

SIMULACIÓN METRO UN DIA DE PARTIDO



Definición del sistema

Estudio de la frecuencia de paso de metros por Maria Cristina y Palau Reial para poder dar un buen servicio un día de partido una vez finalizado el partido del fcb.

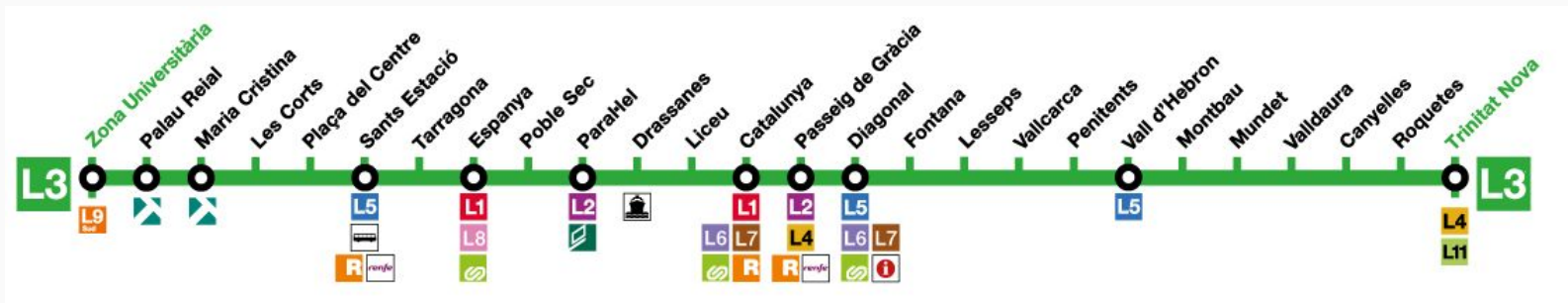
Se quiere comparar los resultados de las siguientes alternativas:

Aumentar la frecuencia hasta un tren cada 90 segundos y forzar que uno de cada dos/tres/cuatro trenes de Palau Reial no paren en Maria Cristina.

Nuestro estudio analizará los datos de las dos estaciones y se centrará en evacuar el máximo de gente posible en el menor tiempo.

Ambas estaciones están situadas en la avenida Diagonal, Maria Cristina entre la calle Doctor Ferran y la Gran Vía de Carlos III y Palau Reial entre la calle Tinent Coronel Valenzuela y la Facultad de Biología, en el distrito de Les Corts de Barcelona, en la que la estación del metro es subterránea.

Por las dos estaciones solo pasa una línea de metro, la L3. La L3 actualmente conecta las estaciones de Zona Universitària y Trinitat Nova en un trazado de 18,4 kilómetros de doble vía totalmente soterrada. Son la segunda y tercera estación desde Zona Universitària.



Enfoque

El enfoque del estudio se centrará en analizar las colas que se generan en las estaciones de Palau Reial y Maria Cristina después de un partido en el Camp Nou.

El estudio se centrará en el tramo desde Zona Universitaria hasta Maria Cristina de la L3, simulando solo las estaciones de Palau Reial i Maria Cristina.

Las dos estaciones presentan andenes laterales para cada dirección, aunque para nuestro estudio solo tendremos en cuenta la dirección hacia Trinitat Nova ya que es la que la gran mayoría de los aficionados cogen.



HIPÓTESIS

Para realizar este estudio hay que establecer una serie de hipótesis para establecer los procesos y datos que usaremos. Se hará uso de una serie de hipótesis simplificadoras que no afectarán en los resultados obtenidos.

HIPÓTESIS DE DATOS

Estas serán nuestras consideraciones que se tendrán en cuenta en el proceso de modelización y experimentación en torno a los datos que usará nuestro modelo:

- Un día de partido asisten una media de 83.512 personas al Camp Nou.
- De todas las personas que asisten al partido 30000 personas usan la L3 en Maria Cristina y Palau Reial.
- De los 30000, un 60% va a Palau Reial y el 40% restante a Maria Cristina.
- La frecuencia de metros por cada estación es de unos 3 minutos entre semana y 7 minutos los fines de semana o festivos.
- El Metro de la serie 5000 tiene una velocidad media de 48 km/h.
- Capacidad de los vagones: 1000 personas (927 capacidad técnica)
- El aforo en los andenes, que son de unos 90 metros por 3 metros, se estima que será alrededor de 1080 personas.
- Aforo vestíbulo después validadoras PR: 100.
- Aforo vestíbulo después validadoras PR: 100.

HIPÓTESIS ESTRUCTURALES

Estas serán nuestras consideraciones que se tendrán en cuenta en el proceso de modelización y experimentación en torno a los datos que usará nuestro modelo:

- Las estaciones.
- Las máquinas de validación del ticket serán el acceso a las estaciones, determinarán la velocidad en que se llenan los andenes y controlarán el aforo cerrándose si este está completo.
- Los andenes que actúan como cola de espera para coger el tren.
- Los trenes que pasan con una frecuencia variable, vienen desde Zona Universitaria vacíos y se llenan en las estaciones, vaciando así el sistema.

HIPÓTESIS SIMPLIFICADORAS

Bajo esta categoría se recogen todas aquellas consideraciones que se tendrán en cuenta en el proceso de modelización y que nos permiten simplificar el modelo y no perder el rigor que requiere nuestro estudio.

- Asumiremos que todos los asistentes ya tienen ticket, ignorando de esta manera la compra
- Ya que la otra dirección es final de trayecto, los usuarios estudiados irán dirección Trinitat Nova.
- Como el metro viene de final de trayecto, supondremos que no sale nadie en Palau Reial ni Maria Cristina. Por lo tanto, la cantidad de gente que viene desde Zona Universitaria es negligible/constante.
- No se consideran averías ni retrasos.
- Los vagones tardan 30 segundos en llenarse.
- Asumimos que todos los partidos se juegan el fin de semana
- Consideramos negligible la presencia de personas con movilidad reducida o carritos.
- En acto de buena fe, asumimos que nadie salta los validadores de tickets.

