

# Estudio de simulación y modelado del parqueadero de la Unillanos - Sede Barcelona

Michael Stiver Pardo Aguirre, Código 160003424  
michael.pardo@unillanos.edu.co  
and Miguel Ángel Vargas Bejarano, Código 160003437  
miguel.vargas.bejarano@unillanos.edu.co

Universidad de los Llanos, Villavicencio Meta, Colombia

**Abstract.** Se realizó un estudio de simulación del parqueadero de la Universidad de los Llanos, Sede Barcelona mediante modelado basado en agentes para determinar si existía o no la necesidad de modificar o ampliar el uso de los lotes de parqueo en dicha sede. Se recopilaron un conjunto de datos y se ensayaron diferentes configuraciones para determinar si un volumen mayor de estudiantes afecta significativamente la disponibilidad de cupos de parqueo.

**Keywords:** Parqueadero · Simulación · Probabilidad

## 1 Paso 1. Formular el Problema

### 1.1 Definición del Problema

La Universidad de los llanos ofrece un servicio de parqueo a quienes desean acceder a las instalaciones, por motivos académicos, administrativos o de otra índole. En el transcurso del día se han identificado horarios que representan el mayor índice de congestión tanto en el parqueadero como en la entrada del mismo, de modo que se desea conocer si la capacidad actual del parqueadero ubicado en la sede Barcelona es suficiente para el volumen vehicular que presenta actualmente y a futuro, teniendo en cuenta que el flujo estudiantil saliente es menor al flujo de estudiantes que se inscriben durante cada semestre.

### 1.2 Objetivos generales del estudio de simulación

1. Diseñar un modelo conceptual del sistema de parqueaderos de la Unillanos Sede Barcelona.
2. Identificar los tiempos de llegada y servicio mediante la captura de datos.
3. Aproximar los tiempos de llegada y servicio de los vehículos que hacen uso del parqueadero a una distribución de probabilidad asociada.
4. Establecer conclusiones respecto al estudio que ofrezcan soporte a la posible toma de decisiones con respecto al uso y disponibilidad del servicio de parqueo en la Unillanos.

### **1.3 Preguntas específicas a ser respondidas por el estudio de simulación.**

1. ¿Cuáles son tasas promedio de llegada y servicio actualmente en el parqueadero de la Unillanos Sede Barcelona?
2. ¿Qué configuraciones ofrecen los menores tiempos de espera?
3. ¿Qué configuraciones permiten el máximo número de clientes en el sistema?
4. ¿Es necesario incrementar el número de parqueaderos disponibles?

### **1.4 Medidas de desempeño**

Las medidas de desempeño de interés para la el estudio son:

- Número total de vehículos entrantes y salientes en la ventana de tiempo.
- Tiempo promedio en el parqueadero.
- Número máximo de vehículos que hacen uso del parqueadero.

### **1.5 Alcance del modelo**

El diseño conceptual y posterior simulación del sistema de parqueadero de la Universidad de los Llanos está contemplado para el parqueadero principal de la sede Barcelona.

### **1.6 Configuraciones del sistema**

El primer acercamiento hacia la construcción del modelo conceptual se basa en simular el escenario actual del sistema de parqueo de la Sede Barcelona. Sin embargo, con el propósito de simular escenarios futuros, se propone variar la tasa de llegada de estudiantes, administrativos y particulares.

### **1.7 Ventana de tiempo**

El periodo de tiempo para la toma de muestras fue de dos semanas, que inicia desde el lunes 1 de julio de 2019 y finaliza el domingo 14 de julio del mismo año, entre los días martes, jueves y viernes.

La ventana de tiempo del experimento se definió de 8:00 am hasta las 10:00 am y la unidad de tiempo en intervalos de 10 minutos.

