

## Tarea 3: Investigación de Operaciones

Fecha de Entrega: Viernes 17 de junio del 2016

Profesores:

Jose Rafael Correa H.  
Rafael Epstein N.

Integrantes:

Sección 1:  
Felipe Valencia  
Sección 2:  
Christian Guerra  
Martín Escudero

Auxiliares:

Diego Bernstein L.  
Ignacio Úbeda S.  
Magdalena Muñoz S.  
Mauricio Zavalla G.

## Índice:

1. Resumen Ejecutivo.....	3
2. Introducción.....	4
3. Descripción del Sistema.....	5
4. Construcción de la Malla.....	6
5. Validación del Modelo.....	8
6. Modificaciones al Modelo.....	9
7. Análisis de diferenciación de clientes.....	11
8. Análisis de Resultados .....	12
9. Conclusiones: .....	12
10. Anexo.....	13

## 1. Resumen Ejecutivo:

En este informe se estudia un sistema de colas del cine Hoyts, Parque Arauco usando el software llamado Arena. Para esto usamos los datos que fueron recopilados en la tarea anterior, es decir, los tiempos de llegada a la cola y los tiempos de atención tanto en horario normal como en horario peak.

Con los resultados obtenidos, se valida el modelo y se ve que hay un error de consistencia entre teoría y práctica, es decir que las mediciones deberían idealmente ser repetidas, pero que no es un error grave ya que el experimento puede ser realizado con relación cliente atención de similar magnitud pero los resultados deberían variar en números, no afectando la conclusión final.

Al estudiar posibles modificaciones al modelo para mejorar el servicio se considera la opción de hacer una caja “express” donde van los clientes que tienen certeza de que película quieren ver, lo cual debería ser un beneficio especialmente para las personas que llegan en un horario cercano a la película y necesitan las entradas con inmediatez.

En el análisis de diferenciación de clientes se busca segmentar a los clientes en dos tipos, A con un 75% de probabilidades de pertenecer a este grupo y B con un 25%. El modelo es utilizado en horario normal. Con esto se llega a que diferenciar las cajas en una “express” y una normal no es buena idea en este horario, ya que tiene un costo adicional y no entrega un aporte en tiempos de atención.

Finalmente se concluye que no se puede confiar en los valores entregados por los errores de medición, pero que la conclusión final no debería variar, es decir que no es práctico diferenciar la cola en horario normal, pero que pensamos que hay una posibilidad de que si lo sea en horario punta.

## **2. Introducción:**

Las colas son algo común que se tiene que hacer en el día a día, y como tal es meritorio ser estudiado y mejorado. Ya que las colas se deben hacer tan seguido y requieren tiempo, se debe buscar disminuir el tiempo y principalmente aumentar la satisfacción del cliente, ya que como dice la segunda ley de servicio de "The Psychology of Waiting Lines", la primera impresión es lo que más importa, el servicio después puede ser muy bueno pero uno ya tomó una impresión de que es malo.

Para este trabajo se usa Arena, continuando con el trabajo realizado en la tarea 2. Es decir se usan los datos tomados en el cine de las colas del cine Hoyts de Parque Arauco y se modifican distintos parámetros con el objetivo de optimizar bajo distintos criterios las filas.

### **Marco Teórico:**

Para este informe se debe saber sobre teoría de espera, la cual permite modelar un sistema donde clientes llegan a un mismo sistema y se da que hay esperas desde la llegada hasta recibir la atención.

El proceso básico en la teoría de colas es que un cliente entra al sistema donde se da una cola, por un proceso determinado este cliente en algún punto recibe una atención y finalmente este sale del sistema. El cliente puede ser un individuo o un grupo que solicita el servicio.

Es importante considerar en la entrada el tamaño, es decir capacidad de recibir clientes en un tiempo determinado. También las colas tienen una capacidad, la cual no tiene por qué ser finita.

La disciplina en una cola es importante considerar, algunas de las principales son que el primero en entrar al sistema sea el último en egresar de este (LIFO), otro es que el primero en entrar sale primero (FIFO) y otra forma es seleccionar a los clientes atendidos de manera aleatoria, con algún tipo de criterio de prioridad (RSS).

