

Optimización de planes de viaje turísticos

Ángel Azahel Ramírez Cabello - A01383328

Annette Pamela Ruiz Abreu - A01423595

Franco Mendoza Muraira - A01383399

Jorge Raúl Rocha López - A01740816

CONTENIDO

01

INTRODUCCIÓN

02

ANTECEDENTES

03

OBJETIVO

04

MODELACIÓN

05

RESULTADOS

06

CONCLUSIONES

01

INTRODUCCIÓN



Turismo en México:

La Organización Mundial del Turismo de las Naciones Unidas (OMT) estimó que las llegadas de turistas cayeron un 74 % en el 2020 respecto al año anterior. Tras el fin de la pandemia, el turismo ha regresado y las personas están desesperadas por salir de sus casas. Según estimaciones gubernamentales, el PIB turístico de México, que antes de la pandemia representaba un 8.6% de la economía nacional, representará el 8.3% en el 2022.

ANTECEDENTES

02



Para resolver el problema de planificación de rutas de viajes turísticos existen casos similares que resuelven las distintas condiciones que afectan la satisfacción del viaje, desde diferentes puntos de vista, siendo el más conocido el problema del agente viajero o TSP por sus siglas en inglés, "...hace referencia a la problemática de encontrar la ruta más corta y, al mismo tiempo, la más eficiente, para llegar a un destino."

Junto con los anteriores problemas conocidos, también existe uno que considera de forma más específica el modelo matemático del viaje de un turista, llamado Tourist Trip Design Problems (TTDP), en el cual un agente desea conocer la mayor cantidad de sitios de interés bajo la restricción de su periodo de estancia. "En el TTDP se busca obtener las rutas de más provecho posible sin sobrepasar los límites, así que se enfocan en maximizar la satisfacción o beneficio que se obtiene al visitar los puntos".

Otra representación del problema, es el CVRP , "el cual consiste en encontrar rutas, cada una asignada a un vehículo con el mínimo de costo posible para que satisfaga a todos los clientes. Además de que tiene restricciones como que cada ruta debe de comenzar y terminar en el centro de distribución, cada cliente es visitado a lo más una vez y que la suma de las demandas de los clientes no supere a la capacidad del vehículo"

(Ávila. S, 2005)

03

OBJETIVO

Se desea desarrollar un algoritmo siguiendo la metodología de programación lineal para optimizar los recursos disponibles de un turista durante su viaje y maximizar con ellos su satisfacción al final del recorrido, claramente esta meta podría variar dependiendo de los gustos y disponibilidad del usuario, pero el entorno de variables sería el mismo considerando la localización de los sitios de interés y los costos de traslado.



CIUDAD DESTINO:

Guadalajara



ORIGEN Y DESTINO

Hotel The Westin

Lugares turísticos

1. Tequila Tres Mujeres
2. Ajijic
3. Tlaquepaque
4. Bosque Los Colomos
5. Zoológico Guadalajara
6. Acuario Michin
7. Cascada Los Azules Tequila
8. Ribera De Chapala
9. Mazamitla
10. Museo de Cera
11. MUSA Museo de las Artes
Universidad de Guadalajara
12. Museo Panteón de Belén
13. Rotonda de los Jaliscienses
Ilustres
14. Hospicio Cabañas
15. Mercado Libertad - San Juan de
Dios
16. Teatro Degollado
17. Catedral de Guadalajara
18. Palacio de Gobierno del Estado
de Jalisco
19. Plaza Tapatía
20. Plaza de Armas



ESPECIFICACIONES



TIEMPO DISPONIBLE

12 HORAS



PRESUPUESTO

\$ 5 000



DÍAS

2



LUGARES OBLIGATORIOS

- Tequila
- Museo de Cera
- MUSA Museo de las Artes Universidad de Guadalajara
- Museo Panteón de Belén
- Rotonda de los Jaliscienses Ilustres
- Hospicio Cabañas
- Mercado Libertad - San Juan de Dios
- Teatro Degollado
- Catedral de Guadalajara

04

MODELACIÓN

TSP, CVRP, CVRP múltiple



Conjuntos

$$i \in V : 1, 2, \dots, n$$

$$i = j$$

- n : numero de nodos (lugares turísticos)
- $A(i, j) \quad i \in V, j \in V$, arcos

Parámetros

- T_{ij} Costo en tiempo de ir de i a j (tiempo en minutos)
- r_i Tiempo de recorrido en el lugar i

