



Ruta Óptima: Reforestación

Raúl Correa Ocañas A01722401

Diego Armando Mijares A01722421

Diego Olalde Tristán A01612555

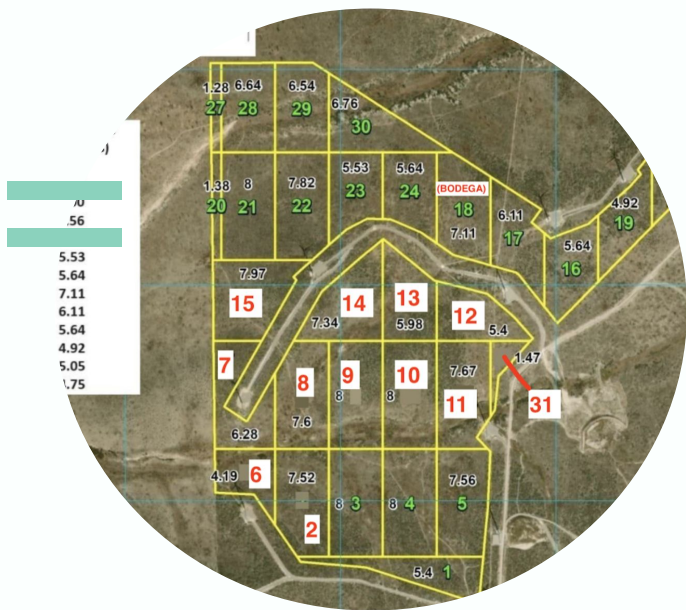
Ana Paola Gallegos A01571727

Ana Camila Saavedra A01252957

INTRODUCCIÓN

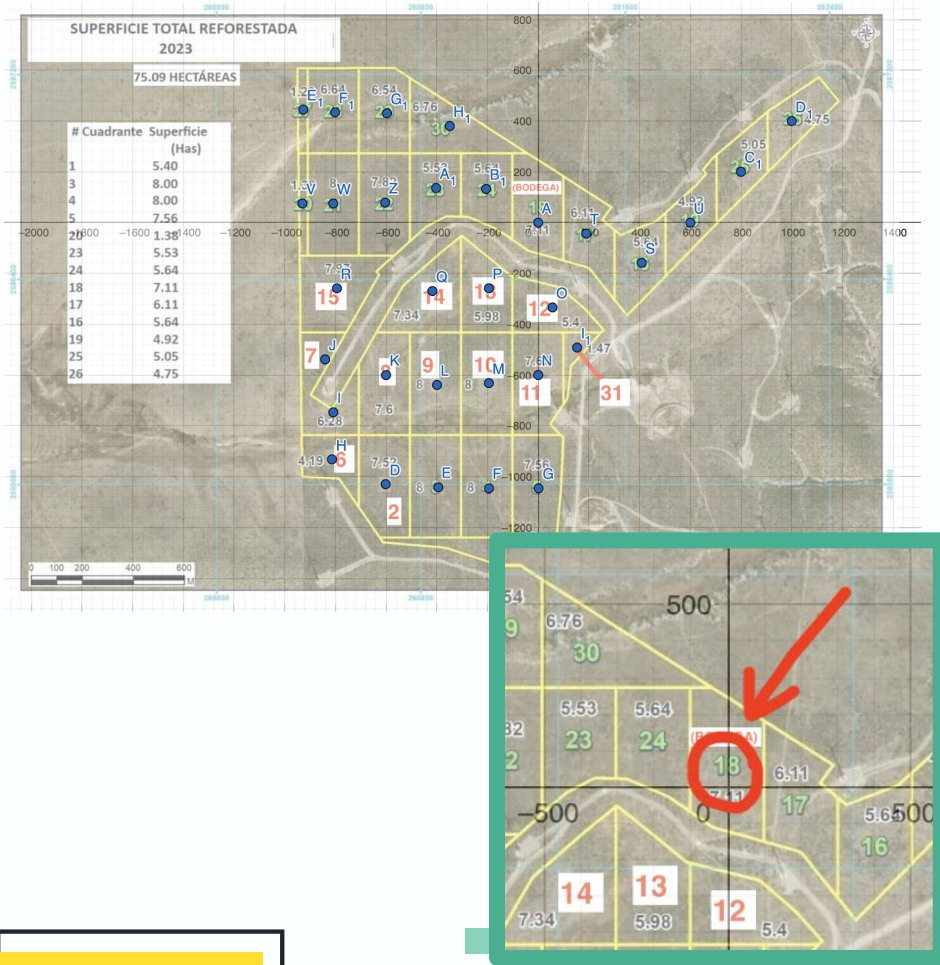
PROBLEMA

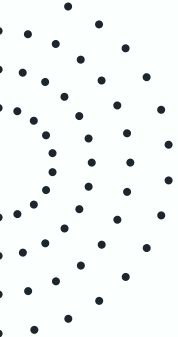
- Necesidad de crear algoritmo que permita la asignación y envío de plantas a diversos polígonos
- Optimizar tiempos de recorrido / distancia
- Disminuir costos asociados
- Tener mejor control de las plantas a sembrar



Supuestos

- Centroides en cada nodo a visitar
- Enumeración de polígonos no visitados
- Camión comparte el volumen de lo que cabe en una hectárea
- Bodega: Nodo 18
- 30 min de descarga por nodo en el que se detenga el camión
- Velocidad de camión: 10 km/h en cualquier dirección
 - Lo que permite calcular el volumen de cada planta dividiendo por 516
 - El volumen mínimo de aquellas que viajan en rejas son la cantidad que caben en reja dividido en 516





Metodología





Parámetros

- ◆ ● **n** : Número de nodos representando los polígonos en el mapa.
- ◆ ● **V**: Conjunto de nodos del grafo, donde cada nodo representa un punto en el mapa.
- ◆ ● **A** : Conjunto de arcos que describen las conexiones entre los nodos del grafo.
- ◆ ● **b**: Índice del nodo que representa la base. (Punto de partida y llegada)-
- ◆ ● **r** : Tiempo de permanencia en cada nodo destino.