### 3. Descripción del sistema:

En el cine se nota un flujo normal a lo largo del día, con horarios punta previo a películas de taquilla en horarios nocturnos. Se mantiene una cantidad estable de cajas abiertas a lo largo del proceso. Los tiempos de atención no varían mucho entre horario normal (18.2s) y horario punta (18.8s), pero los tiempos de llegada difieren, con 19.1s en horario punta y 27.2 en normal. No hubo comportamientos fuera de lo esperado.

#### Tiempo de llegada:

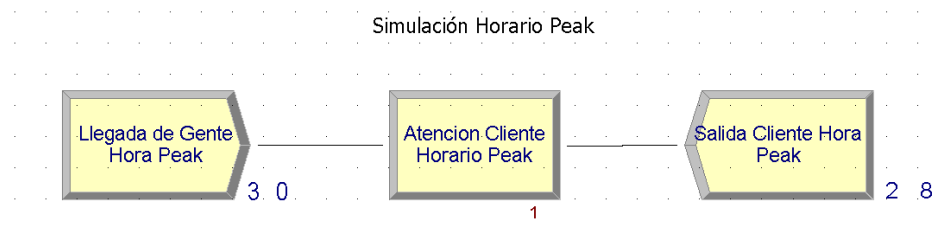
- Horario Normal: da una distribución exponencial de parámetro 24.2 con valor p de 0.0241 en el test de chi y 0.15 en el de kolmogorov. El promedio es de 27.2 y con una desviación estándar de 23.3, los datos se acercan a la curva esperada.
- Horario Punta: da una distribución gamma(17.2, 1.11) con un intervalo de confianza de 0.427 en el test de chi y 0.15 en el de kolmogorov. El promedio del tiempo de llegada es menor al de horario normal y con menor desviación estándar, esto ocurre debido a que la gente llega más seguido, regularizando más los horarios de llegada.

#### Tiempo de atención:

- Horario Normal: El programa entrega que es una distribución gamma (6.61, 1.26) con un intervalo de confianza de 0.005 en el test de chi y uno de 0.15 en el test de kolmogorov; entregando un promedio de 18.2 y una desviación estándar de 12.4.
- Horario Punta: Este caso nos da una distribución lognormal(14.4, 15.6), el test chi cuadrado entregando un intervalo de confianza de 0.164 y el de kolmogorov entregando uno de 0.15. la desviación estándar es alta, pero menor a la de el tiempo de llegada, dado que es menor el tiempo que tiende a variar la atención (entre el cliente que solo compra y el que hace preguntas), pero en los tiempos de llegada varía mucho más al tener mayor falta de predictibilidad de cuando llegara el próximo cliente.

#### 4. Construcción del Modelo:

Con el software Arena se procede a modelar el sistema estudiado en la tarea 2 para ambos horarios. Esto se realizará mediante el uso de tres procesos básicos, Create, Process y Dispose dispuestos como una cadena de tipo M/M/6, ya que existe una fila única pero existen 6 cajas.



Es importante notar que, como el modelo a estudiar tiene 6 cajas, hubo que crear un set nuevo con 6 filas.

Set - Basic Process			
	Name	Type	Members
1 ▶	Set 2	Resource	6 rows

Con lo último en cuenta, se procede a explicar la simulación:

##### Llegada de Gente, Hora Peak:

Este proceso Create modela la llegada de los clientes a la fila, como se vio en la tarea 2 esta distribuye como una Gamma de parámetros 17.2 y 11.1.

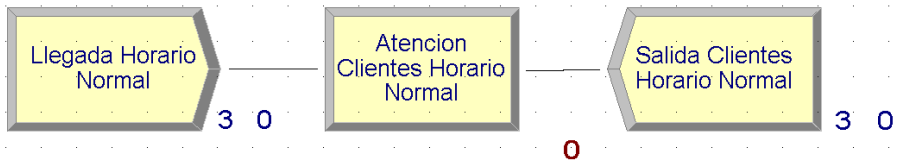
##### Atención Cliente, Hora Peak:

El siguiente proceso corresponde a la atención del cliente y fue modelado con un Process de Arena. Al igual que la llegada de clientes, se obtiene la distribución de la tarea 2 y se obtiene que los tiempos de atención distribuyen como una lognormal de parámetros 14.4 y 15.6.

Finalmente, el último proceso corresponde a Dispose, este es necesario para simular la salida de clientes de la caja.

Para el horario normal el proceso es análogo, pero la distribución asociada a la llegada de clientes es una exponencial de parámetro 24.2 y el tiempo de atención una gamma de parámetros 9.61 y 1.26.