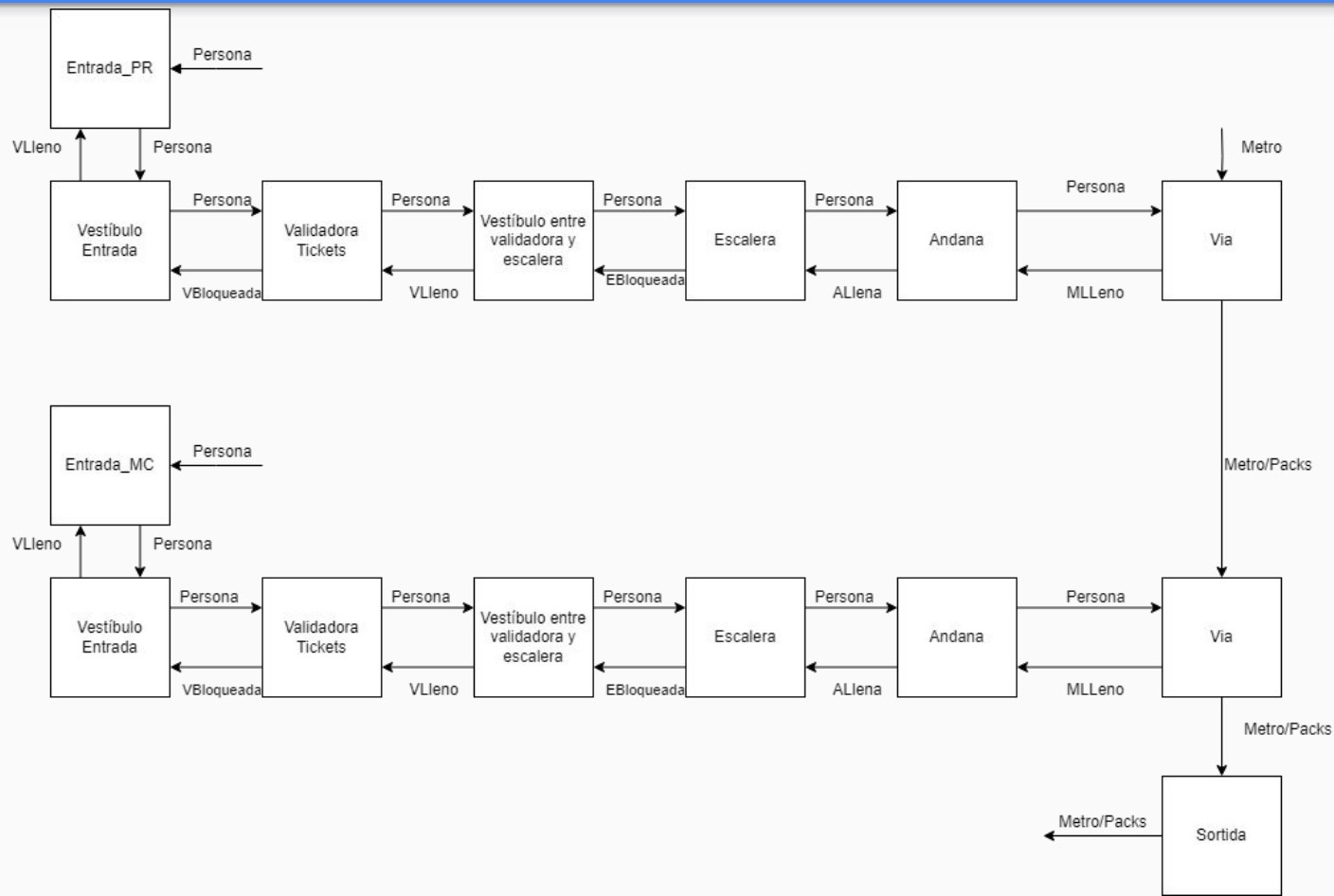
Entidades y Procesos

- **Entidades temporales**
 - Metros
 - Personas
- **Entidades permanentes**
 - Generador de personas (2)
 - Vestíbulo entrada (2)
 - Validadores de tickets (5 por andana)
 - Vestíbulo entre validadora y escalera (2)
 - Escalera (4)
 - Andanas (2)
 - Trayecto entre paradas (1)
 - Salida del sistema (1)

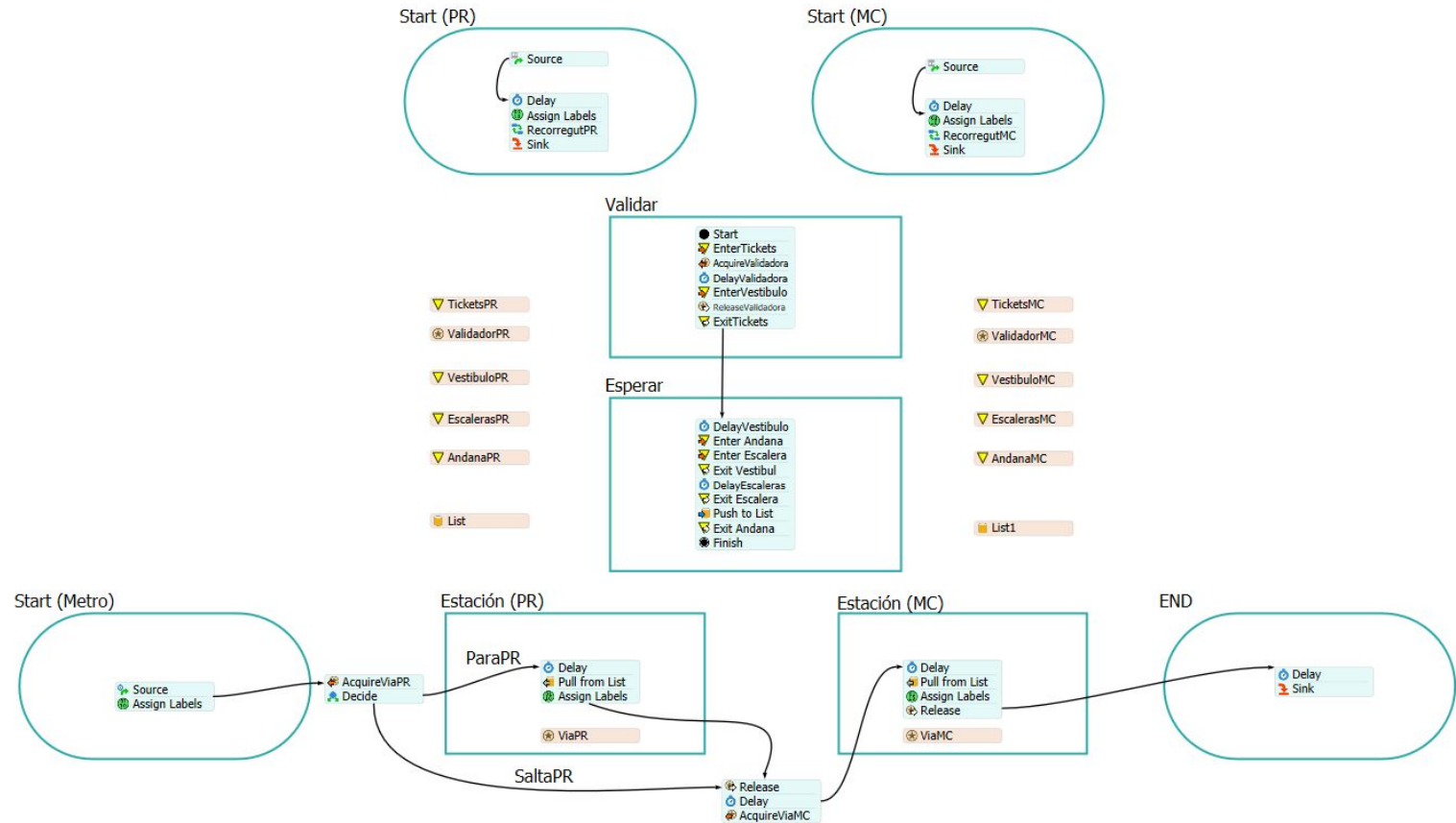
Proceso a modelar

- Las personas llegan simultáneamente a las paradas de Palau Reial y Maria Cristina, donde se dirigen a los validadores de ticket. Tras pasar por dichos validadores, que regulan el flujo de entrada, las personas recorren uno de los dos caminos existentes en cada parada para llegar al andén, donde se hace cola hasta que llegue un metro.
- El metro pasa primero por Palau Reial, haciendo una parada de 15s y recogiendo a toda la gente que pueda subir en ese tiempo. Luego, recorre el trayecto hasta Maria Cristina, que toma aproximadamente 1 minuto, y realiza una parada de 25s en dicha estación. Finalmente, ese metro y todas las personas que haya recogido se dirigen a la salida del sistema.

