ciudad. Si se acaba, ¡se acaba! Úsalo sabiamente.
- Ahora aprieta el botón “**Ver Más Resultados**” ubicado debajo de la Caja de Estado de la Ciudad. Verás que aparecen estadísticas de la situación actual de tu sistema de transporte. Haciendo clic en las letras A, B, C, etc, verás más datos. Haz un paseo rápido por ellas. Ya veremos algunos de esos datos con más detalle, pero has de saber que aquí está la mina de oro de los datos!

### 3- Un experimento

Vuelve al mapa central. Vamos a hacer nuestra primera modificación al sistema. Haz clic en la línea café, ya sea en el mapa mismo o en la parte baja de la pantalla donde están listadas las líneas. Verás que aparece una pantalla para ver datos de la línea y tomar decisiones. Puedes ver, por ejemplo, que el **Largo del Recorrido** de esta línea es de 46 kilómetros de largo (ida y vuelta). ¡Eso es bastante largo! Puedes darte cuenta, mirando el **Tiempo de Ciclo**, que cada bus de esta línea ¡se demora más de 3 horas y media en dar una vuelta completa al recorrido!

Puedes ver que arriba hay dos valores que puedes cambiar: el **número de buses** que actualmente están operando en la línea, y el **tipo (tamaño) de bus** que usa esta línea. Vamos a hacer un experimento: Baja el número de buses a 100. Guarda los cambios para volver al mapa. OJO: Debes apretar **Grabar** y no Cerrar para que tu cambio quede registrado.

Verás que ha aparecido un mensaje: Dice que para que pruebes cómo funciona la ciudad con los cambios que has hecho, debes apretar el botón “**Chequea Tu Sistema de Transporte**”. Este mensaje de recordatorio aparecerá una sola vez. Acepta para sacar el mensaje, y sigamos: Ahora has clic en el botón “Chequea Tu Sistema de Transporte” para ver cómo funciona nuestra ciudad con 100 buses en vez de 250 en la línea café.

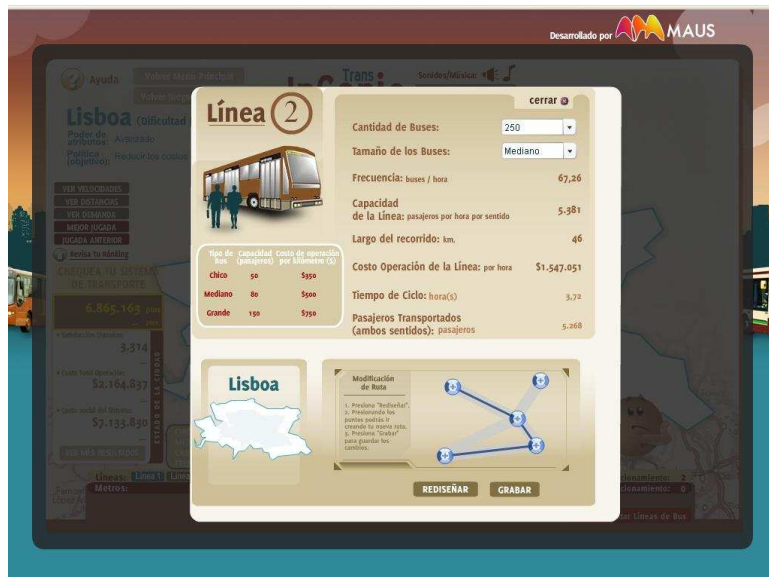


Después de unos segundos de cálculos, la ciudad ya ha digerido los cambios... ¿Qué podemos concluir? Lo primero que debemos mirar, por supuesto, ¡es nuestro Puntaje! Justo debajo de él verás el valor que tenía el Puntaje en tu jugada anterior, por si no lo recordaras. ¿Qué sucedió? ¡Ha mejorado! ¿Por qué? ¿Por qué sacar buses del sistema mejoró nuestro Puntaje? Recuerda que definiste al inicio la Política de “Reducir los Costos del Sistema”, y por lo tanto el Puntaje mejorará cada vez que logres que el sistema de transporte gaste menos. Como has sacado buses de circulación, no hay sorpresa: ¡estamos gastando menos porque hay menos buses operando!

Puedes ver directamente el hecho de que los Costos de Operación han bajado, más abajo allí en la Caja de Estado de la Ciudad. Pero ¿qué pasó con la satisfacción de los usuarios? Empeoró. Y no debería ser sorpresa, pues habiendo menos buses en la línea café, todos quienes la usan deben ahora esperar más en los paraderos. ¿Y qué sucedió con el “costo social”? Se redujo. Recuerda que el Costo Social es como una combinación de los dos indicadores anteriores. Por lo tanto, el hecho de que haya bajado nos permite concluir que aunque los usuarios están gastando más tiempo en esperas (más gasto de un preciado recurso), los ahorros en la operación de los buses más que compensó ese efecto. ¡Hemos logrado una sociedad más eficiente en el uso de los recursos!

¿Pero nos debe importar aquello? Recuerda que a nosotros nos están midiendo por la Política definida, que es reducir los costos de operación....Por tanto podríamos pensar ¡al diablo con la satisfacción de los usuarios o el costo social! Nos dieron una misión, abaratar costos, y eso debemos hacer. Cuando juegues de nuevo y uses otras Políticas, este análisis te servirá para evaluar tus decisiones. Por el momento, es claro que estamos en buen camino porque ya vimos que nuestro Puntaje mejoró. ¡Sigamos sacando buses!

