



Laboratorio Parcial N°2 2025-20

1. Ruta más corta

La organización logística MedSupply LATAM lidera una red avanzada de abastecimiento médico que conecta centros de distribución y hospitales estratégicos en América Latina. Esta red multimodal de transporte —que incluye rutas terrestres, aéreas y fluviales— ha sido diseñada para responder a emergencias sanitarias y brotes epidemiológicos mediante entregas rápidas y controladas.

Cada trayecto depende de condiciones logísticas específicas, como el estado del clima, la disponibilidad horaria de las ciudades, la autonomía operativa de cada estación en la ciudad, y la presencia de capacidad refrigerada para el transporte de vacunas.

El Centro de Comando de MedSupply ha solicitado una operación de distribución urgente para sostener la cadena de frío en diversas regiones afectadas. Usted ha sido designado como Coordinador de Operaciones Críticas para liderar esta misión. Dispone de un archivo Excel titulado “**Plantilla**”, con las siguientes hojas:

- **Punto1_Ciudades:** nombre de la ciudad, tipo de transporte disponible (terrestre, aéreo, fluvial) y su nivel de autonomía (Alta, Media, Baja).
- **Punto1_Rutas:** describe las rutas con atributos como:
 - Medio de transporte: Camión, Avión, Barco
 - Clima actual: Estable, Inestable, Tormenta
 - Ventana horaria activa: intervalo de horas en que se puede transitar (ej. 5–18)
 - Refrigeración disponible: Sí / No
 - Capacidad máxima del tramo: en kilogramos
 - Distancia estimada: en kilómetros
 - Tiempo estimado: en horas

Las siguientes condiciones deben cumplirse para que una ruta sea considerada válida dentro del sistema:

1. Las rutas no pueden ser utilizadas si el clima es “Tormenta”, sin importar el tipo de transporte.
2. Rutas cuya ventana horaria sea menor a 8 horas disponibles se consideran no operativas y deben ser descartadas.
3. El transporte de vacunas debe realizarse exclusivamente en rutas con refrigeración disponible.
4. El trayecto completo no puede incluir más de una estación con autonomía baja, ya que estas no garantizan condiciones de transferencia seguras.

- Si el envío excede la capacidad máxima de la ruta, se aplica una penalización del 15% adicional al costo de esa ruta.

La operación busca minimizar el costo logístico total de cada ruta. Para cada tramo consecutivo (i,j), el costo se calcula con la siguiente fórmula:

$$Costo_{ij} = \$10 \times Distancia_{ij} + 100 \times TipoTransporte_{ij}$$

donde:

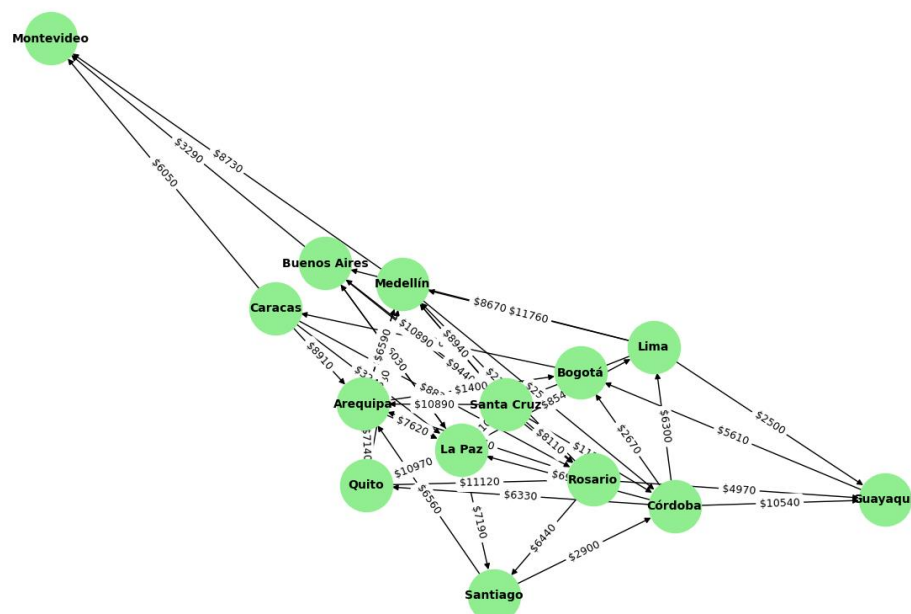
- TipoTransporte = 1 si es camión
- TipoTransporte = 1.5 si es barco
- TipoTransporte = 2 si es avión

Notas:

- En el caso de empate en costo, el criterio de elección es el de menor tiempo total.
- Cada caja de vacunas tiene un peso de 20 kg

1.1 Diseñar un grafo dirigido que represente la red completa de **todas** rutas disponibles, donde las ciudades serán los nodos y las rutas los arcos. Asegúrese de que en cada arco se calcule y muestre explícitamente el costo logístico total del trayecto. Insertar la imagen del grafo generado en el inciso correspondiente.

Red logística MedSupply LATAM – Todas las rutas disponibles



1.2 El Centro de Distribución de Bogotá debe enviar urgentemente cinco cajas de vacunas al Hospital Regional de Quito, debido a un brote epidémico en dicha ciudad. Por requerimientos sanitarios, el envío debe pasar obligatoriamente por la estación de Medellín para validación de cadena de frío y documentación.

Encuentre el trayecto de menor costo. Reporte costo total del trayecto, la distancia total recorrida y el tiempo total que tomaría realizar la entrega. Para esto tenga en cuenta estas consideraciones definidas en el enunciado.

