

**María Alejandra Estrada García- 202021060**

**Ernesto Carlos Pérez Covo – 202112530**

## **Laboratorio 7**

### **Diseño y justificación del modelo**

#### Componentes y flujo del proceso:

- Componentes del sistema:
  - *Torniquetes Convencionales*: Estos torniquetes permiten el paso rápido y eficiente de las personas, con un tiempo de procesamiento de  $5 \pm 2$  segundos.
  - *Torniquetes con Lector de QR*: Estos torniquetes son más lentos debido al proceso de escaneo de códigos QR, con un tiempo de procesamiento de  $20 \pm 2$  segundos.
  - *Lectores de QR*: Un lector de QR está asignado a un torniquete de entrada y otro a un torniquete de salida. Estos lectores escanean los códigos QR de las tarjetas de identificación de los usuarios.
  - *Tarjetas de Identificación*: Todos los usuarios (estudiantes, profesores y personal administrativo) utilizan tarjetas de identificación para ingresar y salir del edificio.
  - *Estudiantes*: Constituyen la mayoría del flujo diario.
  - *Profesores*: Su flujo es intermedio, con menor frecuencia que los estudiantes.
  - *Personal Administrativo*: Representan el menor flujo en comparación con estudiantes y profesores.
- Flujo del proceso:
  - Llegada al Torniquete:
    - Las personas se aproximan al torniquete y se preparan para pasar.
  - Preparación del Carnet:
    - Los usuarios preparan sus tarjetas de identificación antes de llegar al torniquete.
    - Tiempo de Preparación:  $10 \pm 2$  segundos.
  - Escaneo de QR (si aplica):
    - Si se utiliza un torniquete con lector de QR, el usuario debe escanear su código QR.
    - Tiempo de Escaneo de QR:  $20 \pm 2$  segundos.
  - Paso a través del Torniquete:
    - Una vez preparada la tarjeta (o escaneado el QR), la persona pasa por el torniquete.
    - Tiempo de Pasar por el Torniquete:  $5 \pm 2$  segundos.

#### Tipos de torniquetes:

- Torniquetes Convencionales
  - Cantidad: 5 torniquetes (3 de entrada, 2 de salida).
  - Tiempo de Procesamiento:  $5 \pm 2$  segundos.
  - Descripción: Estos torniquetes son los más comunes y permiten un paso rápido de las personas. Su tiempo de procesamiento varía ligeramente debido a factores humanos y operativos.
- Torniquetes con Lector de QR
  - Cantidad: 2 torniquetes (1 de entrada, 1 de salida).
  - Tiempo de Procesamiento:  $20 \pm 2$  segundos.
  - Descripción: Estos torniquetes están equipados con lectores de códigos QR que leen las tarjetas de identificación. Su tiempo de procesamiento es mayor debido al tiempo necesario para escanear el QR.
- Dirección de Flujo
  - Entrada: 3 torniquetes convencionales y 1 torniquete con lector de QR.
  - Salida: 2 torniquetes convencionales y 1 torniquete con lector de QR.

### Justificación de decisiones de diseño

Basado en el Análisis de Datos

- Patrones de Entrada y Salida:
  - Horas Pico: Los datos muestran que las horas pico de entrada son generalmente en la mañana, mientras que las horas pico de salida son en la tarde.
  - Tasas de Uso: El flujo de personas es mayor al inicio y al final del día, con un número significativo de entradas y salidas concentradas en períodos cortos.
- Incremento Proyectado de Estudiantes:
  - Con un incremento del 28% en la población estudiantil, se espera que el flujo de entrada y salida aumente proporcionalmente. Esto requiere una capacidad adicional para evitar congestiones durante las horas pico.
  - La distribución actual de los torniquetes se ha diseñado para equilibrar el flujo y minimizar los tiempos de espera.

Variabilidad y Aleatoriedad

- Tiempo de Pasar por el Torniquete: Incluye una variabilidad de  $\pm 2$  segundos para reflejar variaciones en el comportamiento humano y posibles demoras inesperadas.
- Tiempo de Preparación del Carnet: Considera una variabilidad de  $\pm 2$  segundos para capturar diferencias en la rapidez con que las personas preparan sus tarjetas de identificación.
- Tiempo de Lectura de QR: La variabilidad de  $\pm 2$  segundos simula posibles retrasos en la lectura de los códigos QR, proporcionando una imagen más realista del flujo de personas.