Vuelve a entrar a la línea café y reduce de nuevo su cantidad de buses. Bájalos a 60. Y ahora Chequea Tu Sistema de Transporte para ver el efecto de nuestra nueva decisión. ¿Qué encuentras? ¡Ahora ha empeorado el Puntaje! Péximo. ¿Qué pasó? Puedes ver que el Costo de Operación volvió a bajar, como se esperaba, pero el Puntaje no mejoró. ¿Por qué? El problema es que hemos eliminado tantos buses que ahora se nos está quedando la gente abajo... Ya no caben en los buses que tenemos circulando. El punto clave aquí es que aunque la Política de la ciudad no es muy preocupada de la satisfacción de la gente, como mínimo



debemos ser capaces de mover a todo el mundo. **En toda ciudad y toda Política con la que juegues, siempre debes tratar de llevar a todas las personas.** Tu Puntaje se resiente, y mucho, si no haces eso.

Nota que el problema no es parejo en la ciudad. Hay ciertos lugares que siguen estando bien servidos, y son sólo algunos los que tienen demanda insatisfecha. Eso lo puedes ver posando el mouse encima de los lugares de tu ciudad. Donde aparezca un paradero en rojo, es un lugar que tiene personas que desean viajar pero que no lo logran.

¿Cómo lo solucionamos? Podemos por supuesto subir de nuevo el número de buses en la línea café y empezar a jugar con distintos números hasta encontrar el “límite” en el cual hay la menor cantidad de buses posibles y aún así podemos mover a todos. Esa es ciertamente una opción. Pero exploremos otra: ¿Y si mantenemos el número de buses bajo pero cambiamos los buses por otro tipo más grande para que sí quepa la gente? Mientras más grandes los buses, más caros de operar son, cosa que en principio no nos gusta dada nuestra Política, pero por la proporcionalmente mayor cantidad de pasajeros que pueden llevar, el resultado puede ser el que esperamos. En otras palabras, pocos buses grandes pueden mover tanta gente como muchos buses chicos, y en el neto suele ser más barato.

Probemos. Entra de nuevo a la línea café, mantén el número de buses en 60, pero pon ahora buses de tamaño grande. Y chequea el sistema de transporte. ¿Qué obtuvimos? Nuevamente estamos siendo capaces de llevar a todo el mundo. Y el Puntaje mejoró, pero ojo, mejoró respecto de la jugada anterior, que no es mucho decir porque en esa jugada se nos había quedado gente abajo. ¿Es mejor el Puntaje que la anterior a aquella jugada cuando teníamos 200 buses medianos? Aquí es donde es útil el botón **“Mejor Jugada”** ubicado arriba del Puntaje, y que sólo podrás usar si te logueaste al inicio (si te logueas ahora, no lograrás volver a una jugada anterior). Apriétalo. Verás que los números en la Caja de Estado de la Ciudad (incluyendo tu Puntaje) no cambian, lo cual significa que esta última era tu mejor jugada. Por lo tanto puedes concluir que sí fue mejor en esta ocasión pocos buses grandes que muchos chicos.

*Cuando aprietes Mejor Jugada y no haya cambios (no se cargue nada), es porque tu jugada actual es la mejor. De lo contrario, cargará la mejor.*

#### **4 – Recorridos cortos... más trasbordos**

Hagamos otro experimento. Como nos interesa cumplir nuestra Política de reducir costos, busquemos otras formas de hacerlo. Alguien nos dice al oído que para reducir costos suele ser buena idea usar recorridos cortos. Las dos líneas que tenemos hacen recorridos bastante largos. Eso lo puedes ver apretando el botón **“Ver Distancias”** que está a la izquierda del mapa. La línea café recorre 46 kilómetros, como habíamos visto; basta que sumes las distancias y multipliques el resultado por dos (pues todo recorrido es ida y vuelta). La línea Calipso tiene un recorrido de 40 kilómetros.

Nos gustaría achicarlos para ver si es cierto que se logra un ahorro. Hagámoslo con la línea café: Para no dejar ningún punto de la ciudad sin servicio, podríamos eliminar el tramo que une Carcavelos con Baixa Chiado. Es decir, que el recorrido de la línea café sea: Amadora – Campo Grande – Baixa Chiado. Para hacer esta prueba, vuelve a entrar a la línea café y ahora mira la parte baja. Allí aparece el recorrido y hay un botón “Rediseñar”. Apriétalo. Verás que el recorrido desaparece por completo para que lo puedas inventar desde cero. Haz clic en orden (desde un extremo al otro del recorrido) en Amadora, Campo Grande y finalmente Baixa Chiado. Verás que a medida que vas creando el recorrido, los números arriba se actualizan. Antes de apretar Grabar, fíjate en el largo del recorrido que hay ahora: **Es de sólo 20 km.** ¡Mucho más razonable! Luego aprieta Grabar. Ahora verás en el mapa que el recorrido ha cambiado.

Chequea ahora el sistema de transporte para ver los efectos de este nuevo diseño con una línea café más corta. Nuestro Puntaje subió. ¡Bien! Los usuarios están menos contentos, por cierto, aunque como ya discutimos, eso no es muy importante dada nuestra Política. La principal razón del descontento, para que lo sepas, es que ahora hay personas que deben hacer trasbordos y antes no los hacían. En efecto, con el diseño antiguo, las personas que están en Carcavelos y van hacia Amadora (o vice versa) podían tomar, si lo deseaban, la línea café para ir directo. Tenían también la opción de tomar la línea calipso hasta Campo Grande y trasbordar allí a la café. Ahora están todos obligados a usar esta segunda opción, que los obliga a todos a hacer un trasbordo.

Pon el mouse encima de Campo Grande. Allí podrás ver que todos los trasbordos que se están haciendo allí son 2.389; son la suma de todos los usuarios que vienen de los demás puntos y hacen un trasbordo allí. No nos fijamos en los trasbordos en la jugada anterior, pero te contamos que eran 1.371 (puedes chequearlo volviendo a agrandar la línea). Por lo tanto, con este nuevo diseño estamos obteniendo unos mil trasbordos más.