Modelización del sistema asociado al caso de estudio



Modelo Process Flow

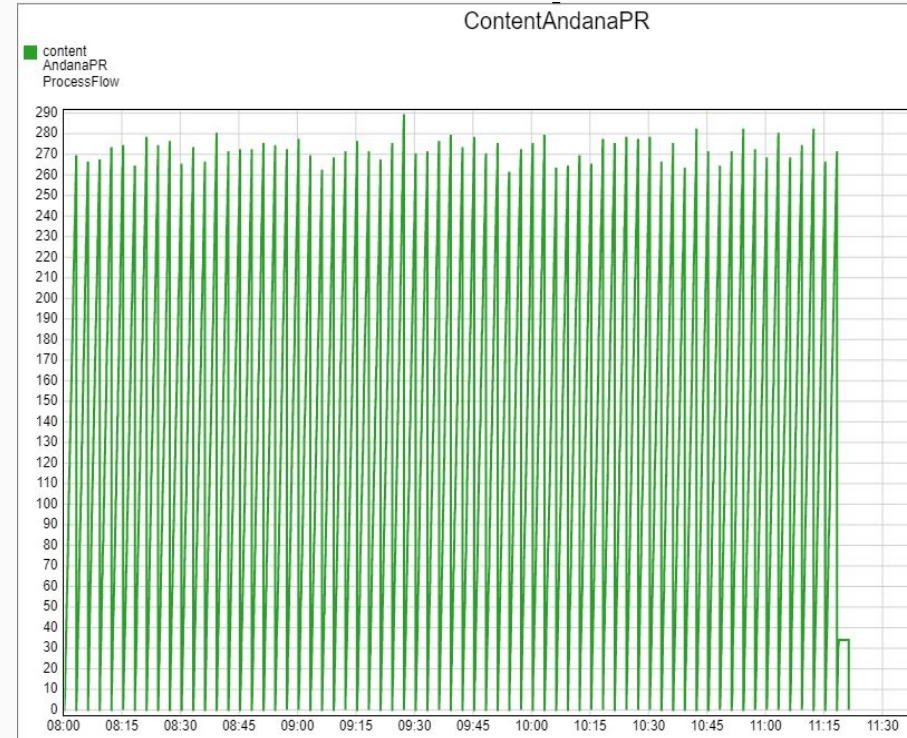
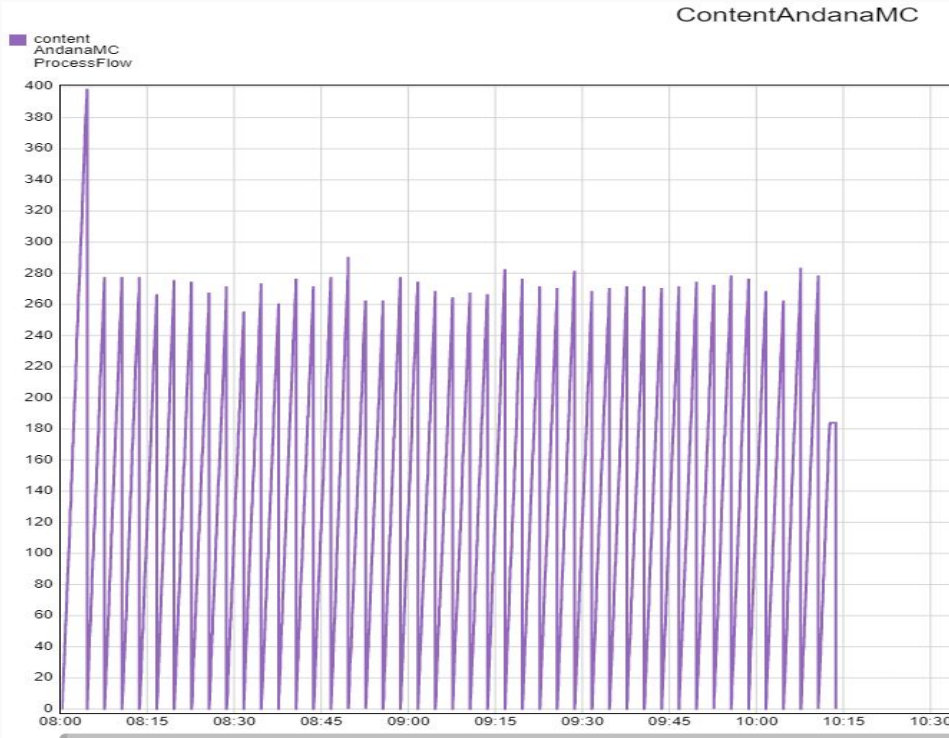


• Para realizar nuestro proceso de optimización hemos seguidos estos pasos:

- Crear los estadísticos que queremos analizar. Con estos haremos un análisis previo para entender la situación del modelo.
- Determinar las medidas de rendimiento a partir de los estadísticos.
- Optimización del modelo con la herramienta Optimization para determinar los mejores valores.
- Experimentación con los resultados de la optimización.
- Por último análisis de los resultados obtenidos

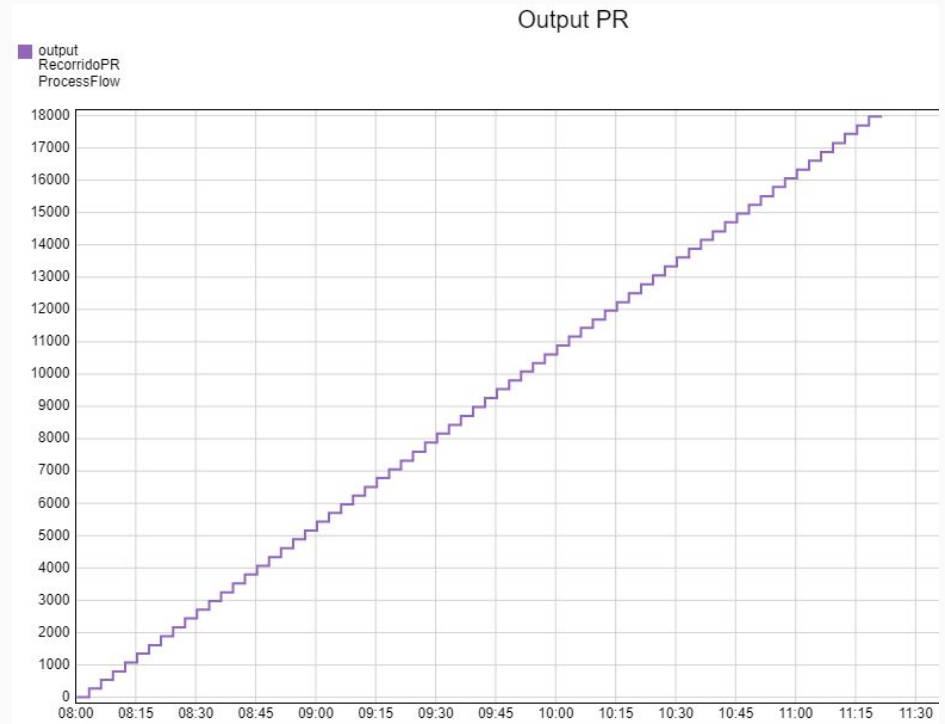
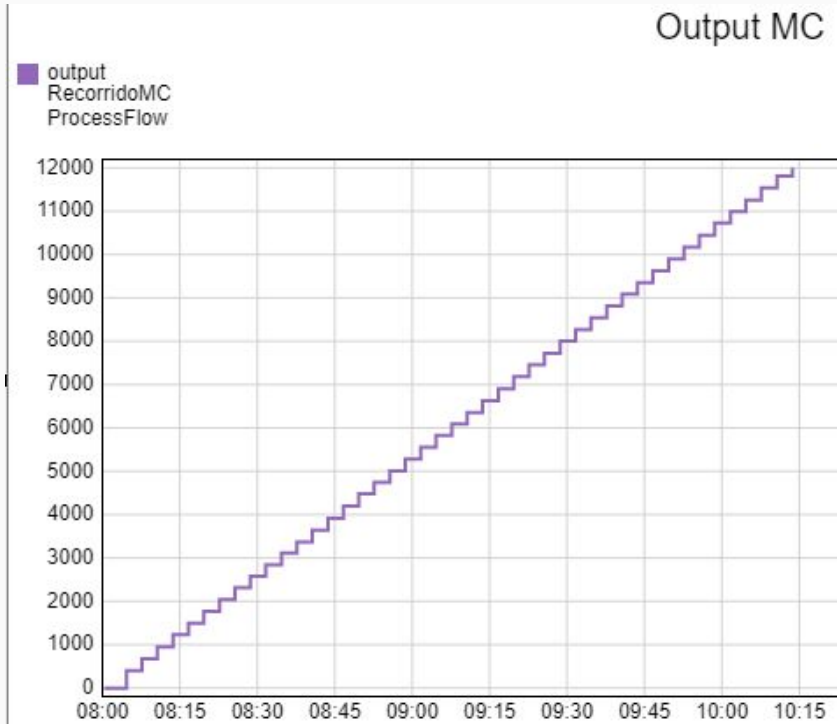
Estadísticos Usados: Contenido de las andanas