## **Creación de la simulación**

El código desarrollado tiene como propósito principal simular el proceso básico de los torniquetes en el edificio Santo Domingo de la Universidad de los Andes, haciendo uso de la biblioteca SimPy, la cual ofrece la capacidad de modelar sistemas basados en eventos discretos. En términos de diseño, el código se estructura alrededor de varios componentes fundamentales. En primer lugar, se establece un ambiente de simulación mediante SimPy, que actúa como el contexto donde se desarrollan todos los eventos y procesos simulados. Los torniquetes, por su parte, se representan como recursos en SimPy, limitando su capacidad para reflejar la restricción física de los mismos.

El proceso de las personas que utilizan los torniquetes se modela mediante un proceso definido en el código. Este proceso simula el flujo de una persona desde su llegada al torniquete hasta que completa el proceso de entrada o salida del edificio. Además, se incluye variabilidad en los tiempos de procesamiento para reflejar condiciones realistas. Esto se logra generando tiempos aleatorios dentro de una distribución normal para cada actividad, como pasar por el torniquete, preparar el carnet y leer el código QR, si aplica.

En cuanto a las decisiones de implementación, se optó por utilizar SimPy debido a su eficiencia en la modelación de sistemas complejos y su amplia aceptación en la comunidad de simulación. La generación de tiempos aleatorios se realiza mediante la función `np.random.normal` de NumPy, lo que permite capturar la variabilidad inherente en los tiempos de procesamiento de las actividades del torniquete. Por último, se modela el proceso de cada persona que utiliza los torniquetes, considerando diferentes tipos de acceso según sea necesario.

## **Análisis de escenarios y optimización**

### Estrategias de optimización

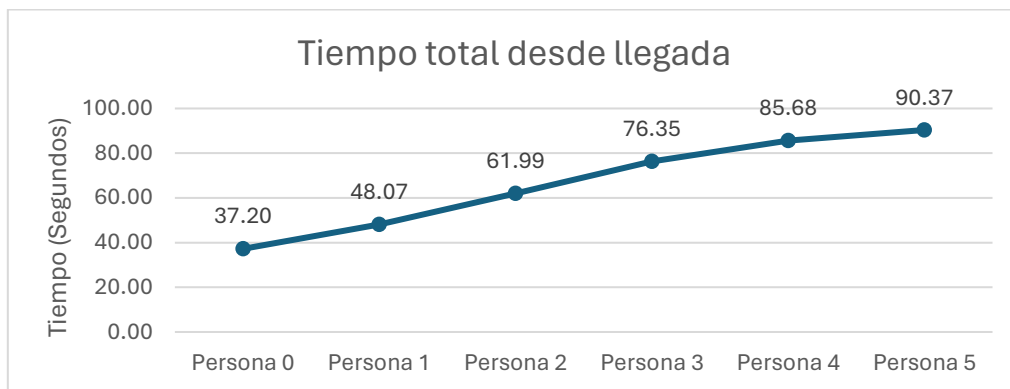
1. Redistribución de torniquetes: Consiste en ajustar la distribución física de los torniquetes para optimizar el flujo de personas. Esto podría implicar agregar o quitar torniquetes en ciertas áreas del edificio para distribuir mejor la carga de entrada.
2. Optimización de horarios de entrada/salida: Se refiere a ajustar los horarios de funcionamiento de los torniquetes para adaptarse a los patrones de flujo de personas. Por ejemplo, podríamos abrir más torniquetes durante las horas pico y reducir su número durante los períodos de menor actividad.
3. Mejora de la tecnología utilizada: Implica actualizar los sistemas de torniquetes con tecnología más avanzada que pueda procesar a las personas de manera más rápida y eficiente. Esto podría incluir la implementación de lectores de QR más rápidos o sistemas de reconocimiento facial.