Otra forma de mirar trasbordos es en la ventana **Ver Más Resultados**. Ábrela y verás arriba los trasbordos en cada punto de la ciudad. Selecciona ahora la pantalla “G”, donde podrás ver los trasbordos según orígenes y destinos. Si te fijas en la celda cuya fila corresponde a Carcavelos y cuya columna corresponde a Amadora, verás cuántos trasbordos hace la gente que viaja desde Carcavelos hacia Amadora. Esta celda no nos permite en general saber dónde efectúan los trasbordos, pero dado el diseño de nuestras líneas de buses, sabemos a ciencia cierta que el único lugar posible es Campo Grande.



*Conclusión: Acortar recorridos suele reducir los costos de operación y generar más trasbordos; esto último reduce la satisfacción de los usuarios.*

## 5 – Nuevos recorridos

¿Seguimos rediseñando recorridos? Digamos que queremos acortar ahora la línea Calipso. No obstante, no podríamos hacerlo sin dejar sin servicio a algún punto de la ciudad. Lo que podríamos hacer es acortarlo, por ejemplo, sólo a Carcavelos – Campo Grande, y crear una línea nueva que haga el recorrido Campo Grande – Moscavide. Van a haber más trasbordos ahora, ¿correcto? Pero eso no nos interesa. ¡A ahorrar costos se ha dicho!

Ya sabes rediseñar recorridos, así es que hazlo para la línea Calipso, dejándola en operación sólo entre Carcavelos y Campo Grande. Luego de Grabar, vamos a crear una nueva línea. No es necesario apretar Chequea Tu Sistema de Transporte todavía. Puedes hacer todos los cambios que desees en el sistema y luego chequearlos todos juntos.

En el mapa principal, en el extremo inferior derecho, hay un botón de “**Agregar - Quitar Líneas de Bus**”. Apriétalo y entrarás a una pantalla especial para ello. Si desearas eliminar una línea (no lo haremos ahora) basta que la selecciones de la lista de líneas que aparece arriba y luego aprietes “Eliminar”. Para crear una línea aprieta el botón Crear y aprieta los puntos en orden tal como lo hacías en la pantalla de edición de recorrido. Recuerda que queremos crear una línea entre Campo Grande y Moscavide. Aprieta Guardar y luego Cerrar y volverás al mapa principal, donde verás que tu nueva línea ha sido creada.

*En ingeniería de transporte se desarrollan algoritmos para subdividir un recorrido en dos o fusionar dos recorridos en uno, para poder analizar qué funciona mejor.*

Cada vez que creas una línea, el juego automáticamente le asigna un número de buses y un tamaño de bus estándar, que quizás no sean los que tú quieres. Por lo tanto, siempre que crees una línea, entra a editarla (tal como hemos estado haciendo con la línea café) y pon el tamaño y número de buses que te parezca. Hazlo ahora para esta nueva línea y luego chequea tu sistema de transporte. Si encuentras que no alcanzas a transportar a toda la gente (aparecen paraderos color rojo), pon más buses y/o buses más grandes en la nueva línea.

¿Mejoró o empeoró tu Puntaje? El resultado depende mucho de qué condiciones (tamaño y número de buses) hayas puesto en la nueva línea. Y eso es malo, porque no nos permite evaluar con claridad si dividir el recorrido en dos fue buena idea, pues sus efectos se mezclan con el efecto de definir un tipo y número de buses nuevo para la línea nueva. Sería deseable poder aislar efectos para saber qué sirve y qué no.

No solo eso, pues ha ocurrido algo con la línea Calipso aunque no lo logres ver aún: cuando alargas o achicas un recorrido, manteniendo el mismo número de buses en él, cambia la **calidad del servicio**. En efecto, cuando alargas un recorrido, los buses demorarán más en dar una vuelta completa (mayor tiempo de ciclo), lo que tiene dos efectos: aumentan los tiempos de espera y disminuye la capacidad de transporte de la línea (número de pasajeros transportables). A la inversa, al achicar un recorrido, disminuye el tiempo de ciclo con lo cual disminuyen los tiempos de espera y aumenta la capacidad de transporte de la línea. En consecuencia, nuestra línea Calipso, que hemos achicado, ahora ofrece más capacidad y menores tiempos de espera.

Por lo tanto, cuando subdivides o fusionas recorridos, además del efecto mismo de cambiar el número de líneas, hay un efecto sobre la “calidad” de la línea, sobre el cual tenemos que estar atentos. Debemos aprender más sobre calidad, y para eso debemos fijarnos en la frecuencia.

## 6 – Una frecuencia óptima

En el experimento anterior, como la línea Calipso se achicó, resulta que ahora en el tramo donde sigue operando, el tiempo de espera y la capacidad de transporte cambiaron y ese efecto no lo teníamos contemplado. Además, no tenemos claridad sobre qué condiciones de servicio hemos generado en la nueva línea que creamos. Hemos producido, sin quererlo, muchos más cambios en la ciudad de los que pretendíamos originalmente.

Necesitamos aprender sobre lo que determina las prestaciones de un servicio de transporte público, y la variable fundamental es la **frecuencia**. Toda línea tiene una frecuencia (número de buses que pasa por cada hora por un punto cualquiera del recorrido). **Y es la frecuencia la que determina el tiempo de espera de los pasajeros y, junto con la capacidad de pasajeros del vehículo elegido, determina la capacidad de la línea.** Este es un aspecto esencial para la comprensión de un sistema de transporte público.