- ◆ ● **v** : Velocidad de transporte. (10km/h, constantes).
- ◆ ● **M** : Número máximo de nodos que pueden ser visitados.
- ◆ ● **h** : Horas laborados en un turno.





x_{ij} : Variable binaria que indica si se utiliza el arco (i, j) en la ruta..

$$x(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{arco } (i, j) \text{ utilizado} \\ 0 & \text{arco } (i, j) \text{ no utilizado} \end{cases}$$

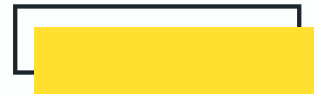
u_i : Número de ciudades visitadas antes de llegar al nodo i .

d_{ij} : Representa la distancia entre los nodos i y j en el espacio euclidiano.

m : Número de turnos que deben completarse en la jornada laboral.

Variables

Para la modelación completa



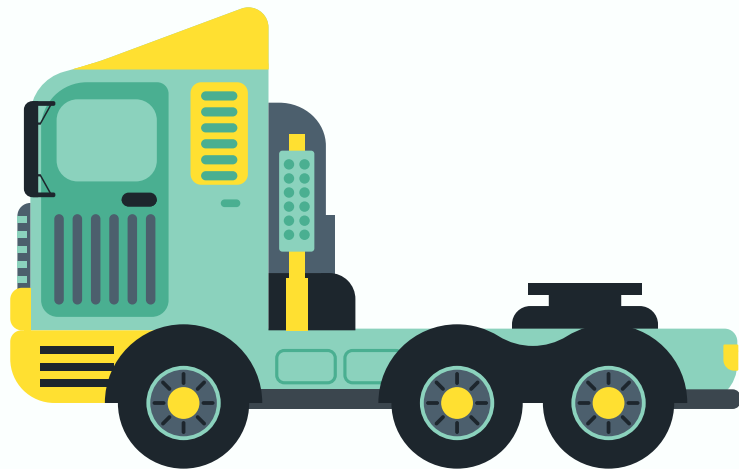


Modelaje

Método utilizado:

Problema del Viajante (TSP)

- **“Problema del Agente Viajero”,** encontrar la ruta más corta y, al mismo tiempo, la más eficiente, para llegar a un destino.
- Incluye nodos representando destinos. Y una función objetivo que busca minimizar la distancia.



Restricciones

$$\left(\sum_{j \in V, j \neq b}^n x(1, j) = m \right) \wedge \left(\sum_{i \in V, i \neq b}^n x(i, 1) = m \right)$$

Restricción que asegura que cada nodo, a excepción de la base debe ser el origen de exactamente una ruta y el destino de una.

$$\sum_{j \in V, j \neq b}^n x(i, j) = 1, \forall i \neq b \in \{1, \dots, n\}$$

Restricción para asegurar que cada nodo sea origen de algún movimiento.