## **Resultados**

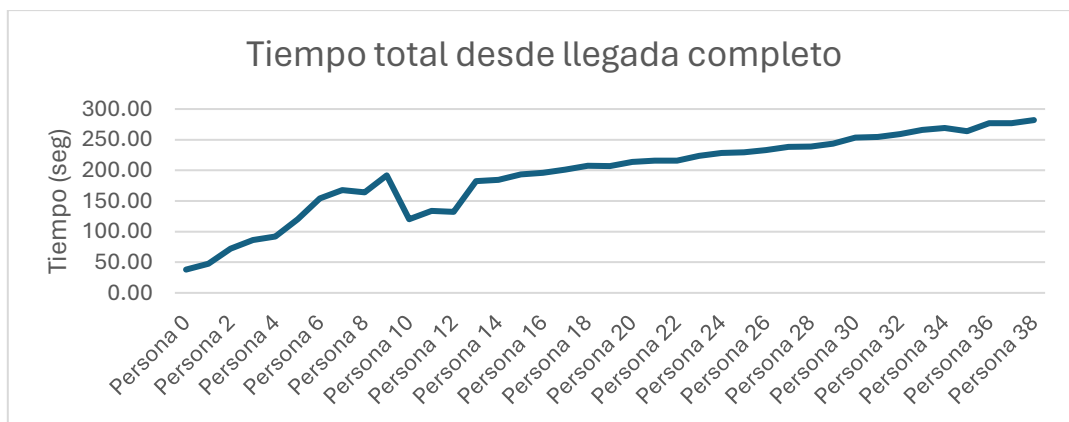
Al correr la simulación base (archivo `simulacion.py`) y obtener los resultados se puede ver la siguiente tabla:

Nombre	Llegada al torniquete	Prepara carnet	Lectura QR	Empieza pasar	Termina pasar	T total
Persona 0	0.00	0.00	10.62	31.70	37.20	37.20
Persona 1	4.00	17.48	27.24	48.39	52.07	48.07
Persona 2	5.17	37.20	45.41	63.54	67.16	61.99
Persona 3	5.35	44.38	58.36	76.39	81.70	76.35
Persona 4	5.82	67.16	64.20	86.61	91.50	85.68
Persona 5	6.70	81.70	94.73	92.60	97.08	90.37
Persona 6	9.27	97.08				
Persona 7	10.66					
...						
Persona 98	97.09					

Como se puede ver, en un intervalo de 100 segundos en el que corre la simulación solo 5 personas logran pasar el torniquete, la sexta persona logra preparar el carnet y de ahí en adelante todos quedan en cola de espera. Si ahora hacemos el ejercicio de graficar el tiempo total para las 5 primeras personas se obtiene la siguiente grafica.

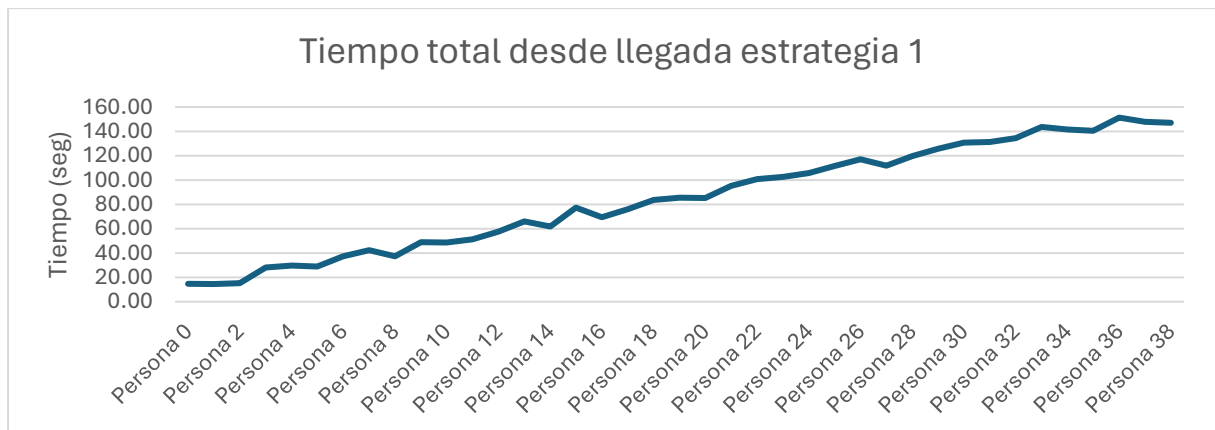


Se puede ver que el crecimiento en el tiempo de espera de las personas es lineal, si hacemos nuevamente la simulación pero esta vez usando un tiempo mayor para dar tiempo de que todos pasen el torniquete se obtiene la siguiente grafica.