### Simulación Horario Normal



## 5. Validación del Modelo:

Para esta parte, se decide correr la simulación y comparar los datos obtenidos con las mediciones realizadas para la tarea 2.

Para la tarea 2 se registran 60 salidas en 27 minutos en horario normal. Al realizar una simulación de esta misma duración, se observa en la imagen 1 del anexo, que 55 personas salen del sistema. Por lo que en este sentido el modelo es considerado como válido.

Análogamente, para el horario peak, el tiempo en que se registraron 60 salidas es de 19 minutos. Como se observa en la imagen 2 del anexo, la simulación registra 57 salidas en este mismo tiempo, por lo que nuevamente el modelo es considerado como válido en este aspecto.

Por otro lado, según las mediciones, cada 27 y 19 segundos llega un cliente a la fila para el horario normal y peak respectivamente. Al analizar la simulación y sus respectivas imágenes en el anexo, se observa que en horario normal, el tiempo promedio de llegada de clientes es de 0.2722 minutos, es decir 16.3 segundos. Para el caso de horario peak se obtiene un tiempo de 0.1684 minutos, lo que equivale a 10.1 segundos.

Se observa que existe una diferencia de aproximadamente el doble entre los tiempos simulados y medidos. Esto se puede deber a varios factores, como por ejemplo, poca prolijidad a la hora de realizar las mediciones o algún error cometido en la tarea 2 correspondiente a la obtención de las distribuciones que fueron utilizadas para realizar las simulaciones.

El grupo tiene la hipótesis que estos dos errores que se mencionan anteriormente son los causantes de las diferencias entre los datos obtenidos en la simulación y los medidos. A pesar de que el modelo no es 100% válido, este puede y será utilizado para las siguientes partes de esta tarea, ya que los órdenes de magnitud de los tiempos y clientes atendidos son consistentes entre las simulaciones y las mediciones.

Si se busca corregir en un 100% el modelo, el grupo recomienda revisar el proceso de la tarea anterior y re-obtener las distribuciones, con el fin de asegurar una correcta simulación. Por otro lado, aunque menos práctico, no se descarta la posibilidad que la causa del problema hayan sido las mediciones, por lo que también se recomienda, para validar a un 100% el modelo, volver a realizar las mediciones tomando en consideración todo lo expuesto anteriormente.



## 6. Modificaciones al Modelo:

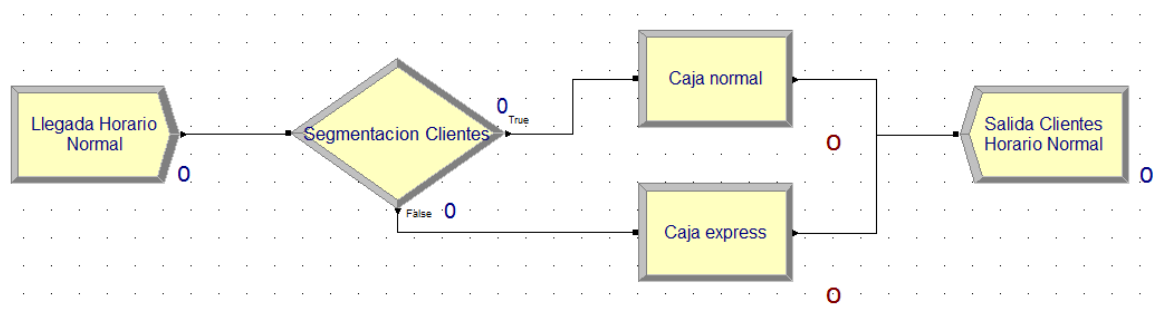
### Mejoramiento de Servicio:

Basándonos en el texto "The Psychology of Waiting Lines" se cree que una posible mejora al sistema de cajas es realizar una diferenciación según la película que se desea ver. Si esta es proyectada dentro de los próximos 30 minutos, el cliente tiene la posibilidad de pasar por una caja "express".

Lo propuesto anteriormente se justifica por dos razones, la primera tiene que ver con la certeza de la película que se busca ver, ya que se observó en terreno que hubo personas que llegaban a la caja sin tener claridad respecto a qué comprar, por lo que la mejora propuesta privilegia a los clientes que tienen claridad a la hora de llegar a la caja. Por otro lado, esta mejora evita el problema de no alcanzar a comprar una entrada para una película que empieza en poco tiempo más, porque la fila es muy larga. Es importante notar que hubo clientes que entraban a la fila y luego desertaban. Se cree que la modificación propuesta disminuiría el número de desertores, pero no se tienen los datos para poder verificar esta hipótesis, ya que a la hora de realizar las mediciones esto no fue tomado en cuenta.