## **2 Paso 2. Recolectar Información/Datos y Construir un Modelo Conceptual**

Se ha hablado con el personal de seguridad en la sede Barcelona de la Universidad de los Llanos, para determinar los problemas que presenta el parqueadero y su frecuencia de uso. Como herramienta de ayuda se decidió crear una aplicación móvil para el sistema operativo android, la cual permite una recolección de datos

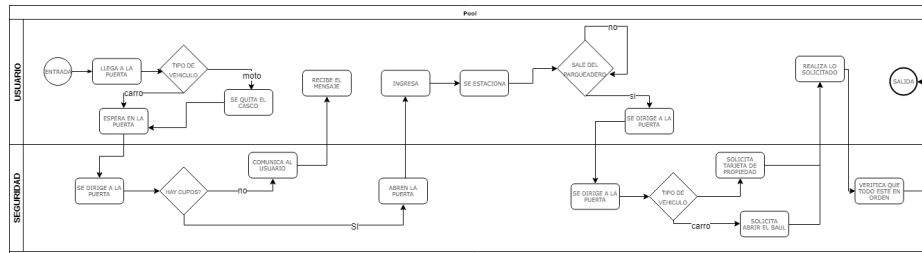
con errores de tiempo muy bajos. Esta app permite la toma de datos de las tasas de entrada y salida del parqueadero, permitiendo la generación de un archivo "data.csv" el cual permite una mejor organización de los datos.



**Fig. 1.** Pantallazo de la App disponible en PlayStore

## 2.1 Diagrama general del diseño del sistema actual y/o diagrama de flujo de procesos

Se ha hablado con el personal de seguridad en la sede Barcelona de la Universidad de los Llanos, para determinar los problemas que presenta el parqueadero y su frecuencia de uso.



**Fig. 2.** Diagrama de flujo

- Entrada: El usuario llega y el personal de seguridad le permite o niega la entrada.
- Parqueadero: El usuario parquea su vehículo en algún sitio disponible.
- Salida: El usuario se dirige a la salida, el personal de seguridad le autoriza la salida.

## 2.2 Parámetros del modelo y posibles distribuciones de probabilidad

Los datos de muestreo obtenidos en la ventana de tiempo definida anteriormente se muestran a continuación:

Días de muestreo						
Intervalo	Martes	Jueves	Viernes	Martes	Jueves	Viernes
8:00 a 8:10	6	5	5	5	6	5
8:10 a 8:20	4	3	3	2	4	3
8:20 a 8:30	3	3	3	1	2	3
8:30 a 8:40	2	2	1	1	1	2
8:40 a 8:50	3	4	2	1	1	1
8:50 a 9:00	4	2	1	2	2	3
9:00 a 9:10	3	1	0	2	0	4
9:10 a 9:20	2	0	1	0	1	2
9:20 a 9:30	0	1	2	1	1	1
9:30 a 9:40	0	2	1	1	1	1
9:40 a 9:50	1	1	2	0	2	0
9:50 a 10:00	0	1	0	1	1	1

Fig. 3. Cantidad carros administrativos que entran al Parqueadero Sede Barcelona

Días de muestreo						
Intervalo	Martes	Jueves	Viernes	Martes	Jueves	Viernes
8:00 a 8:10	3	4	3	4	3	2
8:10 a 8:20	2	2	2	1	2	1
8:20 a 8:30	2	3	0	1	0	0
8:30 a 8:40	1	2	0	1	2	1
8:40 a 8:50	1	0	0	2	2	0
8:50 a 9:00	1	2	1	0	0	2
9:00 a 9:10	1	1	0	0	0	0
9:10 a 9:20	1	2	1	2	1	0
9:20 a 9:30	0	0	1	2	1	0
9:30 a 9:40	0	0	1	0	0	0
9:40 a 9:50	1	1	0	1	0	0
9:50 a 10:00	1	0	2	1	2	1

Fig. 4. Cantidad carros de estudiantes que entran al Parqueadero Sede Barcelona

Días de muestreo						
Intervalo	Martes	Jueves	Viernes	Martes	Jueves	Viernes
8:00 a 8:10	4	0	3	0	1	0
8:10 a 8:20	0	0	0	0	0	0
8:20 a 8:30	0	0	0	0	0	0
8:30 a 8:40	1	0	0	0	0	0
8:40 a 8:50	0	0	0	1	0	1
8:50 a 9:00	0	0	0	0	0	0
9:00 a 9:10	0	0	0	1	0	0
9:10 a 9:20	1	0	0	1	0	0
9:20 a 9:30	0	0	0	0	2	1
9:30 a 9:40	0	1	1	2	0	0
9:40 a 9:50	1	0	0	0	0	2
9:50 a 10:00	0	1	0	0	0	0

