

# Informe HDT8 – Simulación de Sala de Emergencias

---

## 1. Introducción

Este proyecto tuvo como objetivo modelar de forma realista el comportamiento de una sala de emergencias utilizando Python y la librería SimPy. Se simularon tres escenarios distintos: un día normal, un fin de semana y una fecha festiva. Cada uno presenta una carga diferente de pacientes y una configuración propia de recursos médicos. A través de esta simulación, se buscó observar cómo los recursos afectan el tiempo que un paciente pasa en el sistema, y cómo ciertas decisiones pueden optimizar la atención sin necesidad de saturar el sistema con personal excesivo.

## 2. Variables y parámetros

Estas fueron algunas de las variables clave utilizadas en el código:

- CANTIDAD\_PACIENTES: número total de pacientes en la simulación por escenario.
- TIEMPO\_ENTRE\_LLEGADAS: intervalo entre la llegada de un paciente y el siguiente.
- ENFERMERAS\_DISPONIBLES, DOCTORES\_DISPONIBLES, etc.: cantidad de personal y equipos disponibles.
- tiempo\_total\_por\_paciente: lista que guarda cuánto tiempo pasó cada paciente en el sistema.

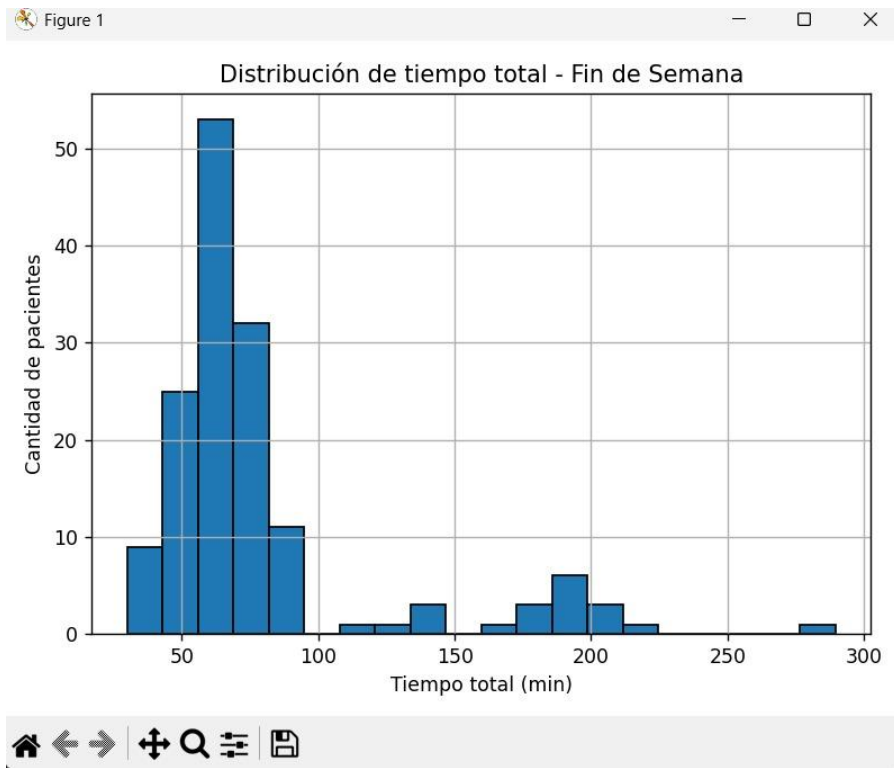
Las funciones como 'atender\_paciente', 'ver\_al\_doctor' o 'ir\_a\_triage' ayudaron a modelar el comportamiento completo del sistema. Todo fue diseñado sin clases para mantenerlo simple, pero podrían implementarse en una versión más escalable.