Para que la mejora propuesta funcione debemos hacer ciertas suposiciones. Al realizar las mediciones se nota que la eficiencia de los cajeros varía mucho, por lo que se propone que se dejen a los más rápidos en las cajas "express" y al resto en el sistema normal.

En términos concretos el modelo se ve de la siguiente forma:



En donde la distribución del tiempo de atención para las cajas normales fue multiplicada por dos (Cajeros menos eficientes) y la asociada a las cajas express fue dividida por dos (Cajeros más eficientes) y se consideró que el 40% de los clientes que llegan se dirigen a la caja express.

Como se puede observar en la imagen 5 del anexo, el VA Time promedio aumentó a 0.29 minutos, es decir 17,4 segundos.

Aunque en términos de eficiencia de tiempo la modificación propuesta no mejora el tiempo simulado, se cree la experiencia por parte de los clientes sí es mejor, ya que se les brinda un servicio de carácter más personalizado.

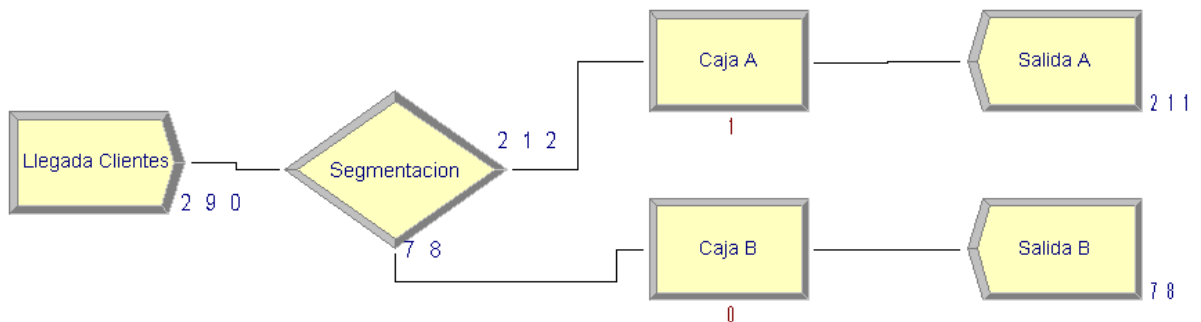
La implementación de esta mejora no debiese ser costosa, ya que no hay que agregar ningún tipo de proceso o entidad nueva, solo existe una reasignación de los recursos disponibles.

## 7. Análisis de diferenciación de clientes:

Para esta parte de la tarea se busca segmentar a los clientes en dos tipos, A en un 75% y B en un 25%. Será utilizado el modelo de horario normal.

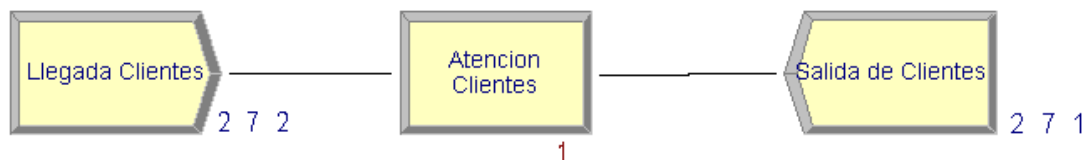
El tiempo de atención para los clientes del tipo A es de  $\frac{18.15}{2} = 9.075$  segundos y su costo de espera es de 1 u.m por segundo. Por otro lado, el tiempo de atención para los clientes de tipo B es  $18.15 \times 2 = 36.3$  segundos y tienen un costo de 2 u.m por segundo.

Con lo dicho anteriormente en cuenta se procede a realizar el modelo en Arena.



Para una simulación de 120 minutos, 299 clientes lograron salir del sistema, de los cuáles 211 era de tipo A y 78 del tipo B. Como se puede observar en la imagen 6 del anexo los tiempos promedios de espera para cada caja son 0.031 segundos para A y 0.18 segundo para B. Con esto en cuenta podemos calcular el costo total como:  $211 \times 1 \times 0.031 + 78 \times 2 \times 0.18 = 34.621$  u.m

Por otro lado, si observamos un modelo con el mismo tiempo de atención, pero sin segmentación, para la simulación de 120 minutos se obtienen los siguientes resultados.