Fig. 5. Cantidad carros particulares que entran al Parqueadero Sede Barcelona

Días de muestreo						
Intervalo	Martes	Jueves	Viernes	Martes	Jueves	Viernes
8:00 a 8:10	2	1	2	0	1	1
8:10 a 8:20	1	0	0	0	0	2
8:20 a 8:30	0	1	0	0	1	0
8:30 a 8:40	0	0	0	0	0	0
8:40 a 8:50	4	0	0	1	0	0
8:50 a 9:00	0	0	0	0	0	0
9:00 a 9:10	1	0	1	0	1	1
9:10 a 9:20	1	1	0	2	0	2
9:20 a 9:30	0	1	2	1	1	1
9:30 a 9:40	0	1	1	1	3	1
9:40 a 9:50	1	1	0	1	1	0
9:50 a 10:00	2	1	2	1	1	2

Fig. 6. Cantidad motos de administrativos que entran al Parqueadero Sede Barcelona

Días de muestreo						
Intervalo	Martes	Jueves	Viernes	Martes	Jueves	Viernes
8:00 a 8:10	9	6	7	10	9	10
8:10 a 8:20	6	7	4	3	9	2
8:20 a 8:30	2	1	3	1	2	2
8:30 a 8:40	0	1	2	0	1	0
8:40 a 8:50	0	1	1	1	2	0
8:50 a 9:00	1	0	2	1	2	0
9:00 a 9:10	1	2	2	0	1	1
9:10 a 9:20	1	1	1	2	3	2
9:20 a 9:30	1	1	2	1	2	1
9:30 a 9:40	1	1	0	1	2	1
9:40 a 9:50	1	1	2	1	2	0
9:50 a 10:00	2	1	2	1	3	2

Fig. 7. Cantidad motos de estudiantes que entran al Parqueadero Sede Barcelona

Días de muestreo						
Intervalo	Martes	Jueves	Viernes	Martes	Jueves	Viernes
8:00 a 8:10	2	2	1	2	3	1
8:10 a 8:20	2	2	0	2	0	5
8:20 a 8:30	0	0	1	0	0	0
8:30 a 8:40	0	0	0	2	1	1
8:40 a 8:50	0	0	0	0	0	0
8:50 a 9:00	0	0	0	0	0	0
9:00 a 9:10	1	0	0	0	1	0
9:10 a 9:20	1	0	0	0	0	1
9:20 a 9:30	0	0	0	1	1	1
9:30 a 9:40	1	1	0	1	0	0
9:40 a 9:50	0	2	1	0	1	1
9:50 a 10:00	0	1	2	1	1	0

Fig. 8. Cantidad motos particulares que entran al Parqueadero Sede Barcelona

### 2.3 Distribuciones de probabilidad

Luego de realizar la captura de datos, fue necesario disponer de una herramienta de ajuste de distribuciones de probabilidad. La herramienta escogida para el caso fue EasyFit. Cabe aclarar que la cantidad neta de vehículos y motos que ingresaban a las instalaciones no era una métrica que fuese posible cuantificar en terminos de una distribución de probabilidad, de modo que se organizó la

información en tablas de frecuencias de llegadas por intervalo de tiempo y los ajustes de distribución encontrados se muestran a continuación:

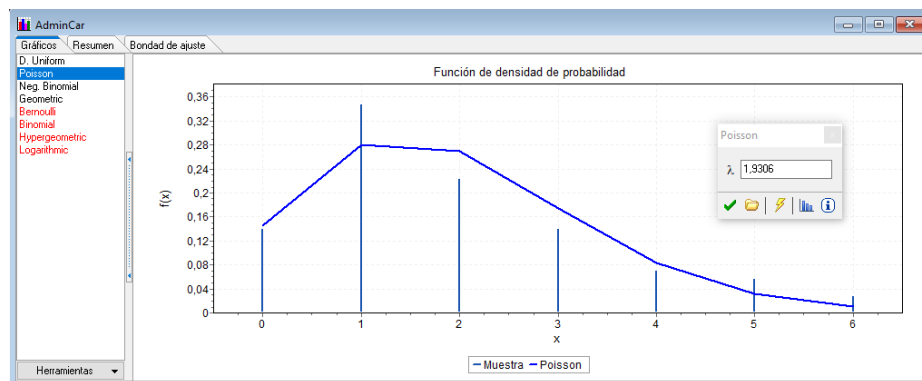


Fig. 9. Ajuste de distribución de probabilidad para carros de administrativos.