**La frecuencia no es un número que puedas fijar directamente: es una consecuencia de dos cosas, el número de buses de la línea y su tiempo de ciclo.** Recuerda que este último es el tiempo que un bus demora en dar una vuelta completa al recorrido, y por lo tanto depende a su vez del largo del recorrido y por supuesto de las velocidades que puede alcanzar en la ruta.

Hagamos una prueba para entender mejor todo esto. Juguemos con la línea café y para hacerlo interesante, primero la alargaremos a la extensión que tenía originalmente (Carcavelos – Baixa Chiado – Campo Grande – Amadora). Hazlo.

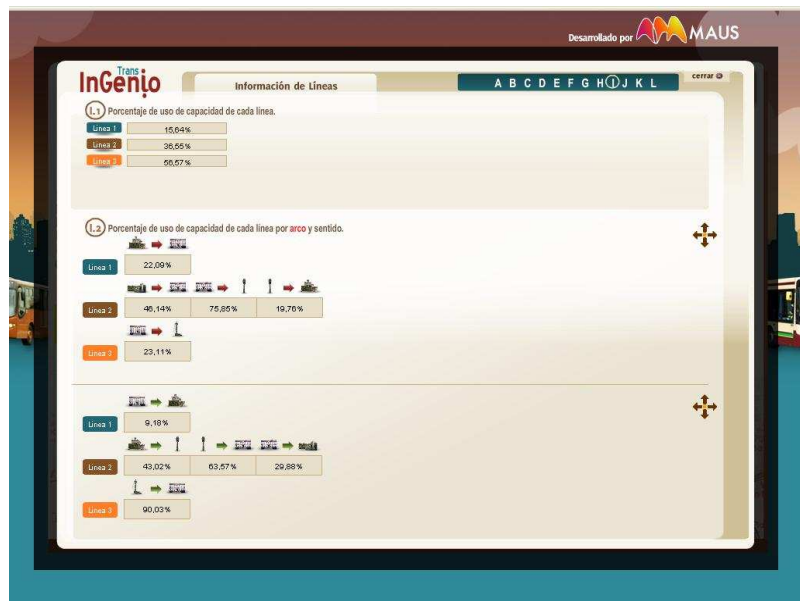
Entra ahora a la pantalla de edición de la línea café y mira la capacidad de transporte que en este momento está ofreciendo la línea, que como dijimos, está determinada por la frecuencia y el tamaño de bus. Tratemos de responder esta pregunta: ¿Es esa una capacidad adecuada para nuestras necesidades?

No es fácil de contestar. Para intentarlo, vamos a ir a la sección **Ver Más Resultados** a mirar cuánto se está usando la capacidad que esa línea ofrece. En la pantalla I verás que hay datos respecto de cuán usada está la capacidad de las líneas. En la parte superior hay un indicador para la línea completa, pero es mucho mejor mirar el detalle que se muestra abajo. Si te fijas en la línea café, verás que la utilización de la línea varía mucho a lo largo del recorrido. Algunos tramos tienen un uso de capacidad mayor (están más cargados de pasajeros) que otros. Y podrás ver que un mismo tramo puede estar más cargado en un sentido de viaje (ida/vuelta) que en el otro. Esto significa que la utilización de la capacidad ofrecida no es pareja. Esta variabilidad es típica de los servicios de transporte público y sucede simplemente porque los pasajeros no están distribuidos homogéneamente por la ciudad.

Por supuesto, como nuestro objetivo es abaratar costos, no nos gusta que haya capacidad sobrante. ¡Estamos ofreciendo más capacidad de la necesaria! Así que la respuesta a si la capacidad que estamos ofreciendo es adecuada, ya comienza a aparecer en el horizonte. Si reducimos el número de buses de la línea (o el tamaño de los buses), ofreceremos una capacidad más ajustada a la demanda, y gastaremos menos en operación.

Editando la línea café, puedes experimentar con distintas cantidades de buses para encontrar condiciones más ajustadas a la demanda (capacidad en uso más cercana a 100%), chequeando el sistema de transporte cada vez, y mirando la pantalla I de Ver Más Resultados para ver cómo vas. Hazlo.

Después de jugar un rato, notarás que nunca podrás hacer que todos los tramos estén cerca del 100%. Tu piedra de tope es el tramo donde hay más demanda, que en este ejemplo es Campo Grande → Baixa Chiado. Puedes reducir el número de buses hasta que en ese tramo el uso de capacidad este cercano al 100%, pero no podrás bajar más el número de buses, pues en tal caso el tramo más cargado ya no tendrá capacidad suficiente para moverlos a todos.



*En ingeniería de transporte el concepto de “tramo más cargado” es fundamental para entender la eficiencia y limitaciones de un sistema de transporte público.*

Juega con la línea, modificando su número de buses, hasta que en el tramo más cargado el uso de capacidad se acerque a 100%. ¡No intentes llegar exactamente a 100%! El valor 100%, cuando se trata de capacidades, es muy engañoso: Te dice que toda la capacidad está ocupada, pero no tienes cómo saber si hay gente que se quiere subir pero no puede. Es siempre mejor dejar que sobre un poco de capacidad.

¿Ya encontraste un número de buses adecuado para la línea café?

Bien; vamos a la pantalla de edición de la línea. Ya tenemos la línea funcionando como nos gustaría, dada nuestra Política de reducir los costos de operación. Podemos ver el valor de la capacidad ofrecida por la línea y ahora podemos responder razonablemente que ese es un valor bastante adecuado a nuestras necesidades (anótala en un papel). ¿Significa eso que el número “óptimo” de buses para esta línea es el que encontraste? ¡No! La variable clave es la frecuencia. Mira el valor que tiene y anótalo. Ese es el valor que realmente importa. **He aquí la verdad de todo sistema de transporte público: el número de buses es sólo un medio para obtener un valor de frecuencia que nos interesa.** Ya veremos esto en aplicación.