## 3. Escenarios evaluados

Escenario	Pacientes	Enfermeras	Doctores	Laboratorios	Rayos X
Día Normal	200	2	4	2	2
Fin de Semana	150	2	3	2	2
Fecha Festiva	250	3	5	2	2

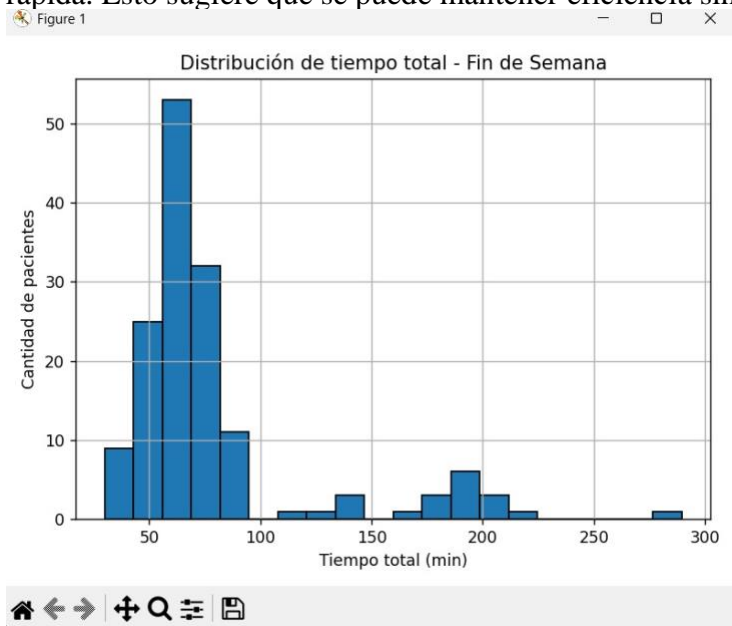
### Escenario: Día Normal

Con una configuración de 200 pacientes, 2 enfermeras, 4 doctores, 2 laboratorios y 2 rayos X, el sistema mostró un desempeño fluido. La mayoría de pacientes fueron atendidos sin esperas críticas. La gráfica muestra una distribución compacta, con tiempos promedio manejables. Este escenario refleja un equilibrio adecuado entre recursos y carga clínica.



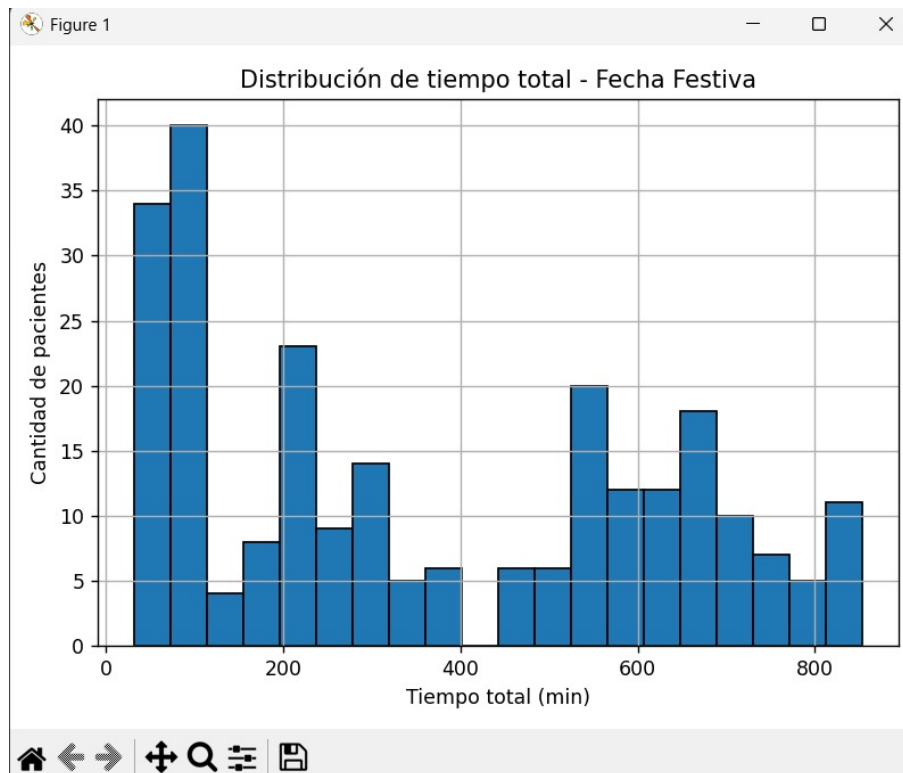
### Escenario: Fin de Semana

En este caso, el flujo se redujo a 150 pacientes, con 3 doctores y 2 enfermeras. Aunque se trabajó con menos personal, los tiempos de espera se mantuvieron dentro de un rango aceptable. La gráfica muestra menos dispersión y una curva de atención razonablemente rápida. Esto sugiere que se puede mantener eficiencia sin sobredimensionar recursos.