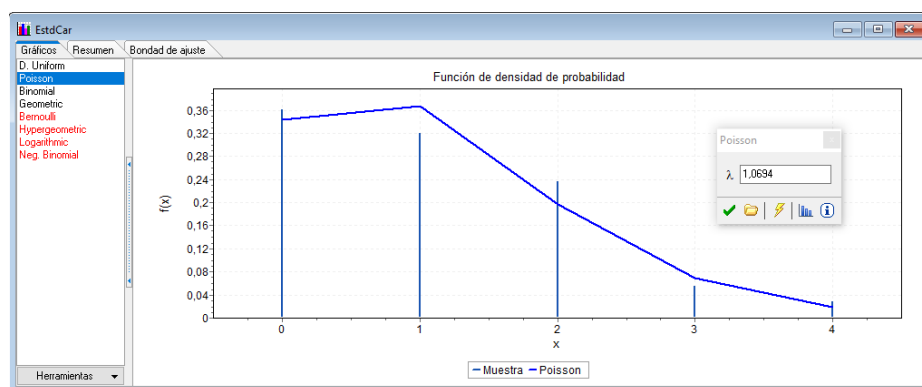


Fig. 10. Ajuste de distribución de probabilidad para carros de estudiantes.

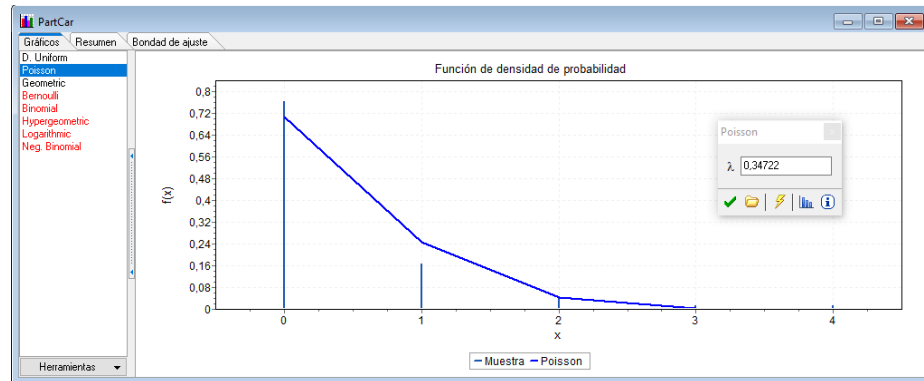


Fig. 11. Ajuste de distribución de probabilidad para carros particulares.

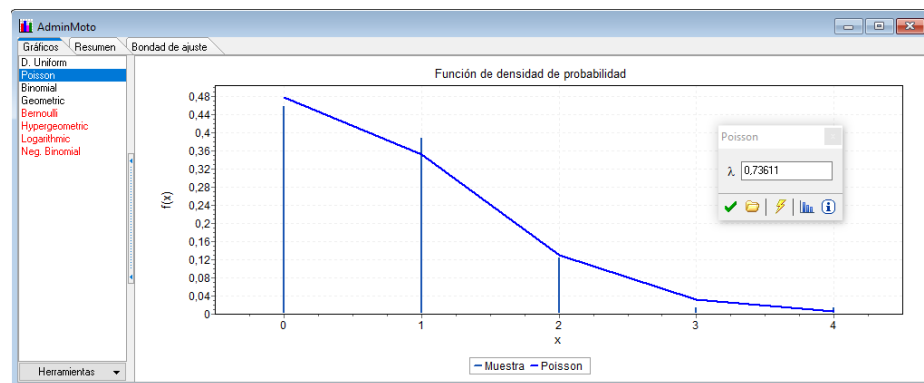


Fig. 12. Ajuste de distribución de probabilidad para motos de administrativos.