Ahora fijémonos en el tiempo de ciclo. Ya hemos dicho que el tiempo de ciclo es la otra variable, junto al número de buses, que determina el valor de la frecuencia. Por lo tanto la frase en negrilla anterior, para ser más rigurosos, debería ser: “Teniendo el tiempo de ciclo dado, el número de buses es sólo un medio para obtener el valor de frecuencia que nos interesa, y que con algún criterio hemos definido como óptima”. Anota el tiempo de ciclo junto a tu anotación de tu “frecuencia óptima”. Y anota el número de buses que te ha permitido obtener la frecuencia óptima. Esta tríada, frecuencia, buses y tiempo de ciclo, siempre van juntas.

*La primera fórmula que todo ingeniero de transporte aprende es la que relaciona la frecuencia con el número de buses y el tiempo de ciclo.  $F=B/TC$*

Por lo tanto, siempre que quieras aumentar la frecuencia, debes aumentar los buses o disminuir el tiempo de ciclo. Este conocimiento nos será útil muy pronto. Por el momento, ya sabemos cuál es la frecuencia óptima para nuestra línea café.

*Ten siempre presente que la noción de “óptimo” siempre está asociada a un criterio. En este caso nuestro criterio es reducir costos. La frecuencia que encontramos es óptima, sólo porque es la que nos permite reducir los costos lo más posible. Si tu criterio es otro, otra será la frecuencia óptima. No existe, ni en transporte ni en ningún otro sistema, un “óptimo absoluto”, independiente de un criterio.*

## 7 – Cambios de recorridos manteniendo la calidad

Ahora que ya anotaste tu tráda maravillosa que funciona bien para la línea café, estamos listos para experimentar con una subdivisión de esta línea en dos, esta vez teniendo cuidado de mantener la calidad. Ya sabes cómo hacer esto: Achica la línea café para que funcione sólo en Carcavelos – Baixa Chiado - Campo Grande, y crea una nueva línea en Campo Grande – Amadora. No chequees tu sistema de transporte aún.

Bien; entra ahora a mirar la línea café de nuevo. La frecuencia, como verás comparando con tus notas, cambió. ¡Hemos perdido nuestra frecuencia óptima! El número de buses sigue siendo el mismo; lo que cambió es el



tiempo de ciclo, que se redujo, y eso produjo un cambio de frecuencia. El tiempo de ciclo cambió porque ahora el recorrido es más corto: cada bus de la línea se demora menos en dar una vuelta. Y como cambió la frecuencia, entonces cambió la capacidad de transporte que ofrece la línea. Ahora es mayor y por lo tanto va a empezar a sobrar capacidad otra vez. Hemos alterado la calidad de la línea. Todo eso, dados estos nuevos conocimientos que tienes, era de prever.

¿Cómo hacemos para no alterar la calidad de la línea café? ¡Debemos recuperar la frecuencia óptima! Sabemos que la manera de obtener la frecuencia que queremos es a través del número de buses. Juega con la cantidad de buses hasta obtener la misma frecuencia (o casi la misma; pueden haber pequeñas diferencias por decimales y redondeos) que tienes anotada en papel.

Una vez que logres (casi) la misma frecuencia, verás que has logrado obtener de nuevo (casi) la misma capacidad que tenías antes (mira tus apuntes). Por lo tanto la línea, aunque sea más corta, ofrecerá la misma calidad en cada tramo por donde pasa que la que ofrecía antes. ¡Es por eso que la frecuencia es el indicador de calidad por excelencia! Pero no chequees tu sistema de transporte aún.

Vamos ahora a editar la nueva línea de buses que creaste (azul), que va desde Campo Grande a Amadora. En el experimento que hicimos hace rato, cuando creaste una nueva línea (naranja) pusiste allí un número de buses sin mayor criterio. Ahora sí puedes poner un número de buses con una intención más clara: Puedes poner un número de buses que logre la misma frecuencia óptima que estamos usando en la línea café. Encuentra ese número de buses que logra producir la frecuencia que queremos. Y recuerda poner el mismo tipo (tamaño) de bus que tiene la línea café, para que efectivamente todo sea igual.

¿Qué hemos hecho con todo esto? Acabamos de subdividir una línea en dos sin alterar la calidad del servicio, pues hemos mantenido la frecuencia en todas partes por donde antes pasaba una única línea. Nos ha requerido cuidado y conocimientos claros, lo que hace nuestro trabajo más preciso: Al mantener la misma frecuencia, hemos logrado que se siga ofreciendo la misma capacidad en todos los tramos. Y lo mismo ocurre con el tiempo de espera ofrecido a los usuarios, aunque por nuestra Política no nos interesa esto ahora (¡pero te interesará cuando juegues con otras políticas!).

Chequea tu sistema de transporte ahora. ¿Qué puedes encontrar? Hay por lo menos un efecto que deberías haber previsto por los experimentos que hemos hecho antes, que es que la satisfacción de los usuarios bajó porque los trasbordos en la ciudad aumentaron. ¿Qué pasó con los costos de operación? ¡Son (casi) iguales que antes!

No te debería extrañar que sean iguales. Estamos cubriendo los mismos lugares con la misma calidad de antes. Obviamente nuestros costos serán los mismos. La pregunta entonces es: ¿para qué hicimos todo esto si no logramos reducir los costos de operación, que es lo que nos interesa?

No desesperes. Hemos hecho algo importante, que es ver el efecto en la ciudad de separar una línea en dos manteniendo la calidad. El efecto fue subir la cantidad de trasbordos (y por lo mismo, la gente se demora más en llegar a sus destinos). Aunque por nuestra Política eso no es de nuestro interés ahora, sí lo será cuando juegues con otras Políticas.