Este estadístico nos permite observar la cantidad de personas en cada andana a lo largo del tiempo



Estadísticos Usados: Output de cada estación

Este estadístico nos permite observar como se vacía cada estación al largo del tiempo.



Optimización (1)

En nuestra optimización buscamos maximizar el output de las estaciones con el mínimo tiempo para no malgastar recursos. Usaremos como función la suma del time-weighted average de las dos estaciones. El parámetro a optimizar es la frecuencia de trenes que puede oscilar entre 3 a 7 minutos.

The screenshot shows a software interface for setting up an optimization. The 'Name' field is 'Optimization1'. The 'Warmup Time' is set to 0.00, with a start time of 8:00:00 and a date of 25/05/2023. The 'Stop Time' is set to 14400.00, with an end time of 12:00:00 and the same date. Under 'Parameters', the 'Parameters' checkbox is checked. The 'Initial scenarios (optional)' field is set to 0. The 'Settings' section includes 'Wall Time (seconds)' at 10, 'Max Iterations' at 40, 'Replication Mode' set to 'Fixed number of replications', and 'Replications' set to 1. There is an unchecked checkbox for 'Repeatable search'. The 'Constraints' section is empty. The 'Objectives' table is as follows:

	Active	Function	Direction	Aggregation
MaxAndanas	✓	[OutputPR] + [OutputMC]	Maximize	Mean

Optimización (1)

Scenarios

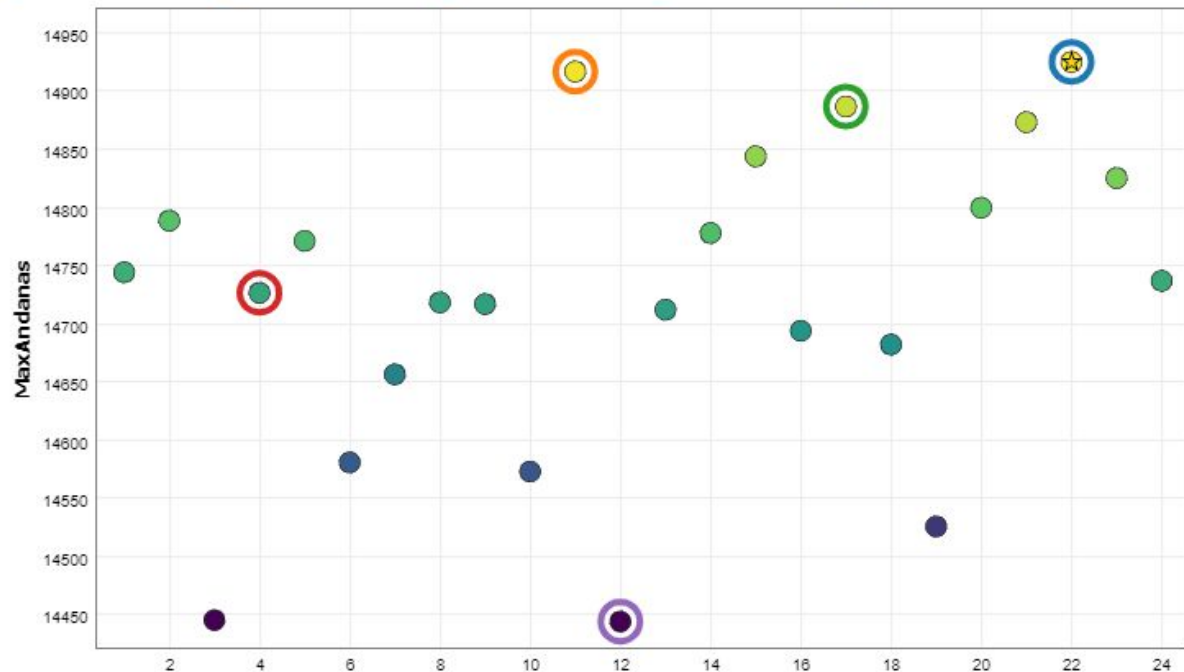
	FrecuenciaTren
Scenario22	323
Scenario11	299
Scenario17	223
Scenario4	239
Scenario12	415

OptQuest Success - The optimization stopped when the maximum time was reached.

Optimization1 Results (Run 1)

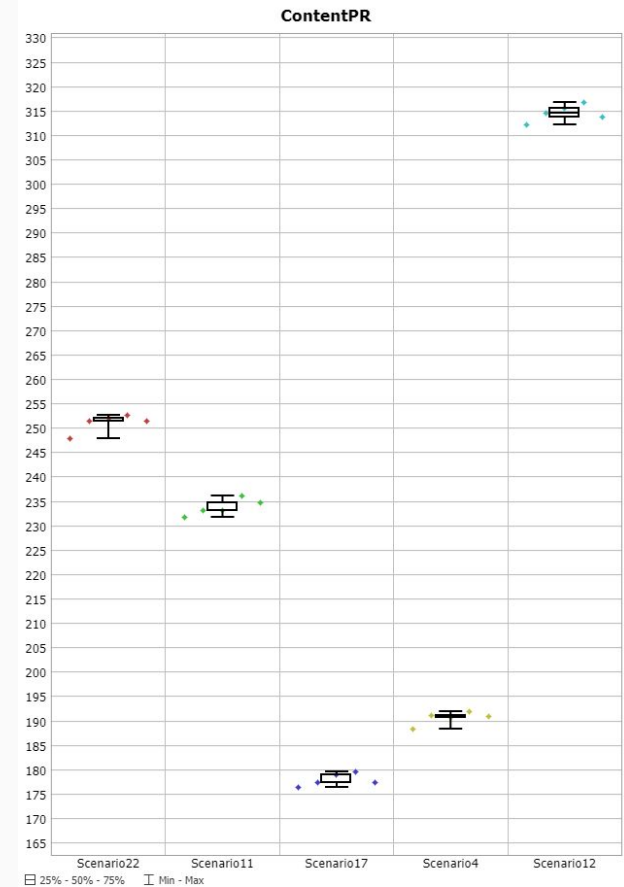
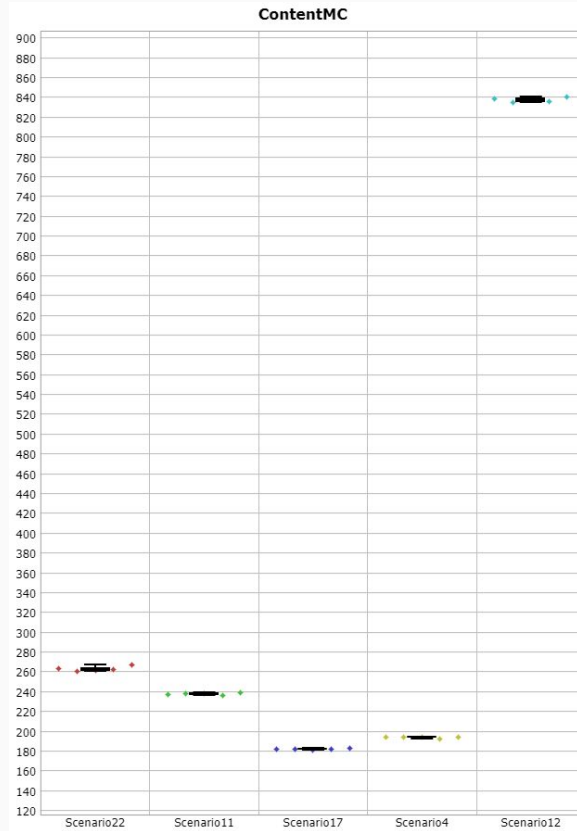
Feasible Iteration ★ Best Iteration