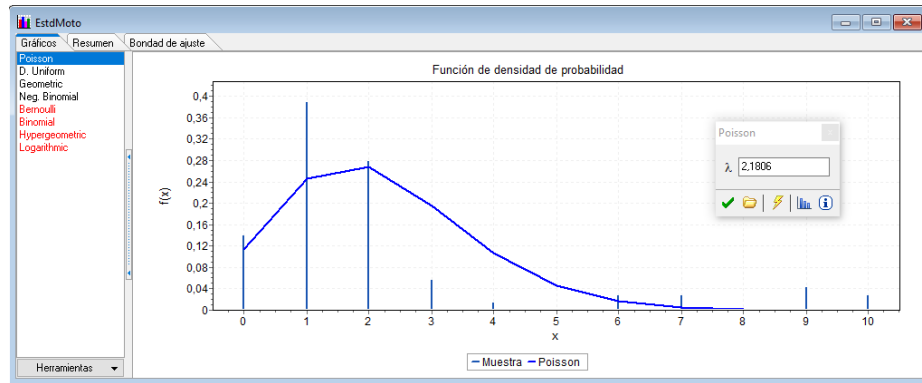


Fig. 13. Ajuste de distribución de probabilidad para motos de estudiantes.

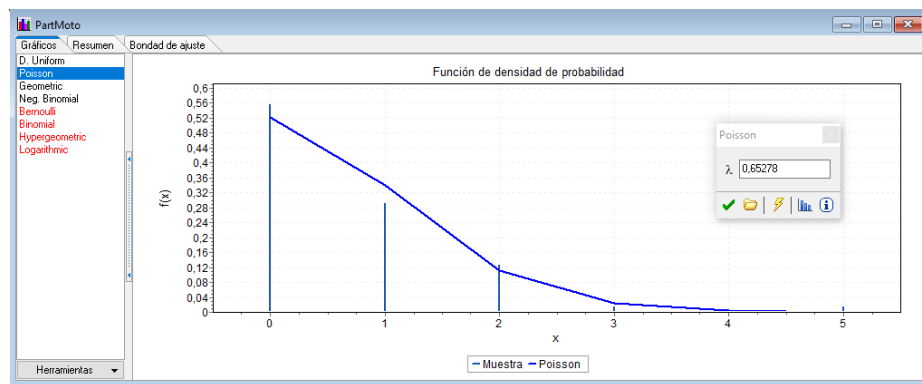


Fig. 14. Ajuste de distribución de probabilidad para motos particulares.

## 2.4 Especificaciones técnicas del computador

### Características de hardware

- **Tipo de computador:** Computador Portátil
- **Procesador:** Intel Core i7-4600U
- **Memoria RAM:** Memoria RAM 8GB DDR3-L
- **GPU:** Intel HD Graphics 4400

### Características de software

- EasyFit 5.6
- Anylogic PLE 8.40
- Microsoft Excel 2016
- Blender 2.80

## 2.5 Restricciones de tiempo y dinero

**Restricciones de tiempo:** Debido a la carga académica de los participantes del trabajo, la muestra se tomó en los días martes, jueves y viernes en los horarios de 8 a 10 de la mañana en un intervalo de 2 semanas.

**Restricciones de dinero:** No existe restricción de dinero en el estudio en cuanto a que no existe una inversión como tal de dinero, teniendo en cuenta que una parte información proviene de los SME (Subject-Matter Experts) y otra de la toma de datos, y los recursos de hardware y software anteriormente mencionados estaban a disponibilidad del equipo de trabajo desde antes del desarrollo del estudio. En cuanto al acceso a la información del personal encargado del parqueadero, la información se limita a las observaciones de los celadores, ya que no existe registro del flujo de vehículos en el sistema de estacionamiento de la Unillanos Sede Barcelona.

## 3 Validación del Modelo Conceptual

El modelo conceptual fue consultado con personal de seguridad y algunos usuarios para validar los subprocesos que ocurren en el sistema dando por aceptado el modelo relatado en el paso 2.