Se observa que para 120 minutos, completan el sistema 271 personas y como se ve en la imagen 7 del anexo, el tiempo promedio de espera es 0, por lo que para este caso la segmentación de los clientes no producen una mejora en el tiempo de espera.

## **8. Análisis de Resultados:**

Estudiando la parte 7, se puede notar que la diferenciación de clientes en horario normal no es una buena medida, ya que esto aumenta los costos, pero no mejora los tiempos de espera.

Este caso no fue estudiado en tiempo peak, pero podría ser una buena medida, ya que al aumentar el flujo en la cola no diferenciada, aumentan los tiempos de espera, es digno de ser estudiado.

## **9. Conclusiones:**

Arena es una buena herramienta para realizar estudios de colas, sin embargo tenemos una gran diferencia en los tiempos teóricos y los llevados a la práctica, sin embargo los datos son útiles para la tarea como las órdenes de magnitud de tiempo/cliente atendido, son consistentes.

También se puede observar que en horario normal, la diferenciación no es conveniente hacerla dado que los costos aumentan y el tiempo de espera no mejora, como hipótesis creemos que en horario peak la situación cambiaría.

Dado que el modelo tiene inconsistencias entre la teoría y la práctica, no se puede confiar plenamente en los resultados y lo mejor es realizar las mediciones de nuevo, sin embargo, confiamos en que la conclusión, es decir que no vale la pena la diferenciación es válida solo que con valores entregados distintos (difieren las u.m y tiempos).