Scenario22 Scenario11 Scenario17 Scenario4 Scenario12

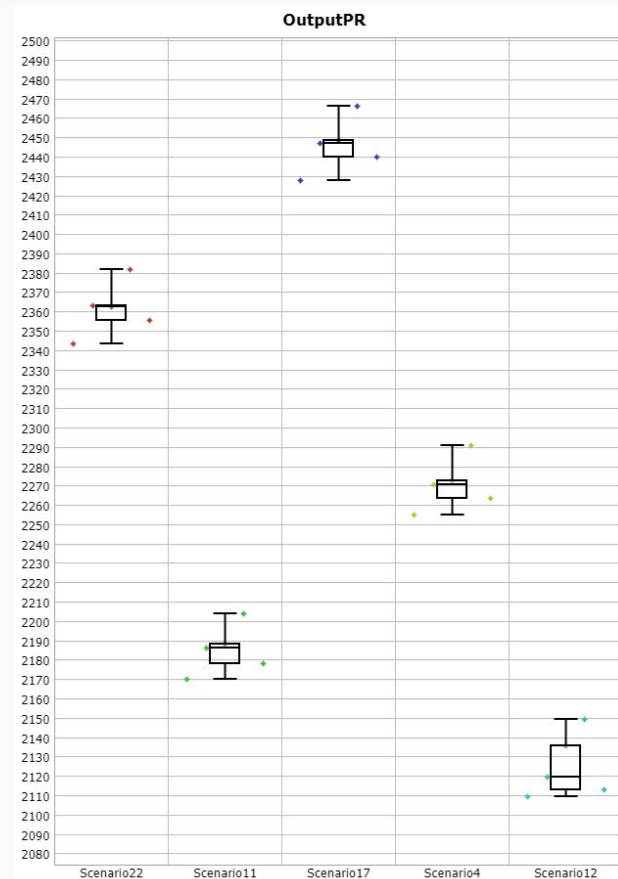
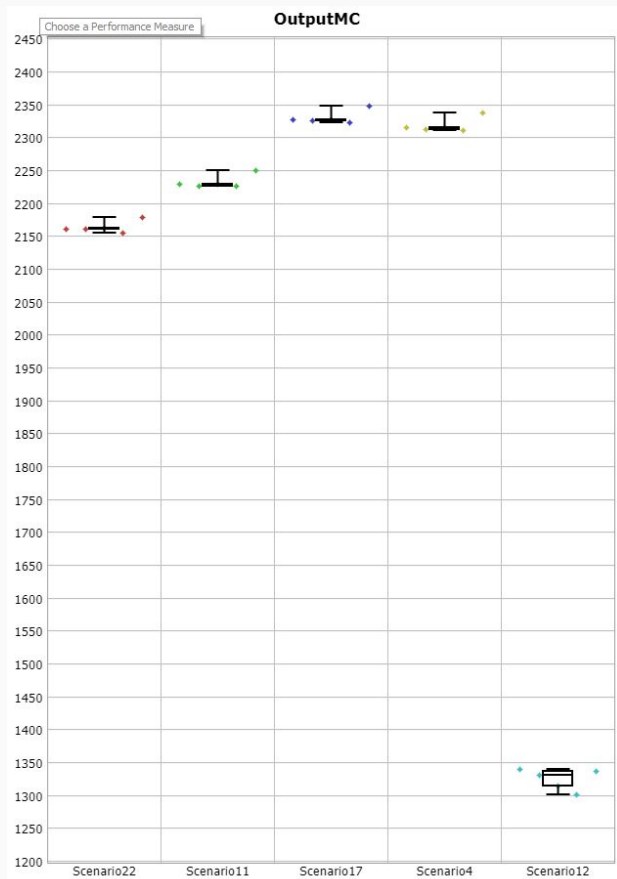


Experimentación (1)

Con los resultados de la optimización procedemos a exportar los mejores casos, algunos óptimos y uno de los peores para comparar resultados.



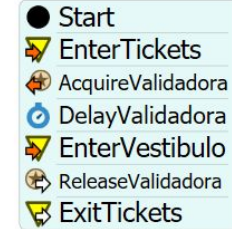
Experimentación (1)



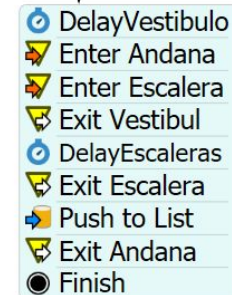
Análisis de resultados (1)

Analizando los resultados confirmamos lo que ya habíamos teorizado: Que los tiempos de vaciar las dos estaciones según la frecuencia del tren no tienen una gran diferencia debido al cuello de botella que hacen las validadoras y el tiempo que tardan las personas de hacer el recorrido de las validadoras a la andana. Haciendo que las andanas no lleguen a llenarse y por tanto que aumentar la frecuencia de trenes no impacte tanto en el resultado.