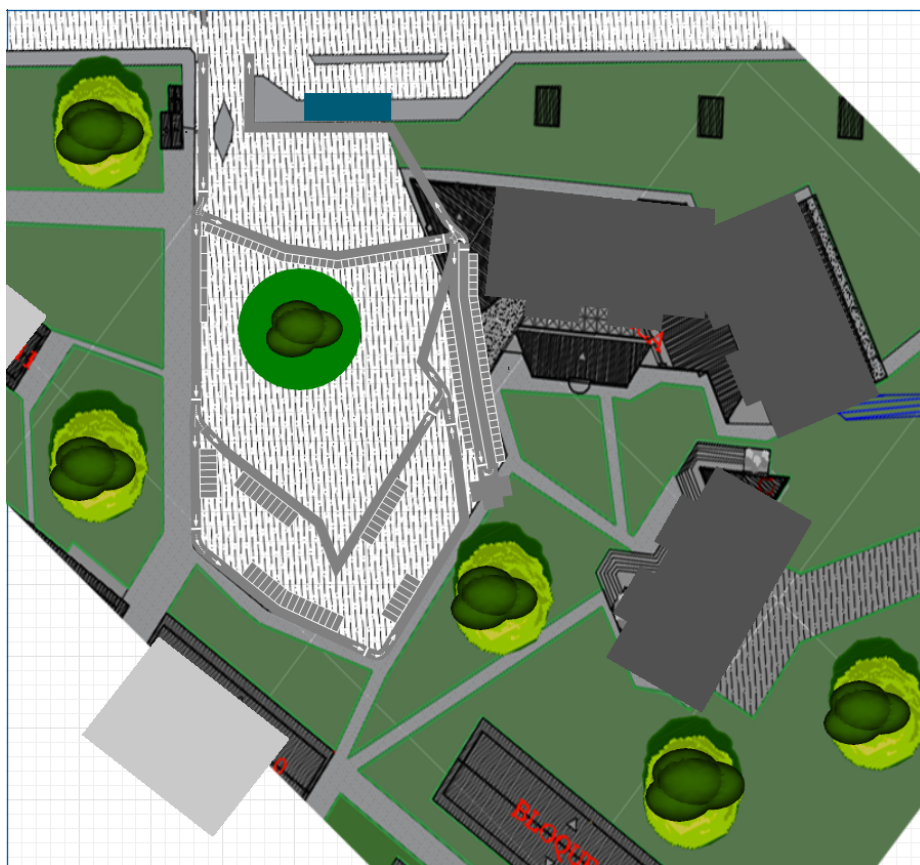
## 4 Programar el Modelo

### 4.1 Descripción del lenguaje o software de simulación seleccionado

El software seleccionado para la simulación fue AnyLogic ya que permite el desarrollo de simulación basada en agentes y eventos discretos, además es una de las primeras herramientas en introducir simulación con modelado multimétodo.

### 4.2 Implementación del modelo en el lenguaje o software de simulación

Para el diseño del sistema se hace uso de algunos componentes de la biblioteca de modelado de procesos (Process Modeling Library) para la definición de los agentes; de la librería de tráfico (Road Traffic Library), para la utilización de carreteras y vehículos; Objetos 3d renderizados en Blender y además, una ventana 3D para la visualización en 3D del sistema.



**Fig. 15.** Vista 2D del sistema



**Fig. 16.** Vista 3d del sistema

## 5 ¿Es el Modelo Programado Valido?

### 5.1 Comparación cualitativa del modelo simulado y el sistema existente

Aunque la cantidad de estacionamientos simulados no es la misma cantidad que los estacionamientos reales, debido a que algunos de estos estacionamientos no estan debidamente pintados, se implementaron los estacionamientos mas relevantes para el parqueadero principal de la Universidad de los Llanos.

## 6 Diseñar, Realizar, y Analizar los Experimentos de Simulación

### 6.1 Modelo Lógico Implementado

Para el diseño del modelo lógico de los carros de definio un modelo para cada tipo de usuario del parqueadero central de la Universidad de los Llanos sede Barcelona.