### Escenario: Fecha Festiva

Este fue el escenario más exigente: 250 pacientes, reforzando a 3 enfermeras y 5 doctores. Aun así, se observan tiempos de espera elevados, especialmente en rayos X. La gráfica muestra mayor dispersión, con algunos pacientes esperando más de 600 minutos. Esto evidencia que, aunque los recursos aumentaron, es necesario evaluar refuerzos adicionales o estrategias de redistribución para fechas de alta demanda.



## 4. Justificación del uso de recursos y presupuesto

Al momento de definir cuántos recursos incluir en cada escenario, no se trató únicamente de buscar la eficiencia clínica, sino también de mantener la simulación dentro de un presupuesto razonable, como sucedería en un hospital real.

Para estimar ese presupuesto, se consultaron datos aproximados de sueldos promedio y costos operativos. A continuación, se presentan los valores que se tomaron como referencia:

- Sueldo mensual promedio de un doctor en emergencias: Q18,000
- Sueldo mensual promedio de una enfermera: Q8,000
- Costo de operación de un laboratorio por turno: Q6,000
- Costo de operación de rayos X por turno: Q5,500

Los costos fueron convertidos a una estimación por jornada de trabajo simulada, considerando un turno de 8 a 12 horas, y una fracción del sueldo mensual. Este cálculo no es exacto pero sí suficientemente aproximado para tener en cuenta restricciones económicas reales.

Con base en esto, los recursos se asignaron cuidadosamente por escenario:

- Día normal: Se asignaron 2 enfermeras, 4 doctores, 2 laboratorios y 2 rayos X. Esto representa una carga económica moderada, balanceada con la demanda de 200 pacientes.
- Fin de semana: Se redujo la cantidad de doctores a 3 (ya que hay menos pacientes), pero se mantuvo el resto de recursos para garantizar continuidad operativa.
- Fecha festiva: Se reforzó el personal médico a 5 doctores y 3 enfermeras, entendiendo que la demanda es muy alta. Aun así, no se duplicaron recursos indiscriminadamente porque hacerlo significaría duplicar el presupuesto.

Este enfoque permite justificar claramente por qué no se pusieron recursos infinitos, y por qué cada decisión fue tomada con base en datos realistas y responsables.

## 5. Justificación de parámetros clínicos

Al igual que los recursos, los tiempos asignados a cada área del hospital no fueron elegidos al azar. Se definieron con base en estimaciones realistas y en información confiable, intentando representar cómo funcionaría una sala de emergencias bien organizada, sin caer en tiempos imposibles o idealizados.

Para esta simulación, se utilizaron los siguientes tiempos promedio de atención por área:

- Triage: 10 minutos
- Consulta médica con doctor: 20 minutos
- Laboratorio: 15 minutos
- Rayos X: 15 minutos

La razón por la que se eligió 10 minutos para triage es porque, aunque algunos lineamientos internacionales mencionan que este proceso puede tardar entre 30 minutos y una hora (según la saturación del hospital), también se reconoce que un triage eficiente, hecho por personal capacitado, puede realizarse de forma bastante ágil, especialmente en hospitales que cuentan con protocolos bien definidos.

En cuanto a la consulta con el doctor, se estableció un tiempo de 20 minutos, un valor que está por debajo del promedio en algunos sistemas de salud donde puede alcanzar los 30 o incluso 50 minutos. Sin embargo, esta reducción se justificó considerando que en muchos hospitales, sobre todo en emergencias, se trabaja con diagnósticos rápidos y

directos. No se busca una consulta profunda como en una clínica externa, sino tomar decisiones rápidas y efectivas.