Pero eso no es todo. Ahora viene lo bueno para nuestra Política: ¿Recuerdas cómo encontraste la “frecuencia óptima” que hemos usado todo este rato? ¿Recuerdas que jugaste con el número de buses hasta ajustar la capacidad a la demanda, mirando la pantalla I de Ver Más Resultados? Hemos tenido el cuidado de que en nuestras dos líneas que reemplazan a la única que teníamos antes, se ofrezca la misma frecuencia óptima que habíamos encontrado, pero cabe preguntarse: ¿sigue siendo esa frecuencia la óptima para este nuevo escenario con dos líneas en vez de una?

Recuerda que la piedra de tope que tuviste para encontrar la capacidad adecuada (y por ende, la frecuencia óptima) fue el tramo más cargado. Trataste de reducir la capacidad todo lo posible, reduciendo el número de buses, hasta que el tramo más cargado quedara lo más cercano a 100%. ¿Cierto? El tramo más cargado era Campo Grande → Baixa Chiado. ¿Qué pasa entonces con la línea azul que acabas de crear, que no pasa por ese tramo? Pasa que su tramo más cargado no es ese. Si vas a I de Ver Más Resultados, podrás ver cuál es su nuevo tramo más cargado, que resulta ser Amadora → Campo Grande. Y como verás, sobra bastante capacidad en él.

Ese descubrimiento es muy relevante porque significa que ahora podrías jugar con la línea azul, reduciendo su capacidad a través de reducir el número de buses, para ajustar la capacidad a la demanda. Y si puedes reducir buses eso significa... ¡menos costos de operación! Hazlo. Reduce el número de buses hasta llegar a un uso de la capacidad cercano a 100% en el tramo más cargado y chequea tu sistema de transporte. ¡El Puntaje ha mejorado!

En la línea café no podrás bajar el número de buses por motivos obvios: allí está el tramo más cargado original y ya tienes allí una frecuencia óptima ajustada a esa demanda. Pero no seas ambicioso. Ya hemos logrado mejorar el Puntaje.

En resumen, ¿qué hemos hecho? Al dividir una línea en dos, encontramos que ahora una de las dos líneas puede ser ajustada de nuevo a la demanda. Esto significa que la frecuencia óptima en ella ya no es la original que habíamos calculado. En la práctica hemos dividido el problema. En general, toda línea tiene una frecuencia óptima asociada a su tramo más cargado y por lo tanto, aunque ajustemos a casi 100% el tramo más cargado, en todos los demás tramos habrá capacidad de sobra. **¡El tramo más cargado determina la ineficiencia del resto del recorrido!** Por ende, al dividir la línea en dos (o más), el tramo más cargado original deja de ser el determinante de la ineficiencia del resto de los tramos, lo cual permite que en estos otros tramos podamos intentar ajustar mejor la capacidad a la demanda.

## 8- La maravilla de reducir el tiempo de ciclo

Hemos dicho ya que cuando se quiere ajustar la frecuencia, es posible hacerlo cambiando el número de buses o cambiando el tiempo de ciclo. Lo primero ya lo hemos hecho. ¿Cómo se cambia el tiempo de ciclo?

Hemos visto ejemplos en que el tiempo de ciclo cambia, al cambiar el largo del recorrido. Pero una vez que ya tenemos un cierto largo que nos gusta, ¿hay alguna otra manera de seguir cambiando el tiempo de ciclo? La respuesta es: se puede reducir mediante inversiones.

Dado que el tiempo de ciclo es el tiempo que tarda un bus en completar una vuelta al recorrido, cualquier forma de aumentar la velocidad de los buses, ayudaría a reducir el tiempo de ciclo. Usando el botón **Ver Velocidad** a la izquierda del mapa, podrás ver qué velocidades hay en las calles de Lisboa. Nota que aparecen dos valores por cada avenida. Es un valor por cada dirección de tránsito. Posa el mouse encima de los valores que aparecen para que puedas descubrir a qué sentido de tráfico corresponden.

Las velocidades que ves son las que los buses pueden alcanzar, dado el tráfico (de autos) ya existente en las avenidas. Valores bajos significan que son avenidas congestionadas por los automóviles, y tus buses deberán sufrir esa congestión.

*Tus buses producen congestión pero muy poca en general. Sólo si pones muchos buses en la misma avenida, generarán una congestión notoria que disminuirá aún más la velocidad que ya existe.*

Hay una inversión posible que permite que los buses no sufran de la congestión de los autos, y es hacer un **“corredor segregado para buses”**. Haremos un corredor

segregado en Baixa Chiado – Carcavelos, pero mira y anota primero qué velocidades hay allí para que puedas comparar después. Luego entra al menú de “**proyectos de inversión**” que está justo arriba del cuadro de dinero. Tu dinero de inversión por supuesto se reduce al concretar la inversión. La avenida quedará pintada de rojo para indicarte que allí hay un corredor segregado.

Una vez hecho, vuelve a mirar las velocidades. Verás que han mejorado notoriamente. Como noción general, velocidades por sobre los 25 km/h en transporte público son muy buenas. Un Metro típico en la vida real promedia unos 30 km/h.

Anota en un papel tu Puntaje actual y chequea ahora tu sistema de transporte. ¿Qué sucedió? Tus costos de operación subieron y consecuentemente tu Puntaje bajó. ¿Por qué? Era previsible, con todo lo que ya sabes... Has reducido el tiempo de ciclo de todas las líneas que pasan por esa avenida (en este caso hay sólo una, la café) y por lo tanto la frecuencia de esas líneas ha aumentado. Y como aumentó, la capacidad ofrecida aumentó también. Ahora tus buses alcanzan a dar muchas más vueltas, consumiendo (gastando) más. Estamos de nuevo ofreciendo capacidad de sobra...