Validar

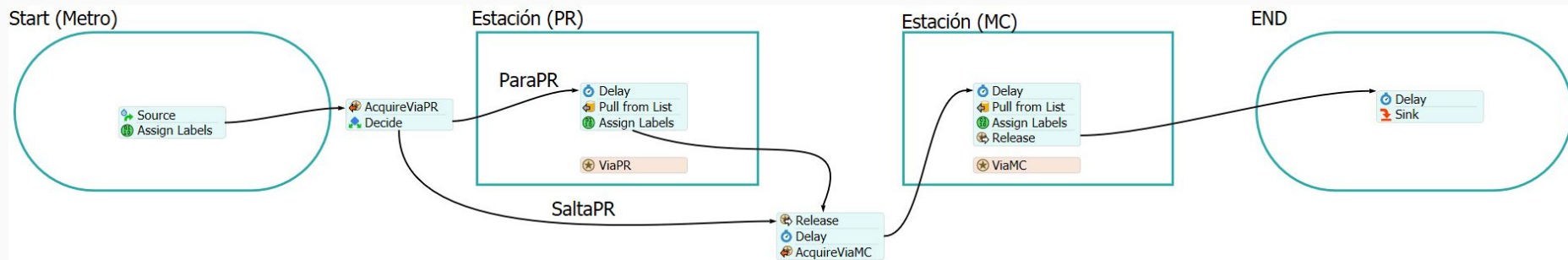


Esperar



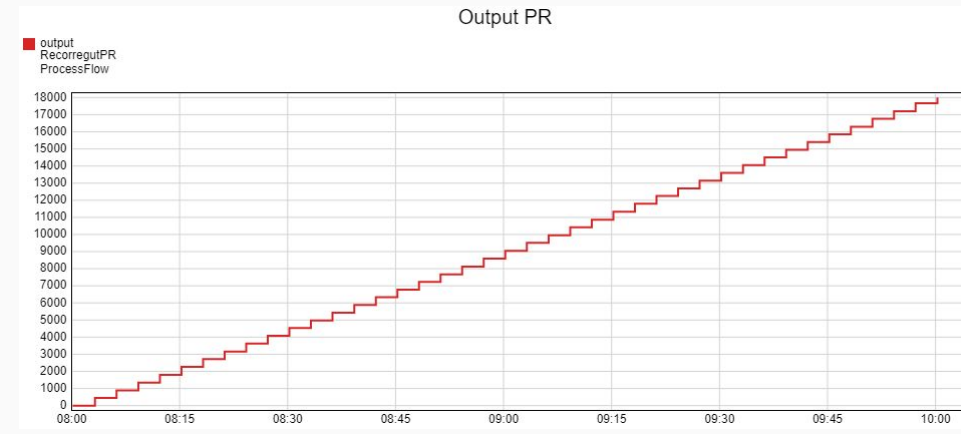
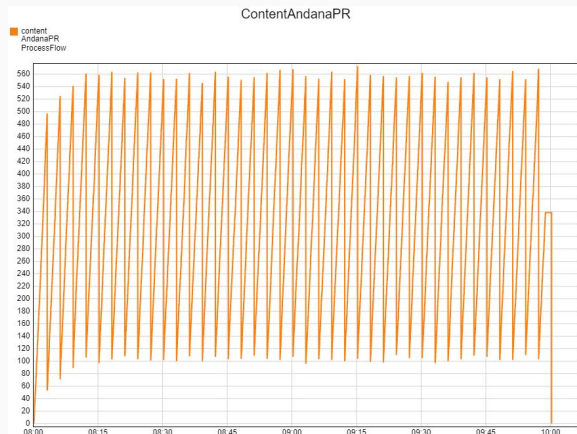
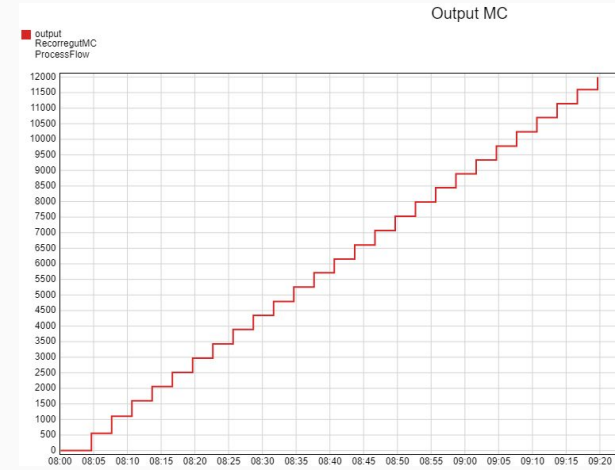
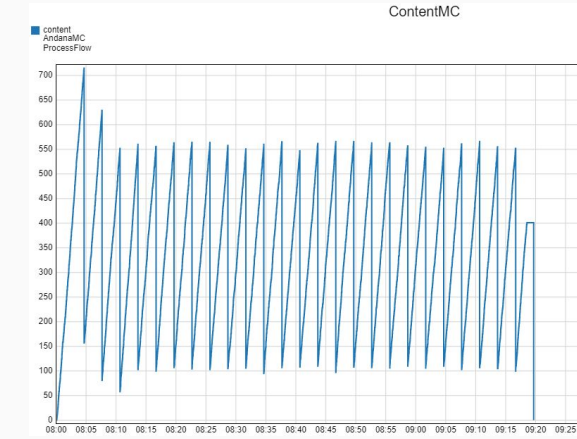
Cambios en el modelo

Habíamos preparado el modelo para poder hacer que cada cierto número de metros pudiera saltar la estación de Palau Reial e ir directamente a Maria Cristina para vaciar de forma más óptima las estaciones. Evaluando los resultados confirmamos que dadas las características del modelo saltarse cada X veces Palau Reial no ayudaría al flujo de pasajeros, ya que la diferencia en número de personas de cada estación y el alto tiempo en llenar las andanas hace que normalmente haya suficiente hueco en el vagón como para que la estación de Maria Cristina se vacíe antes que la de Palau Reial.

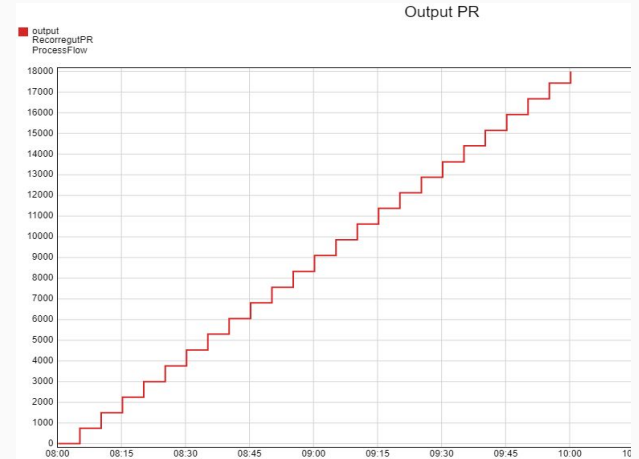
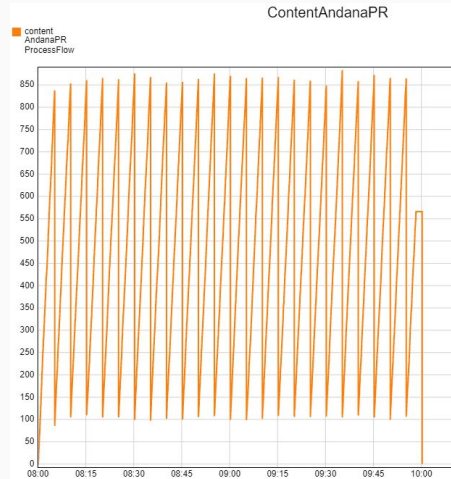
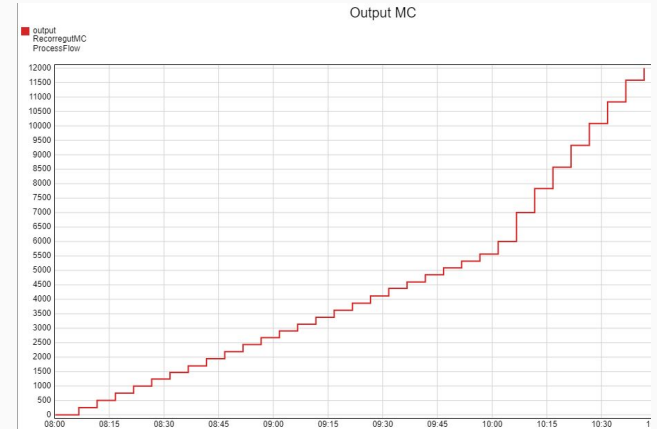
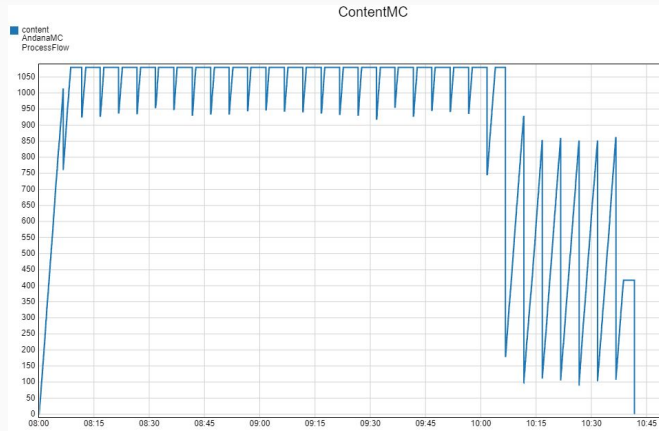


Por estas razones decidimos rebajar los delays del sistema a valores no tan “reales” y volver hacer la fase de optimización y experimentación.