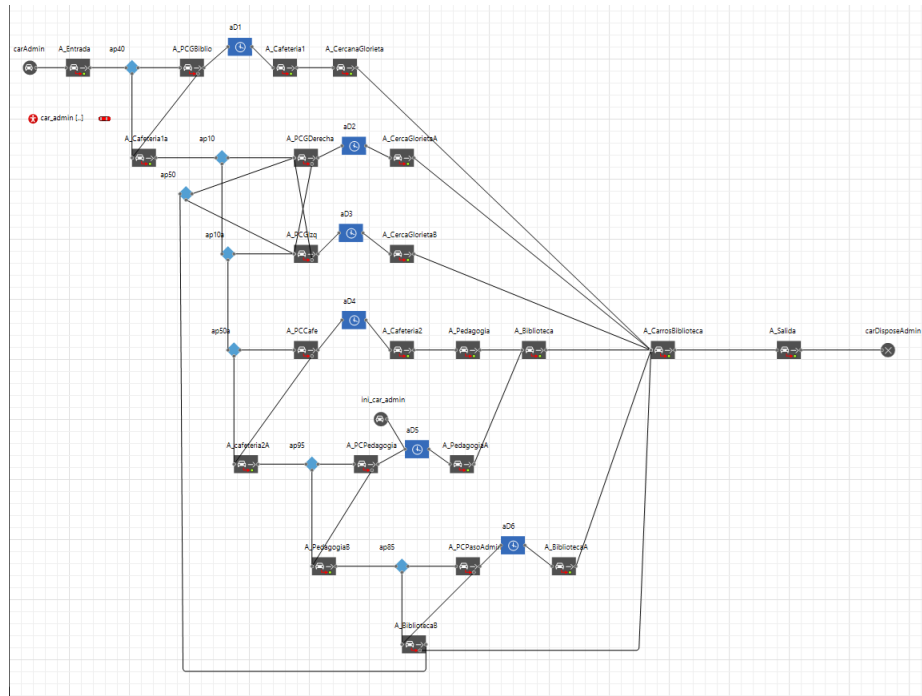


Fig. 17. Modelo para carros de administrativos

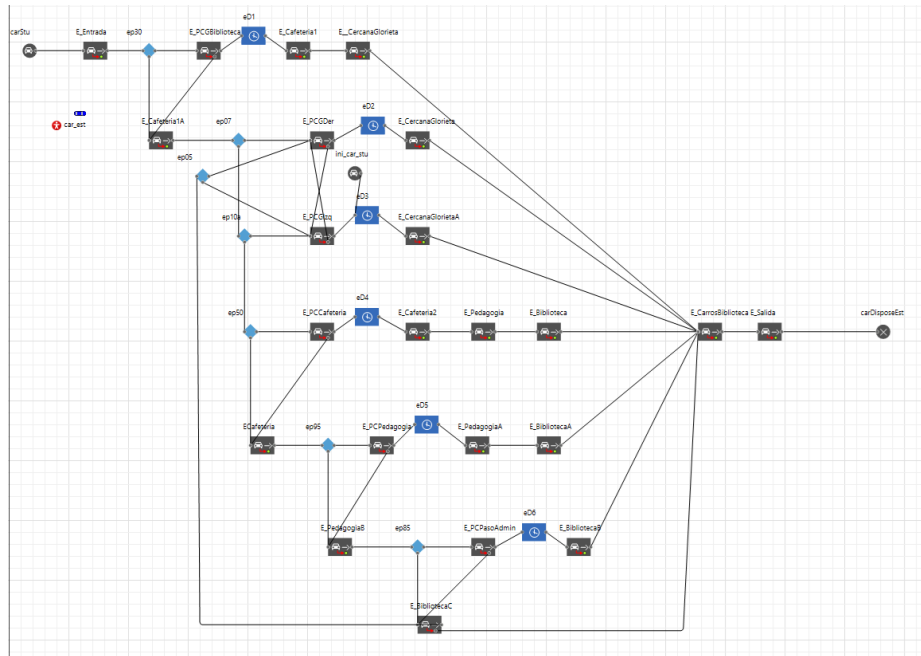


Fig. 18. Modelo para carros de estudiante

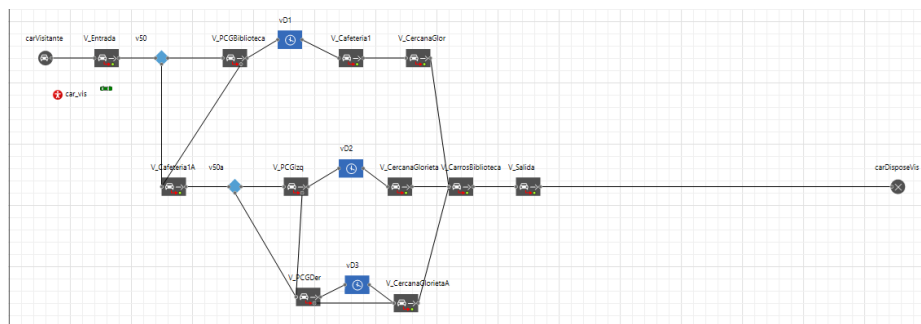
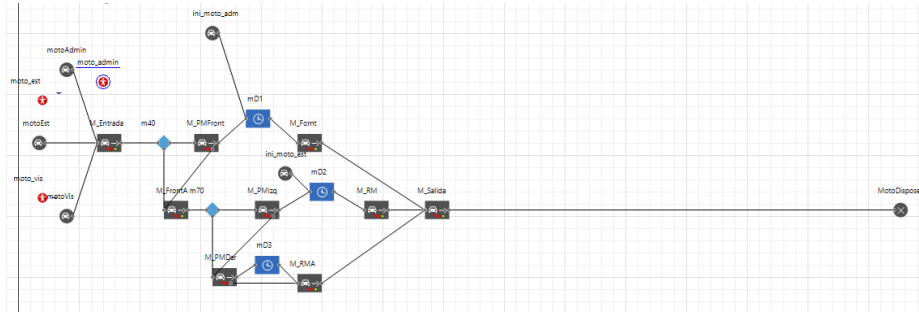


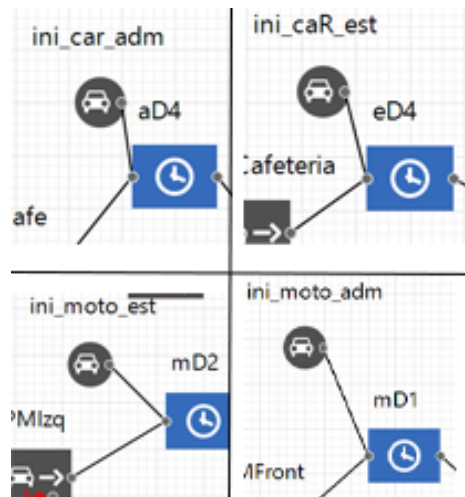
Fig. 19. Modelo para carros de visitantes



**Fig. 20.** Modelo para motos de todo tipo

## 6.2 Experimentación del Modelo Implementado

Para el modelo, es necesario tener en cuenta los vehiculos que ya se encuentran en el sistema antes de la toma de datos, proceso en el cual se le agrega a los delays seleccionados un agente con sus respectivos parametros.



**Fig. 21.** Parametros iniciales de cada agente

## 7 Documentar y presentar los Resultados de la Simulación

### 7.1 Descripción detallada de la implementación del modelo en el lenguaje o software de simulación

Para la implementación de la simulación se tomó a cada tipo de agente como un agente diferente, dándole a cada uno una distribución de probabilidad diferente.

**Fig. 22.** Distribución de probabilidad designada para los carros de administradores

**Fig. 23.** Distribución de probabilidad designada para los carros de estudiantes

**Fig. 24.** Distribución de probabilidad designada para los carros de visitantes

También para las motos:



