

## **Proyecto de fin de curso**

### **Optimización**

***Fecha de entrega: 13 de noviembre.***

***Conformación de equipos: Hasta 2 personas por equipo.***

#### **Introducción:**

Además de aplicar los conceptos vistos durante el curso, este proyecto busca que el estudiante fortalezca sus habilidades de investigación aplicada, promoviendo la búsqueda autónoma de información técnica, científica y contextual.

En este proyecto se desarrollará una aplicación interactiva que implemente un modelo de enrutamiento multiflujo (multi-commodity flow) sobre una red vial real obtenida mediante *OSMnx*. El área de estudio corresponderá aproximadamente a 1 kilómetro cuadrado —representado como un cuadrado de  $1 \times 1$  km o un círculo de radio  $\approx 560$  metros— centrado en el punto geográfico definido por cada estudiante.

#### **Contexto**

En los sistemas de atención prehospitalaria, cada minuto de respuesta puede ser determinante para la vida del paciente. En sectores urbanos de alta densidad, la congestión vial, la disponibilidad limitada de ambulancias y los costos asociados al desplazamiento representan un desafío logístico importante.

Este proyecto propone desarrollar un modelo de optimización multiflujo que permita determinar las rutas óptimas de ambulancias en escenarios de emergencias simultáneas, considerando tres tipos de severidad de atención: Leve, Media, Crítica.

El área de estudio será un cuadrante urbano de aproximadamente  $1 \text{ km}^2$  que cada estudiante seleccionará, con una “base de ambulancias” (nodo de origen) y varios puntos aleatorios donde se simulan los incidentes (nodos de destino). Cada ambulancia debe partir desde una base y llegar al punto del evento en el menor tiempo posible, respetando las capacidades de las vías.

## **Planteamiento del Problema**

El sistema actual de despacho de ambulancias suele basarse en estimaciones o asignaciones manuales, sin un criterio optimizado que considere simultáneamente el tiempo de viaje, la prioridad clínica y el costo operativo. Esto puede generar ineficiencias en el uso de los recursos de emergencia, tiempos de respuesta elevados y un gasto excesivo de combustible y personal.

El reto de este curso consiste en diseñar un modelo matemático de optimización de rutas que, con base en una red vial real (obtenida con OSMnx), determine las rutas óptimas para distintos tipos de emergencias, asignando a cada incidente una ambulancia adecuada y considerando que:

- Cada tipo de urgencia (leve, media o crítica) tiene una prioridad distinta.
- Cada tipo de ambulancia implica un costo operativo diferente (personal médico, equipamiento, insumos), configurable en la interfaz gráfica. La ambulancia se debe asignar según el tipo de urgencia (leve=ambulancia de transporte simple, media=ambulancia de cuidados intermedios, crítica= ambulancia de cuidados críticos).
- Las calles poseen capacidades limitadas que restringen el flujo simultáneo de vehículos, en este caso se deberá asignar una velocidad aleatoria a cada calle entre un rango  $[C_i^{\min}, C_i^{\max}]$ , configurable por el usuario.
- Para cada flujo se planteará una velocidad requerida para hacer el recorrido ( $R_i$ ): valores generados aleatoriamente entre un rango  $[R_i^{\min}, R_i^{\max}]$ , que deberán ser configurables por el usuario a través de la interfaz.

## **Requisitos de interactividad de la aplicación:**

- Botón “Recalcular flujos”, que ejecute nuevamente el modelo con las condiciones actuales.
- Botón “Recalcular capacidades”, para regenerar los valores de capacidad de las vías.
- Controles de configuración para modificar los parámetros  $R_{\min}$ ,  $R_{\max}$ ,  $C_{\min}$  y  $C_{\max}$ .
- La aplicación deberá mostrar un mapa con las rutas calculadas para cada flujo, indicando de manera visual:
  - El origen

- o Los destinos
- o El recorrido de cada flujo o tipo de mercancía.
- o El requerimiento de cada flujo (velocidad).
- o La capacidad (velocidad máxima) de cada vía utilizada por flujo.
- Los controles adicionales que el estudiante considere necesarios.
- **NOTA:** Todos los valores configurables en la interfaz gráfica deberán tener un valor configurado por defecto.

## Objetivo General

Diseñar una aplicación que incluya un modelo de optimización multiflujo que minimice el costo total de respuesta de ambulancias en emergencias médicas urbanas, considerando el tiempo de viaje y los costos operativos diferenciados por tipo de ambulancia.

## Entregables

1. Script o notebook en Python con el modelo implementado (OSMnx + PuLP).
2. Aplicación interactiva en Streamlit con funciones de configuración y presentación de mapa y resultados.
3. Informe técnico con:
  - o Descripción de la zona y datos.
  - o Formulación matemática.
  - o Procedimiento para la solución
  - o Presentación de resultados obtenido en al menos 3 escenarios definidos por el estudiante.
4. Repositorio GitHub/Colab con código limpio, comentarios y dependencias (requirements.txt).
5. Aplicación desplegada (link streamlit.io).

## Rúbrica de evaluación

| Dimensión  | Peso | Indicadores   |
|--|------|---|
| Modelado y formulación matemática  | 30 % | Correcta definición de variables, restricciones y función objetivo. |
| Implementación computacional de la solución del problema de optimización | 25 % | Solución del problema usando PuLP.                                  |
| Despliegue de la aplicación  | 20 % | Usabilidad de la aplicación.  |

| <b>Dimensión</b>                    | <b>Peso</b> | <b>Indicadores</b>                            |
|-------------------------------------|-------------|---|
| (streamlit + streamli.io)           |             |   |
| Documentación y presentación final  | 15 %        | Calidad, claridad, y completitud del informe. |
| Sustentación individual del trabajo | 10 %        | Capacidad para explicar el trabajo realizado. |