Restricciones

$$\sum_{i \in V, i \neq b}^n x(i, j) = 1, \forall j \neq b \in \{1, \dots, n\}$$

Restricción para asegurar que cada nodo sea origen de algún movimiento.

$$u(i) + 1 \leq u(j) + M(1 - x(i, j))$$

Eliminación de subviajes

Asegura que no haya subviajes, siendo M el número máximo de nodos que pueden ser visitados.

$$\sum_{(i,j) \in A} t(i, j) x(i, j) \leq rm$$

Límite de tiempo

El tiempo total de trabajo de todos los viajantes no exceda el producto de las horas de una jornada laboral.

Función Objetivo

$$\min \left\{ z = \sum_{(i,j) \in A} t(i,j) x(i,j) \right\}$$

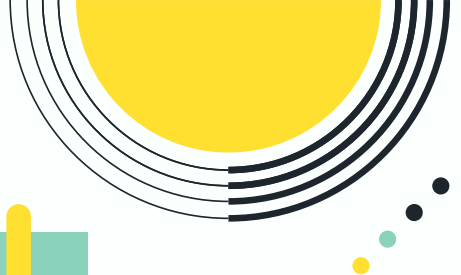
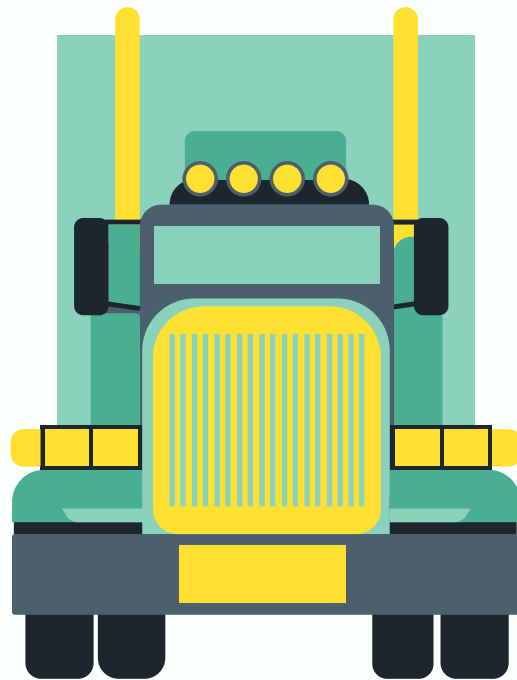


- Objetivo: minimizar z , que es la suma de los tiempos ($t(i,j)$) de todos los arcos utilizados por los viajeros.
- $t(i,j)$ representa el viaje entre el nodo i y j .
- Variable binaria positiva $x(i,j)$, la cual representa la decisión de tomar la acción del nodo i al nodo j .
- Encontrar ruta más óptima.



Resultados

Diferentes tablas
expresando los
resultados





Optimalidad de Variantes mTSP



Variante	Tiempo (horas)	Distancia (km)	Ejecución (segundos)	Iteraciones	Nodos
TSP Tradicional (m=1)	16.358	8.58	4.239	28779	2393
TSP Multiple (m=2)	16.891	8.93	1.793	29948	2819
TSP Multiple (m=3)	17.430	9.32	3.360	38155	2462





Análisis de Resultados

- Tiempo de ejecución, expansión e iteraciones similares, mTSP levemente mayor.
- Caso ideal (sin limitación de tiempo ni demanda), la tarea se puede realizar en 16.3 horas.
- Caso aplicado (limitaciones presentes), 3 turnos de 5.8 horas.

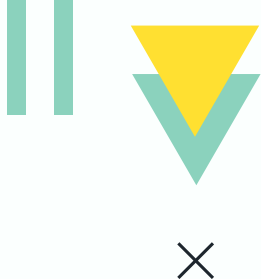


Consideraciones y Mejoras

- Combinación de modelos mTSP con TSPDL.
- Comparativa con algoritmos metaheurísticos.



Especificaciones de Dispositivo



Device name	LAPTOP-3OHSRVV1
Processor	Intel(R) Core(TM) i3-10110U
CPU	2.10GHz 2.59 GHz
Installed RAM	8.00 GB (7.84 GB usable)
System type	64-bit operating system, x64-based processor



Gracias!
Dudas?