## Anexo:

Imagen 1 - Simulación de 27 minutos, horario normal

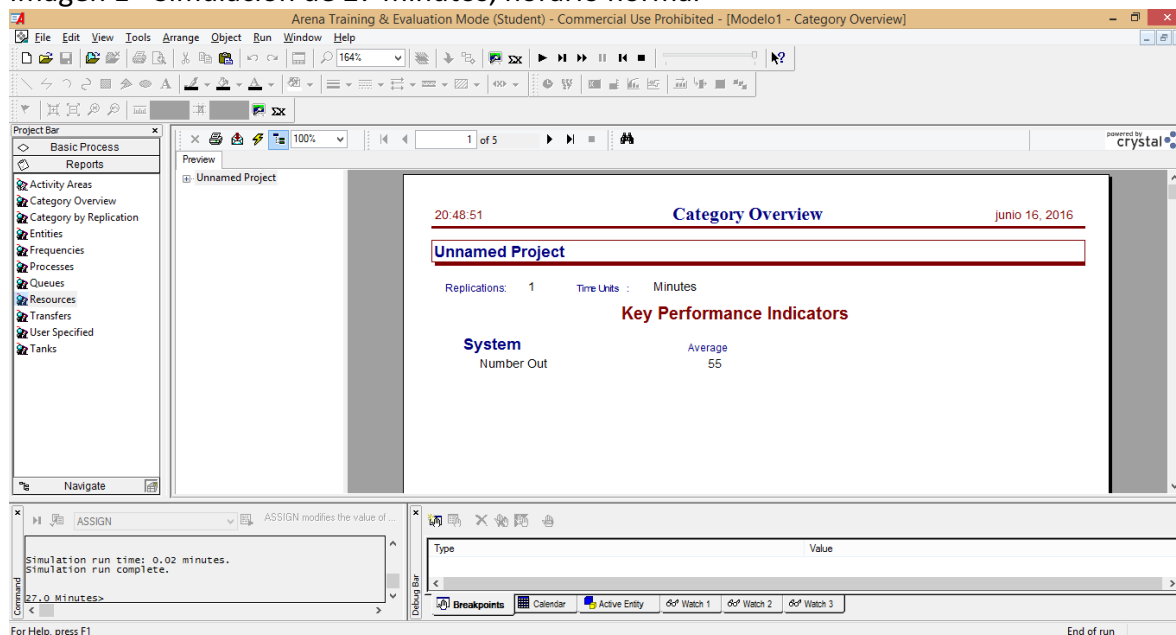


Imagen 2 - Simulación de 19 minutos, horario peak

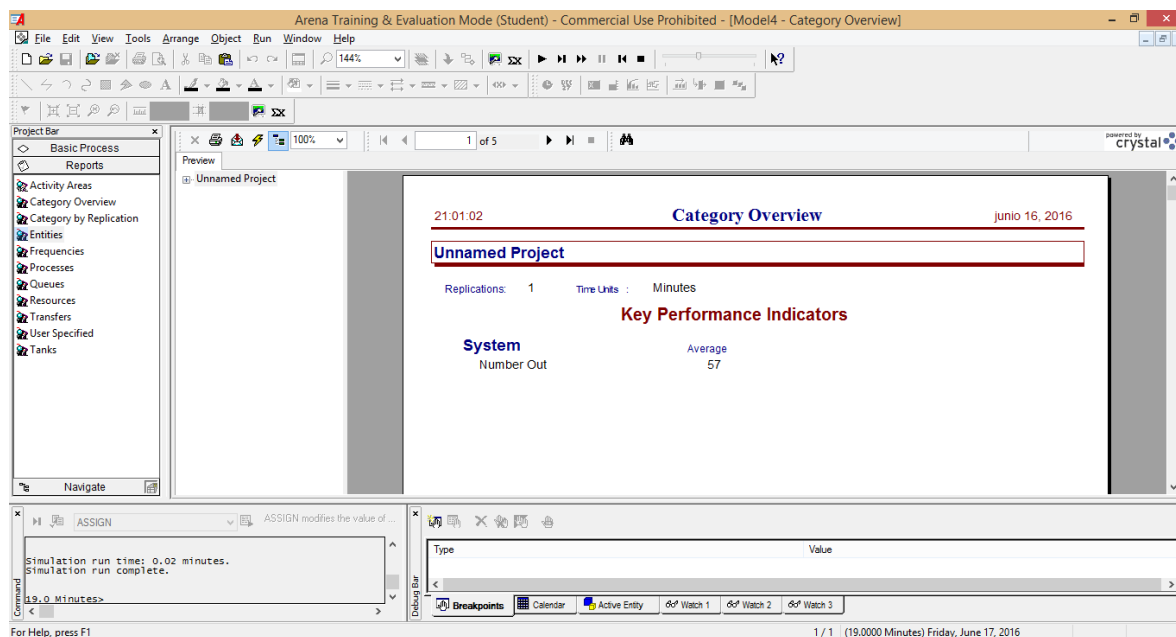


Imagen 3 - Simulación de 27 minutos, horario normal

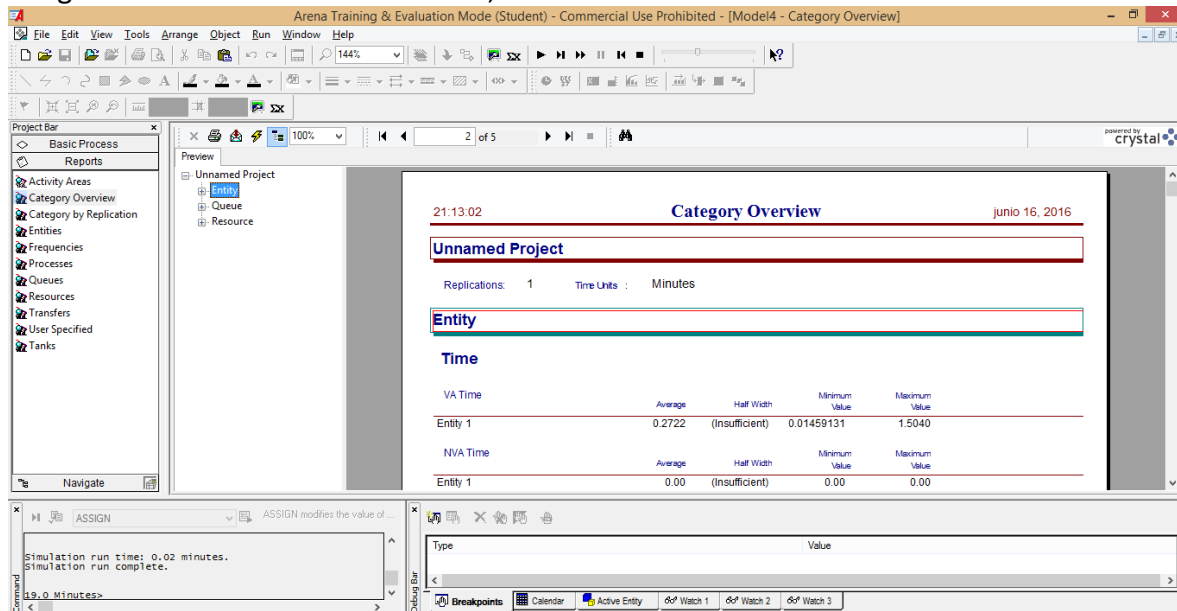


Imagen 4 - Simulación de 19 minutos, horario peak

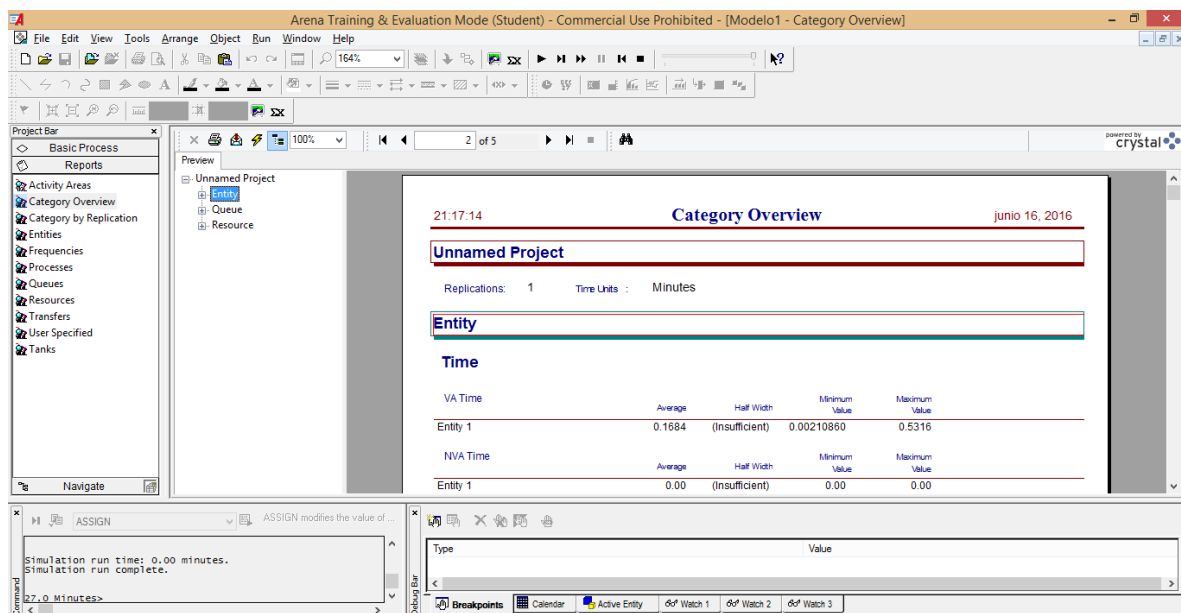


Imagen 5 - Simulación de 27 minutos, horario normal, modelo con mejora

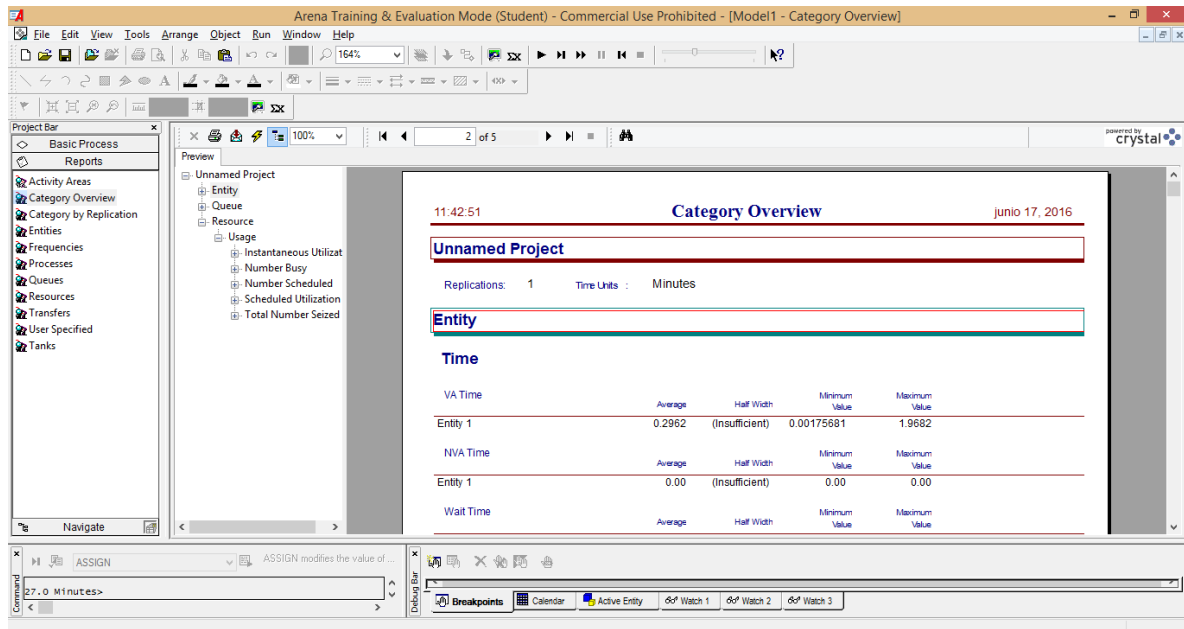