Los usuarios, por supuesto, están más contentos. Por un lado está lo obvio, que es que al mejorar la velocidad, llegan más pronto a su destino. Pero además está el hecho de que, como se dijo, la frecuencia ha aumentado, y si la frecuencia aumenta, el tiempo de espera disminuye, como ya se ha explicado más atrás. Estos dos efectos se combinan de una manera muy potente, **lo que hace que reducir el tiempo de ciclo sea una medida maravillosa cuando a uno le importa la satisfacción de los usuarios.**

Pero a nosotros en esta ocasión no nos importa.... Al contrario, estamos enfadados de que ahora gastemos más. Nota sin embargo que la frecuencia óptima que habíamos diseñado originalmente para la línea café sigue siendo válida. Es decir, el corredor segregado mejoró las velocidades y con ello redujo el tiempo de ciclo, lo que aumentó la frecuencia de la línea café, pero no estamos obligados a dejarla allí. Podemos entrar a editar la línea y volver a ponerla en su frecuencia óptima a través de reducir el número de buses. Hazlo y chequea tu sistema de transporte.

¡Buen Puntaje! No solamente es mejor que el anterior, sino que además es mejor que el que tenías antes de construir el corredor segregado (lo deberías tener anotado). ¡Excelente! ¿Por qué el corredor segregado ha logrado mejorar el Puntaje? Ya deberías poder concluirlo por ti mismo: Al disminuir el tiempo de ciclo puedes alcanzar la misma frecuencia que antes con menos buses. Y menos buses implica menos costos de operación.

Por supuesto, al llevar de vuelta la frecuencia a su valor antiguo, los usuarios pierden su beneficio de menores tiempos de espera, pero todavía mantienen el beneficio de llegar rápido a destino. Por lo tanto, respecto del escenario sin corredor segregado, los usuarios también quedaron más felices.

Todo esto es la razón de por qué **hacer inversiones que mejoren el tiempo de ciclo es tan importante. Permite mejorar tiempos de viaje, tiempos de espera y**

**eficiencia** (número de buses requeridos para una demanda dada). En el juego hay dos maneras de reducir el tiempo de ciclo; una son los corredores segregados y otra la implementación de Pago Extravehicular, que no comentaremos en este Tutorial. Ambas se logran con dinero de inversión.

## 9- La matriz de demanda

Hasta ahora hemos hecho todo sin prestar mucha atención a cómo es la demanda en nuestra ciudad. Una de las cosas que hace desafiante los problemas de transporte, es que la demanda es típicamente poco homogénea en una ciudad. Eso significa que hay algunos lugares que “generan” muchos viajes, pero otros que generan pocos. Por otro lado, algunos lugares “atraen” muchos viajes desde otros puntos, y otros atraen pocos.

Para ver cómo es la situación particular de Lisboa, aprieta el botón “Ver Demanda” a la izquierda del mapa principal. Una vez que aparezca la matriz, verás también un botón que dice “¿Cómo se leen estas matrices?”. Pínchalo y léelo.

Todas las matrices en la ingeniería de transporte se leen igual: la fila determina el Origen y la columna el



Destino. Por lo tanto, en esta matriz, que es de demanda de viajes, si miras por ejemplo la celda cuya fila es Moscavide (Origen) y la columna de Campo Grande (Destino), estarás viendo cuántos viajes desean realizarse desde Moscavide hacia Campo Grande. Si estuvieras mirando una matriz de tiempos de viaje promedio, la misma celda indicaría cuánto se demoran en promedio las personas desde Moscavide hacia Campo Grande. En la sección Ver Más Resultados que hemos visto más atrás en este Tutorial, hay muchas matrices con distintas variables, y ahora ya sabes cómo leerlas.

¿Qué nos dice la matriz de demanda? La suma de una fila es el total de viajes generados en el Origen correspondiente a la fila. La suma de una columna es el total de viajes atraídos hacia el Destino correspondiente a la columna. Por ejemplo, hay 1.533 viajes que se generan en Baixa Chiado, o hay 634 viajes que son atraídos hacia Carcavelos.

Siempre es bueno saber cuáles son los puntos de la ciudad que generan más viajes y cuáles los que atraen más viajes. Verás que a la larga siempre terminarás diseñando tu sistema de transporte con mucho énfasis en ellos: necesitarás que las líneas que comienzan, terminan o pasan por ellos, tengan una alta capacidad.

Tanto o más importante que lo anterior es identificar los “pares origen-destino” más demandados. Un par origen-destino es simplemente un origen y un destino dados. Por ejemplo, en la matriz de demanda de Lisboa se puede ver que el par Carcavelos-Moscavide tiene una demanda de 110. Es decir, hay dicha cantidad de personas que quiere viajar desde Carcavelos a Moscavide. El par origen-destino más demandado en Lisboa es Moscavide -> Campo Grande.

Cuando estamos jugando con una Política en que nos importa la satisfacción de los usuarios, usualmente es buena idea que exista una línea directa con alta capacidad que una el origen y el destino del par más demandado (y también en otros pares con mucha demanda). Eso hará que gran parte de la demanda no experimente trasbordos, que son muy desagradables para los usuarios.

### **10- Tiempos de espera**

Dada la Política con la que hemos elegido jugar en este Tutorial, no nos han importado los tiempos de espera que experimentan los usuarios en las estaciones/paraderos. Cuando juegues con otras políticas, sí te importará. ¿Cómo saber cuáles son los tiempos de espera y cómo se mejoran?

El juego proporciona información de tiempos de espera de dos formas: En primer lugar, puedes ir a Ver Más Resultados y entrar a la página L. Allí verás una típica matriz de transporte (que ya sabes leer) en que se muestra el tiempo de espera promedio para cada par origen-destino. Por ejemplo, si miras la celda de la fila Campo Grande y la columna Carcavelos, estarás observando el tiempo promedio que espera un viajero que va desde Campo Grande a Carcavelos.