Estadísticos con los nuevos tiempos (Frecuencia de 3 minutos)



Estadísticos con los nuevos tiempos (Frecuencia de 5 minutos)



Optimización (2)

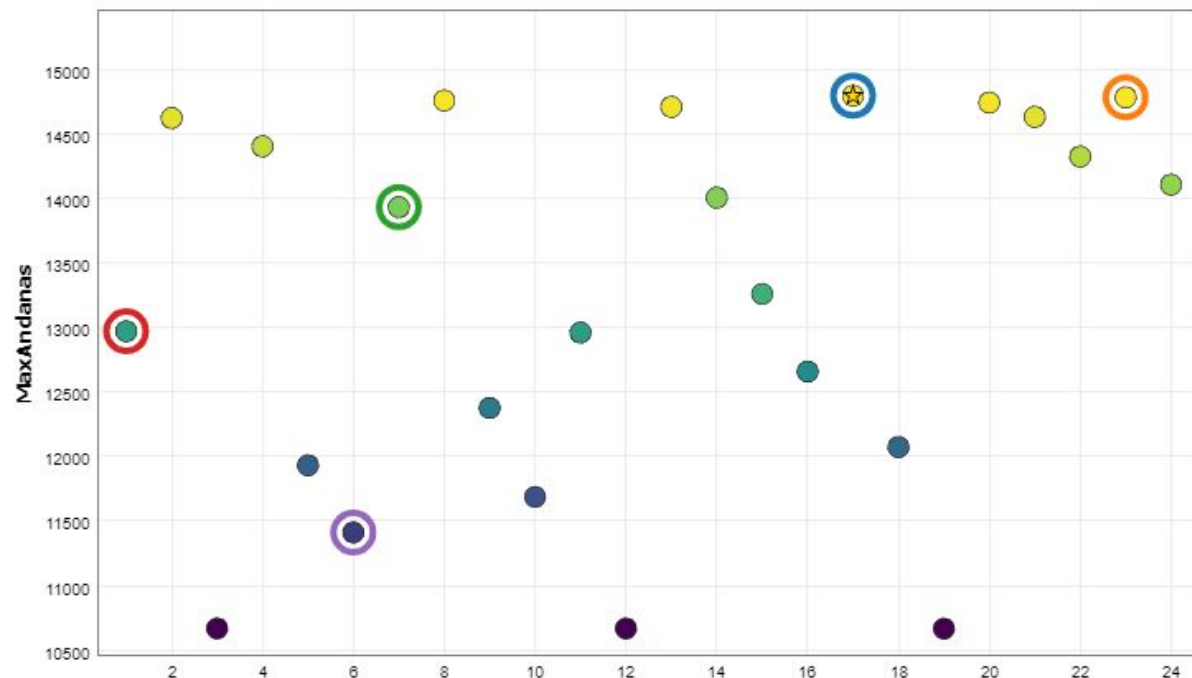
Scenarios

	FrecuenciaTren
Scenario22	323
Scenario11	299
Scenario17	223
Scenario4	239
Scenario12	415

OptQuest Success - The optimization stopped when the maximum time was reached.

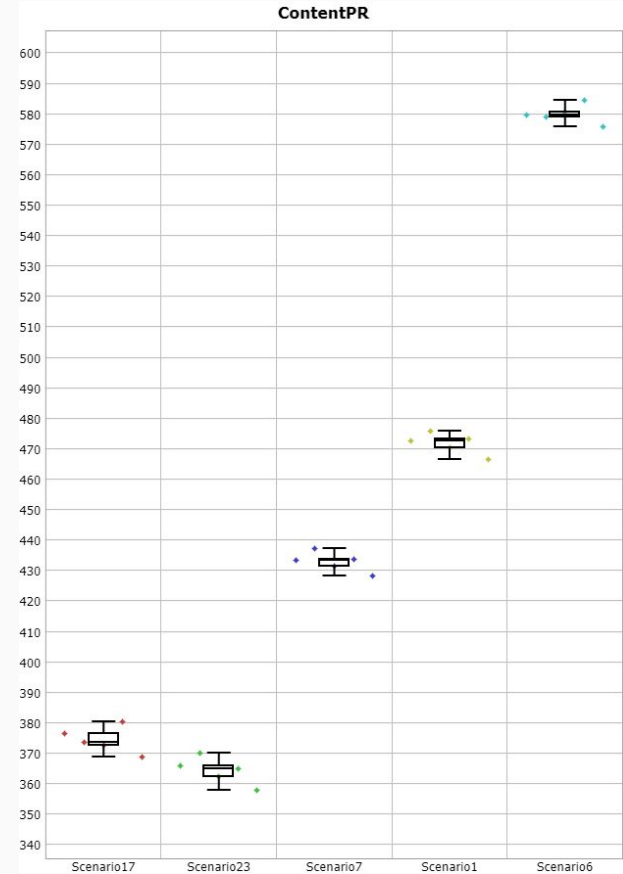
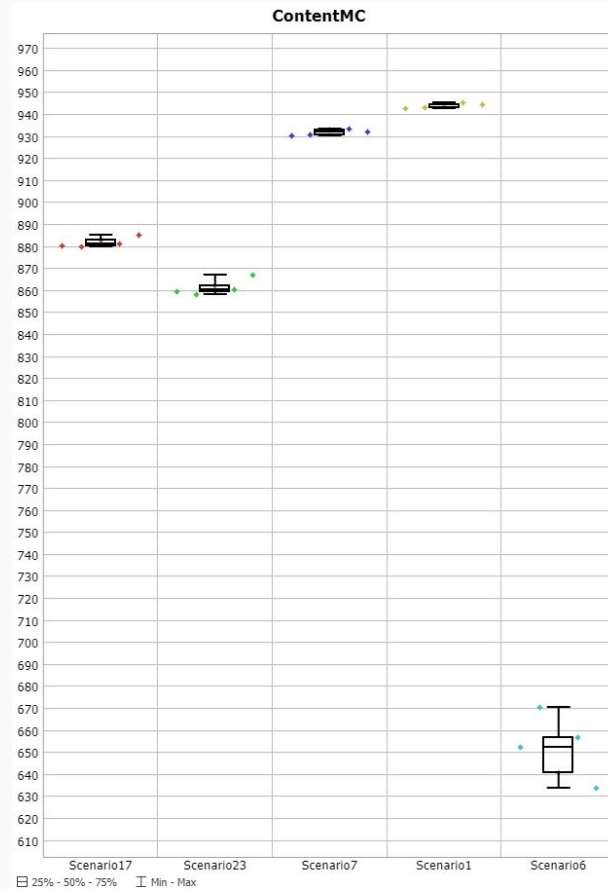
Optimization1 Results (Run 1)

● Feasible Iteration ★ Best Iteration
○ Scenario17 ✖ Scenario23 ✖ Scenario7 ✖ Scenario1 ✖ Scenario6