Para el laboratorio y rayos X, se decidió utilizar un tiempo promedio de 15 minutos cada uno. Según fuentes como la Mayo Clinic y la experiencia hospitalaria general, muchos exámenes rutinarios, como hemogramas o radiografías simples, pueden realizarse en menos de ese tiempo. Por supuesto, hay pruebas que pueden tardar más, pero 15 minutos representa un buen punto medio que ayuda a modelar la carga de trabajo sin subestimar los recursos necesarios.

Estos tiempos fueron definidos tomando en cuenta referencias del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS), e informes de instituciones como Mayo Clinic. Se buscó representar un hospital funcional, donde los procesos son ágiles pero siguen siendo realistas. Elegir estos valores nos permitió equilibrar la carga de trabajo con una atención médica de calidad, y mantener la simulación dentro de un marco coherente y posible.

## 6. Conclusiones

La simulación evidenció que los tiempos de espera y la eficiencia en la atención médica están altamente ligados a la cantidad y tipo de recursos disponibles. El equipo de rayos X fue el más limitado, generando cuellos de botella en todos los escenarios. Un refuerzo específico en esa área sería beneficioso. También se observó que agregar solo un doctor más en fechas de alta demanda puede hacer una diferencia importante.

Con configuraciones bien pensadas y ajustes puntuales, se puede lograr un sistema eficiente, sin necesidad de saturar con personal adicional. El uso de prioridades clínicas y colas controladas permitió una atención más justa y realista.

## 7. Referencias

- Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS). (2023). *Puestos y salarios del personal médico*. Recuperado el 1 de abril de 2025 de [https://www.igssgt.org/wp-content/uploads/ley\\_acceso\\_info/pdf/inciso4/4puestosysalarios.pdf](https://www.igssgt.org/wp-content/uploads/ley_acceso_info/pdf/inciso4/4puestosysalarios.pdf)
- Colegio de Profesionales de Enfermería de Guatemala. (2024). *Informe final del estudio salarial del personal de enfermería con grado de licenciatura a nivel nacional*. Recuperado el 1 de abril de 2025 de <https://www.colegioprofesionaldeenfermeria.org.gt/wp-content/uploads/2024/09/INFORME-FINA-ESTUDIO-SALARIAL-DEL-PERSONAL-DE-ENFERMERIA-CON-GRADO-DE-LICENCIATURA-A-NIVEL-NA.pdf>

- Hospital Herrera Llerandi. (s.f.). *Laboratorio clínico*. Recuperado el 1 de abril de 2025 de <https://herrerallerandi.com/laboratorio-clinico-herrera-llerandi/>
- Hospital Herrera Llerandi. (s.f.). *Diagnóstico por imágenes*. Recuperado el 1 de abril de 2025 de <https://herrerallerandi.com/diagnostico-por-imagenes-herrera-llerandi/>
- PR Trial Lawyers Puerto Rico. (2022). *¿Sabe cuánto tiempo tendrá que esperar en una sala de emergencias?* Recuperado el 1 de abril de 2025 de <https://prvlaw.com/sabe-cuanto-tiempo-tendra-que-esperar-en-una-sala-de-emergencias/>
- Cadena SER. (2025, 5 de febrero). *Espera en las urgencias de un hospital de Málaga: dos horas y 50 minutos para ser atendido por médico y especialista con pruebas, según OCU*. Recuperado el 1 de abril de 2025 de <https://cadenaser.com/andalucia/2025/02/05/espera-en-las-urgencias-de-un-hospital-de-malaga-dos-horas-y-50-minutos-para-ser-atendido-por-medico-y-especialista-con-pruebas-segun-ocu-ser-malaga/>
- Mayo Clinic. (2023). *X-ray*. Recuperado el 1 de abril de 2025 de <https://www.mayoclinic.org/es/tests-procedures/x-ray/about/pac-20395303>
- OpenAI. (2025). *Respuesta generada por modelo de lenguaje ChatGPT a una consulta sobre simulación de salas de emergencia en Python y datos clínicos realistas*. Recuperado el 1 de abril de 2025, de <https://chat.openai.com/>