Con la anterior grafica es evidente que el crecimiento en el tiempo de acceso al edificio SD aumenta linealmente. Se puede ver al inicio una pequeña variación en el aumento del tiempo sin embargo esto se considera normal y se debe a los torniquetes que usan QR, que pueden afectar un poco los tiempos de espera o también porque muchas personas se demoraron en alguna de las acciones, es decir que dentro del intervalo de tiempo por actividad muchas personas se acercaron al límite superior de manera seguida.

Ahora bien para comparar el comportamiento de la simulación con una de las estrategias implementadas se puede hacer el mismo ejercicio y se obtiene la siguiente tabla:



Se puede ver una tendencia similar sin embargo si vemos los valores está claro que en la estrategia 1 los tiempos de espera de cada persona son muchos menores. En una simulación en donde 38 personas pasan en la base el tiempo total es de casi 300 segundos mientras que para la estrategia 1 no supera los 160 segundos. Al comparar los tiempos promedios de cada uno de las simulaciones realizadas se puede ver que la estrategia implementada sirve en reducir los tiempos de entrada al SD.

	Tiempo promedio
Escenario base	194.23
Estrategia 1	85.08

## Escenario 1

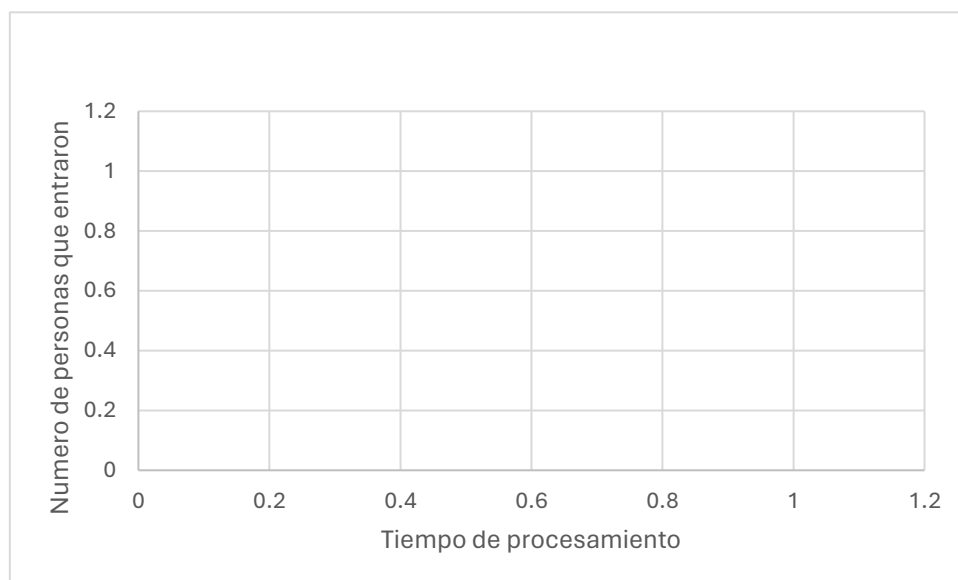
Al correr el escenario 1 durante 1000 segundos y observar los resultados para la última persona (persona numero 100) que llego al SD se obtiene que esta llego a la cola de espera en el tiempo 102.68 y comienza a preparar el carnet en el tiempo 508.84 lo cual nos da un tiempo de espera de 406.16 segundos o **6.77 minutos**. Si duplicamos el tamaño de la simulación la persona numero 200 se demora **13.13 minutos**. Se puede ver que el aumento en el tiempo de espera es prácticamente lineal pues se duplica el numero de personas y por consecuencia se duplica el tiempo de espera. Si se agregar 1 torniquete en cada dirección (para un total de 8 torniquetes) ahora el tiempo de espera de la persona numero 100 es de 4.16 minutos y el de la persona 200 es de 8.53. Por lo que se cumplen los 5 minutos para los primeros 100 estudiantes, si ya se quiere tener un numero de torniquetes mas concretos es necesario conocer el numero de

estudiantes que se quiere atender en un determinado tiempo pero con 8 torniquetes los tiempos de cola deberían verse reducidos significativamente.

## Escenario 2

Tiempo de procesamiento QR (seg)	Numero personas que entraron
5	14
8	11
10	9
13	8
15	7
18	6
20	6

Y si se gráfica se obtiene:



El resultado no es exactamente lineal pero se puede ver que si se reduce el tiempo que toma la lectura de QR se aumenta el numero de personas que pueden pasar en un mismo intervalo de tiempo.