¿Dónde exactamente los usuarios experimentan el tiempo de espera? A lo menos, en el lugar de origen del viaje, por supuesto. Pero también en aquellos puntos de la ciudad donde hacen trasbordo. Por lo tanto, lo que estás viendo en cada celda de la matriz de la página L es la suma de los tiempos de espera del usuario típico que va desde el origen al destino en cuestión; lo que espera en el origen más lo que espera en los lugares en que trasborda.

La otra forma de mirar tiempos de espera de manera más detallada, y que por lo tanto suele ser más útil, es en el mapa principal. Si allí pones el mouse encima de un tramo de línea cualquiera, verás que aparece una caja de datos relativo al tramo en cuestión. Verás que tiene información general de la línea arriba (información que ya has visto en la página de edición de línea), pero abajo hay dos grupos de información adicional: una para cada sentido de tránsito: Ida y Vuelta.

Posa el mouse encima de la línea café en el tramo Carcavelos – Baixa Chiado y verás los números hacia Carcavelos por un lado, y hacia Baixa Chiado por el otro. En cada uno se da un tiempo de espera. En el primer caso, el tiempo de espera es el que experimentaría un usuario que espera tomar el bus de la línea café en Baixa Chiado (pues va hacia Carcavelos). En el segundo caso, el tiempo de espera mostrado es el que

experimentaría un usuario que espera tomar el bus en Carcavelos con dirección a Baixa Chiado.

Es muy importante que tengas presente que la información de tiempos de espera que se ve allí es específica al tramo que estás mirando, y no a la línea completa. Si posas el mouse encima del otro tramo de la línea café (entre Baixa Chiado y Campo Grande) verás que la información de tiempos de espera es distinta a la que estabas viendo antes. A eso nos referimos cuando decimos que la información de tiempos de espera es específica a cada tramo. No existe tal cosa como el “tiempo de espera global” de la línea, pues en cada paradero (punto de la ciudad) hay un tiempo de espera (para cada sentido de tránsito) que es propio de él.

¿Por qué no es parejo el tiempo de espera a lo largo de toda la línea? Seguramente te ha tocado experimentar en la vida real que estás esperando un bus, pero cuando llega no te logras subir porque viene lleno, o se llena con gente que estaba antes que tú en el paradero. En tal caso deberás esperar más (esperar por el siguiente bus). Eso también sucede en el juego. Se denominan puntos “sobresaturados”. Y sucede, al igual que en la vida real, cuando la capacidad que ofrece la línea es muy similar (o inferior) a la demanda.

La capacidad de una línea es constante a lo largo del recorrido, pero la demanda, como hemos visto, no es nada homogénea. Adicionalmente, en puntos donde se producen trasbordos, se aumenta aún más el número de personas que requiere tomar un bus. En consecuencia, habrá ciertos lugares de la ciudad que podrían estar sobresaturados, y otros no, y otros en algún rango intermedio. El tiempo de espera en los puntos sobresaturados será muy elevado, mientras que en los que no tienen saturación serán normales. De ahí las variaciones en los tiempos de espera a lo largo del recorrido.

Un experimento que puedes hacer para constatar que la variabilidad de los tiempos de espera a lo largo del recorrido se debe a un conflicto entre demanda y capacidad, es modificar la línea café para que tenga una capacidad absurdamente elevada: pon muchos buses y de tamaño grande, y chequea tu sistema de transporte. Si ahora exploras con el mouse los distintos tramos de la línea, verás que en todos ellos, y tanto ida como vuelta, los tiempos de espera son iguales.

Explicada esta variabilidad, falta por responder la pregunta inicial: ¿Cómo se mejoran los tiempos de espera? La única manera de mejorar los tiempos de espera es aumentando la frecuencia. Como recordarás, la frecuencia se puede aumentar de dos formas: aumentando el número de buses, o disminuyendo el tiempo de ciclo.

## **Fin**

Si has seguido con cuidado este Tutorial, has logrado adquirir unos conocimientos muy preciados no sólo para ganarle a tus amigos en el juego, sino también para entender los problemas de transporte de tu ciudad.

En este Tutorial no hemos hecho líneas de Metro porque no es necesario si ya has aprendido todos los conceptos explicados. Una línea de Metro es igual que una de bus, pero tiene un tipo de vehículo más grande (un tren) y además, como opera separado del tránsito de automóviles, es como si siempre tuviera un “corredor segregado”. Por último, opera siempre con Pago Extravehicular. En consecuencia, siempre es una línea rápida (de bajo tiempo de ciclo). Su gran problema es que una vez hecha, no se puede rediseñar su recorrido... ¡pues no se puede mover la inversión en infraestructura! Por ello, y porque la inversión es espantosamente cara, si vas a poner Metro en tu ciudad, piensa con cuidado dónde lo construirás.

Hemos jugado con una Política de Reducir Costos de Operación, que por supuesto ha definido qué decisiones nos han parecido acertadas tomar. Como habrás visto, la mayoría de estas decisiones iban en contra de mejorar la satisfacción de los usuarios. Cuando juegues con la Política de Maximizar la Satisfacción de los Usuarios, verás que en general tendrás que hacer todo lo contrario de lo que aquí hemos hecho. Aún así, todos los conocimientos adquiridos te servirán de mucho. La tercera política disponible en el juego, Lograr el Equilibrio entre Satisfacción y Costos, es por lejos la más compleja, pues requiere tomar decisiones mezcladas. ¡Suerte con esa!

Y recuerda mirar dentro del juego el “Help Transporte”, que te podrá dar más luces sobre lo discutido aquí.