**motoAdmin - CarSource**

Name:  ☒ Show name

☐ Ignore

Arrivals defined by:

Arrival rate:

Set agent parameters from DB: ☐

Limited number of arrivals: ☐

**Fig. 25.** Distribución de probabilidad designada para las motos de administradores

**motoEst - CarSource**

Name:  ☒ Show name

☐ Ignore

Arrivals defined by:

Arrival rate:

Set agent parameters from DB: ☐

Limited number of arrivals: ☐

**Fig. 26.** Distribución de probabilidad designada para las motos de estudiantes

**motoVis - CarSource**

Name:  ☒ Show name

☐ Ignore

Arrivals defined by:

Arrival rate:

Set agent parameters from DB: ☐

Limited number of arrivals: ☐

**Fig. 27.** Distribución de probabilidad designada para las motos de visitantes

## 7.2 Objetivos y Respuestas a las Preguntas del Estudio de Simulación

### 7.3 Conclusiones

Luego de realizar el estudio de simulación y su implementación en AnyLogic, con las respectivas tasas de llegada, se encontró que pese a aumentar en un estimado de 10% la tasa de llegada del cuerpo estudiantil, no ocurre que haya falta de cupos en el parqueadero para carros ni motos. De modo que no sería necesario para el tomador de decisiones considera la ampliación del parqueadero o en el peor de los casos, un sistema de tarifas por hora o fracción en las instalaciones de la Universidad.

## Archivos

- <https://youtu.be/10wnK6GkbKs>