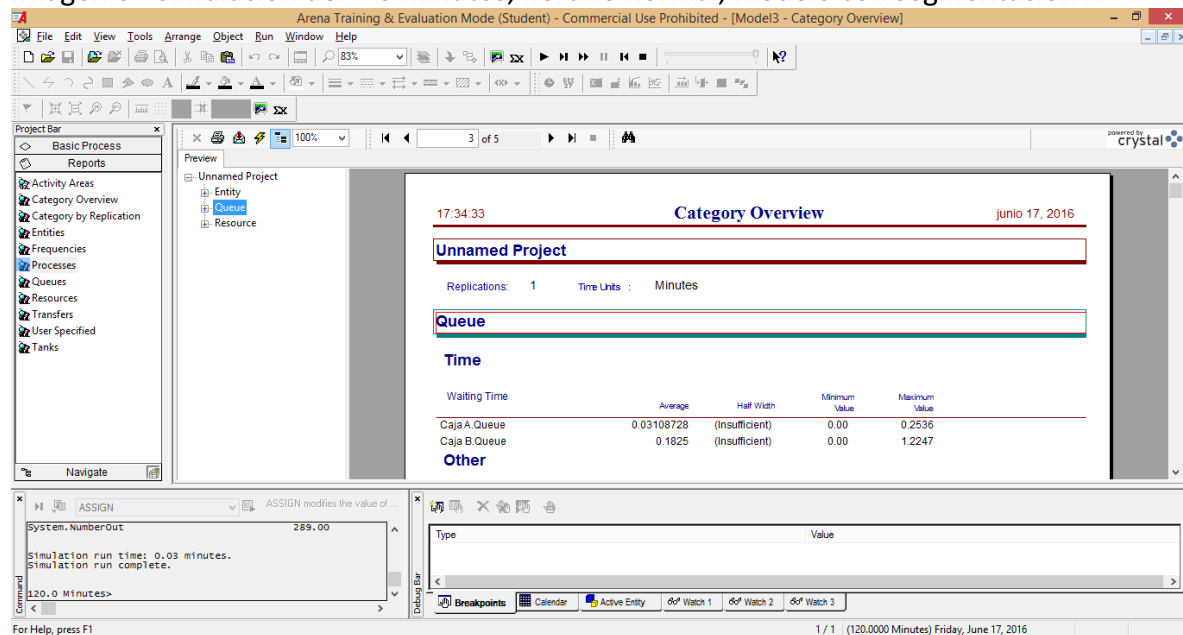


Imagen 6 - Simulación de 120 minutos, horario normal, modelo con segmentación A B



## Imagen 7 - Simulación de 120 minutos, modelo simple

Arena Training & Evaluation Mode (Student) - Commercial Use Prohibited - [Model4 - Category Overview]

File Edit View Tools Arrange Object Run Window Help

100%

2 of 2

powered by crystal

Project Bar

- Basic Process
- Reports
- Activity Areas
- Category Overview
- Category by Replication
- Entities
- Frequencies
- Processes
- Queues
- Resources
- Transfers
- User Specified
- Tanks

Preview

Unnamed Project

Entity

Replications: 1 Time Units: Minutes

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.3025	(Insufficient)	0.3025	0.3025
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

System.NumberOut 271.00

Simulation run time: 0.08 minutes.  
Simulation run complete.

Command: 120.0 Minutes>

For Help, press F1

1 / 1 (120.0000 Minutes) Friday, June 17, 2016