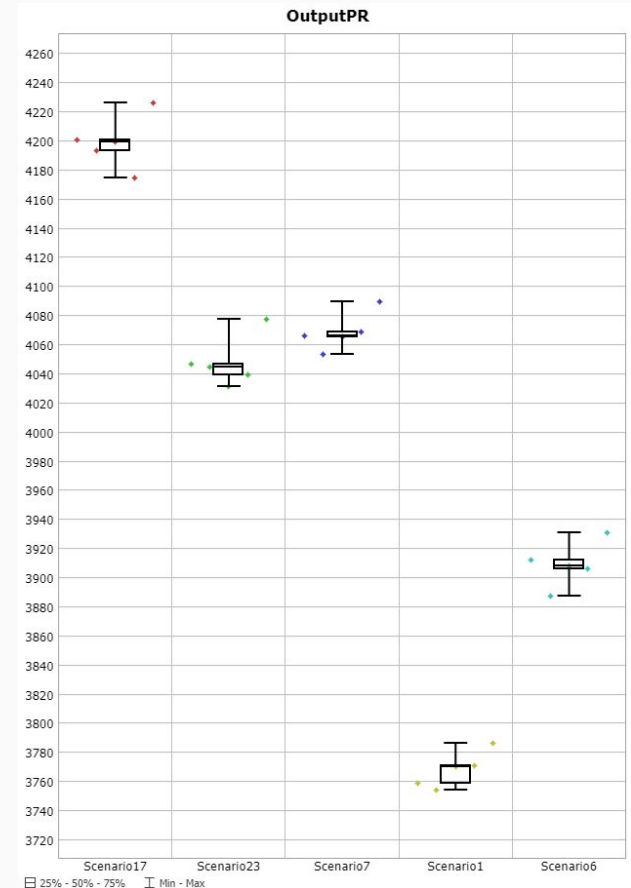
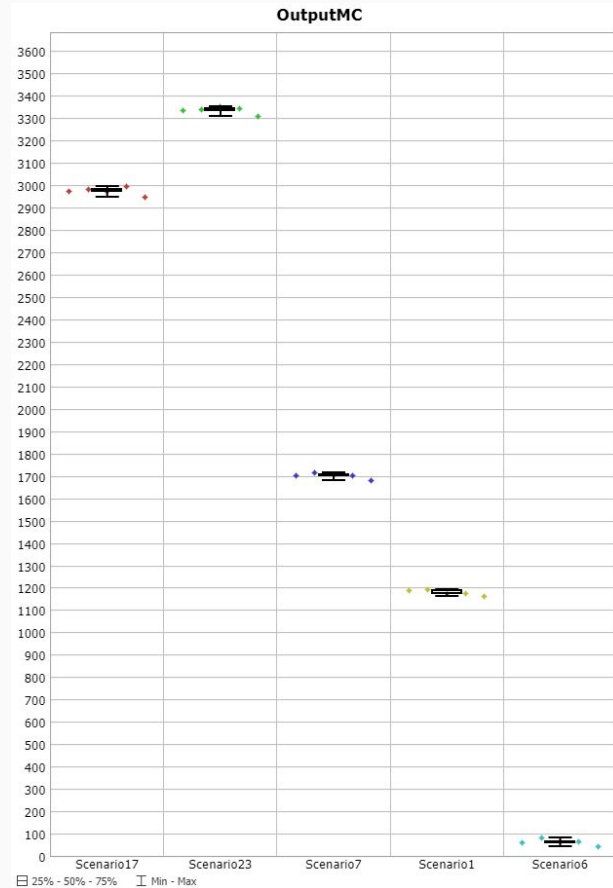


Experimentación (2)

Dados los resultados de la nueva optimización, seleccionamos de nuevo varios casos, incluyendo el mejor y otros de contraste, para poder comparar los resultados.



Experimentación (2)



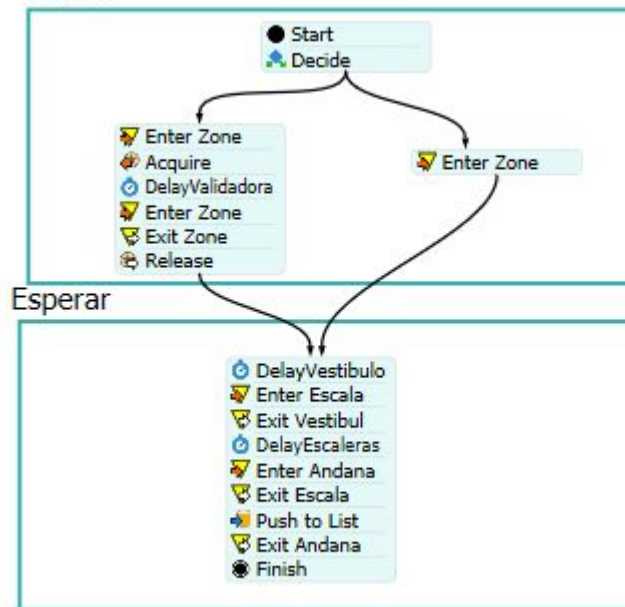
Análisis de resultados (2)

Al analizar los resultados de esta nueva optimización nos damos cuenta que, tal y como habíamos supuesto, principalmente el tiempo de proceso desde la entrada hasta los andenes es el factor determinante del tiempo total que se tarda en vaciar los pasajeros de las estaciones.

Para verificarlo, también hemos hecho modificaciones temporales en el proceso para ver cómo afectaba evitar completamente el cuello de botella que aplicaban los validadores de tickets, como se ve en la imagen.

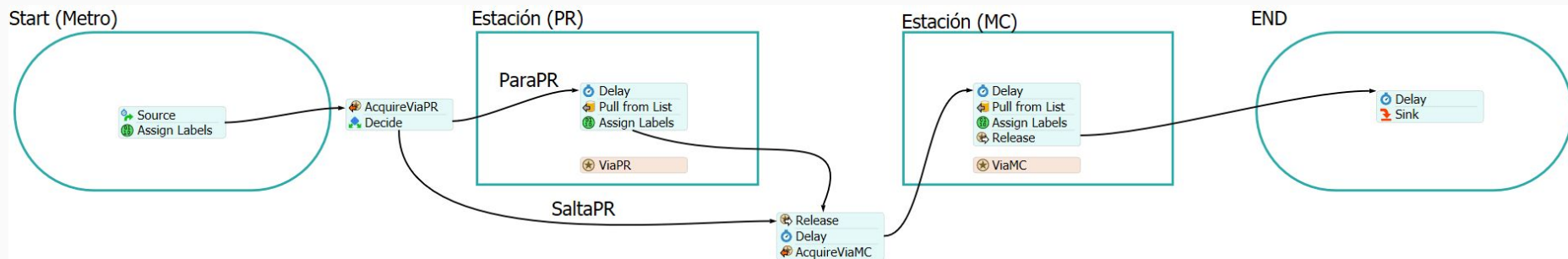
Aun así, habiendo reducido el tiempo por ejemplo de Palau Reial en 17 minutos, nos damos cuenta que la frecuencia de trenes afecta en el hecho de que las estaciones pueden saturarse y tardar un poco más en ser vaciadas, como se puede ver en el gráfico “ContentMC” para una frecuencia de 5 minutos.

Validar



Decisiones de modelo

A pesar de tener la optimización de variabilidad de metros preparada, nos hemos dado cuenta que aunque bajemos los delays del proceso de entrada hasta valores poco reales para conseguir más saturación en los andenes, la necesidad de aplicar esta posible mejora es cuestionable ya que en frecuencias bajas sigue siendo no determinante ya que Maria Cristina se vacía antes y en caso de aumentar la frecuencia de los trenes, que es contraproducente, solo para ver si se genera esta necesidad, el retraso total causado es de apenas 30 minutos. Puesto que la frecuencia no tiene que aumentar hasta tal valor, cuyo caso sería autosabotearse para poder aplicar la optimización, la hemos dejado como posible resolución en caso de que aparezca la necesidad.





Gracias por
vuestra
atención