Ruta	Bogotá → Caracas → Arequipa → Medellín → Córdoba → Quito
Distancia (km)	3129
Costo	33809
Tiempo de viaje (horas)	83.96

1.3 Desarrollar un pseudocódigo que modele la selección de la mejor ruta de menor costo entre estaciones dentro de la red logística de MedSupply LATAM. El algoritmo debe calcular el costo total acumulado de cada trayecto y determinar tanto el tiempo estimado como la distancia total necesaria para realizar la entrega.

El pseudocódigo debe garantizar una selección eficiente de la mejor ruta en función del costo logístico, respetando las condiciones impuestas por los protocolos operativos definidos en el enunciado y que, en caso de empate en el costo total de dos o más rutas, se deberá seleccionar aquella que presente el menor tiempo total estimado.

El pseudocódigo debe estar claramente estructurado y redactado de forma que pueda ser implementado fácilmente en un lenguaje de programación como Python.

2. Ruteo

La empresa Frío Express S.A. se encarga de distribuir productos lácteos en la zona centro del país. Su operación consiste en la entrega de mercancías desde un depósito central (nodo 0) hacia los clientes (nodos 1–7). La compañía opera en Colombia, donde, según el INVIAS, actualmente existen cerca de 182 peajes activos. Este dato resulta relevante, ya que las tarifas de los peajes afectan directamente los costos de operación.

La red de transporte incluye tramos con distintas distancias y presencia de peajes, dependiendo del sentido en que se recorra. En el contexto nacional, también es ampliamente reconocido que la

conectividad entre regiones no es óptima; para Frío Express S.A., esto implica que algunos pares de clientes no cuenten con carreteras que los conecten. Estas ausencias de conexión se representan como inf en la Tabla 1.

La gerencia de operaciones solicita al equipo de analítica planear rutas eficientes que minimicen los costos de operación. El costo por hora corresponde a la bonificación asignada al conductor. Por otra parte, la operación de cargue y descargue es altamente eficiente, por lo que no se consideran tiempos asociados a estas actividades (se asumen irrelevantes para el modelo). Finalmente, para simplificar el análisis, se adopta un valor estándar para el costo de cada peaje, fijado en \$8.500 pesos.

Coloque los entregables en la hoja “Respuestas” del archivo Plantilla.xlsx:

	0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	99	150	145	76	167	96	88
1	99	0	114	91	24	inf	112	inf
2	150	114	0	inf	48	95	142	89
3	145	91	inf	0	129	134	inf	96
4	76	24	48	129	0	133	inf	111
5	167	inf	95	134	133	0	85	91
6	96	112	142	inf	inf	85	0	inf
7	88	inf	89	96	111	91	inf	0

Tabla 1. Tabla de distancias en Km.

Parámetros de costo.

- Costo por km: 1.200 COP/km
- Costo por hora (conductor): 700 COP/h
- Velocidad promedio: 30 km/h
- Costo por peaje: 8.500 COP/peaje

	0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	3	0	0	0	1	0
1	1	0	0	1	0	1	0	0
2	1	4	0	1	1	0	0	0
3	4	1	4	0	1	0	1	3
4	3	1	1	1	0	2	0	1
5	1	1	2	1	2	0	1	2
6	5	1	1	inf	1	3	0	inf

7	3	1	3	4	4	1	inf	0
---	---	---	---	---	---	---	-----	---

Tabla 1. Tabla de peajes por nodo.

2.1 Realice la planeación de la ruta utilizando la herramienta VRP Spreadsheet Solver. Tenga en cuenta que se dispone de un único vehículo capaz de visitar todos los nodos. Reporte la mejor solución obtenida dentro de un límite de tiempo de 60 segundos, indicando la ruta final así como el costo total de operación.

Ruta	0-7-3-1-4-2-5-6-0
Distancia (km)	623
Costo	864136,67

2.2 Elabore un pseudocódigo que modele el proceso de selección de las rutas de menor costo dentro de la red de transporte, considerando las restricciones previamente definidas. El pseudocódigo debe estar estructurado en tres fases:

- a. Diseño del algoritmo:** describa la lógica general que permitirá representar la red, calcular las distancias de los trayectos y contemplar las condiciones impuestas.
- b. Ejecución del algoritmo:** muestre cómo se desarrolla el procedimiento de búsqueda y selección de las rutas, haciendo evidente el funcionamiento iterativo de la técnica elegida.
- c. Reporte de la solución:** indique de manera general cómo se presentará el resultado.

2.3 Implemente una solución para el problema de Frío Express S.A. teniendo en cuenta que el objetivo de la compañía es minimizar los costos de operación. Reporte la ruta y el costo resultante. Compare la solución obtenida en este punto con las rutas que asignó en el literal 2.1.

Ruta	0-7-3-5-2-4-1-6-0
Distancia (km)	645
Costo	958270

2.4 La empresa Frío Express necesita saber el ahorro total de la solución que usted ha implementado, respecto a la forma en que estabas haciendo sus despachos anteriormente, la cual consistía en hacer una ida y vuelta para cada uno de los clientes.

Ahorro	1.237.433,33
---------------	--------------



2.5 La empresa Frío Express ahora cuenta con una flota de camiones eléctricos, los cuales usan como punto de recarga el depósito ante la falta de estaciones de recarga en medio de sus trayectos. Realice la programación sabiendo que cada camión tiene una autonomía de 500 km antes de necesitar recargar su batería para continuar las entregas. Puede hacer uso de cuantos camiones necesite de la flota.

Ruta	0-6-5-2-4-0
Distancia (km)	400
Costo	574333,33

Ruta	0-7-3-1-0
Distancia (km)	374
Costo	508526,67