Variables

- X_{ij} variable binaria para saber si se tomó la ruta de i a j
- X_{ij} , igual a 1 si se asigna $A(i, j)$, igual a 0 en otro caso

$$\min \sum_i^n \sum_j^n X_{ij} * (T_{ij} + r(i))$$

Modelo 1 TSP

Restricciones

- R1:

$$\sum_j^n X_{ij} = 1, \forall i \neq j \in V$$

- R2:

$$\sum_i^n X_{ij} = 1, \forall j \neq i \in V$$

- R3:

$$U_i - U_j + nX_{ij} \leq n - 1, \forall i, j, 2 \leq i \neq j \leq n$$

Best possible:	4948.000000
Absolute gap:	0.000000
Relative gap:	0.000000

Para recorrer todos los lugares turísticos necesitaríamos 4948 minutos (82 horas \approx 4 días)

Modelo 2

CVRP

Conjuntos

$i \in V : 1, 2, \dots, n$

$i = j = h$

- n : número de nodos (lugares turísticos)

- $A(i, j) \quad i \in V, j \in V$, arcos

Parámetros

- T_{ij} = tiempo en minutos para llegar de i a j

- d_{ij} = duración de la visita en el lugar j

- T_{max} = tiempo máximo para visitar los lugares

- D_{ij} = distancia entre nodo i y j

- o_i = variable binaria, 1 si es obligatorio ir al lugar, 0 si no lo es.

- p_{ij} = precio fijo de ir a ese lugar (costos de entrada)

- Pr = presupuesto

- S = nodo origen

- D = nodo destino

VARIABLES

- X_{ij} = variable binaria para saber si se tomó la ruta de i a j

- X_{ij} , igual a 1 si se asigna $A(i, j)$ igual a 0 en otro caso

- T_j = tiempo en el nodo j

- R1:

$$X_{ij} = 0, \forall i, j, i = j$$

- R2:

$$\sum_j^n X_{ij} = 1, \forall i, i = S$$

debe salir del origen

- R3:

$$\sum_i^n X_{ij} = 1, \forall j, j = D$$

debe llegar al destino

- R4:

$$\sum_i^n X_{ij} = \sum_h^n X_{jh}, \forall j, j \neq S \text{ and } j \neq D$$

- R5:

$$T_j = 0, \forall j, j = S$$

flujo

- R6:

$$T_j = \sum_i^n X_{ij} * (T_i + T_{ij}), \forall j, j \neq S$$

$$\min \sum_i^n \sum_j^n X_{ij} * (T_{ij} + d_{ij})$$

mínimo de tiempo

- R7:

$$\sum_i^n \sum_j^n X_{ij} * (T_{ij} + d_{ij}) \geq T_{max}$$

máximo de tiempo

- R8:

$$\sum_i^n \sum_j^n X_{ij} * (T_{ij} + d_{ij}) \leq T_{max} + 90$$

visitar lugares obligatorios

- R9:

$$\sum_i^n X_{ij} \geq o_i, \forall j, j \neq D$$

presupuesto

- R10:

$$\sum_i^n \sum_j^n X_{ij} * (p_{ij} + (D_{ij}/10) * 22) \leq Pr$$

solo puedes visitar el lugar una vez

- R11:

$$\sum_i^n X_{ij} \leq 1, \forall j, j \neq D$$

Modelo 3

CVRP múltiple

Conjuntos

$$i \in V : 1, 2, \dots, n \quad i = j = h$$

$$r \in R : 1, 2, \dots, k$$

- n : número de nodos (lugares turísticos)

- $A(i, j) \quad i \in V, j \in V$, arcos

- r : número de días de vacaciones

Parámetros

- T_{ij} = tiempo en minutos para llegar de i a j

- d_{ij} = duración de la visita en el lugar j

- T_{max} = tiempo máximo para visitar los lugares

- D_{ij} = distancia entre nodo i y j

- o_i = variable binaria, 1 si es obligatorio ir al lugar, 0 si no lo es.

- p_{ij} = precio fijo de ir a ese lugar (costos de entrada)

- Pr = presupuesto

- v = días de vacaciones

- S = nodo origen

- D = nodo destino

Variables

- X_{ijr} = variable binaria para saber si se tomó la ruta de i a j en el día r

- X_{ijr} , igual a 1 si se asigna $A(i, j)$ en el día r , igual a 0 en otro caso

Restricciones

- R1:

$$X_{ijr} = 0, \forall i, j, r, i = j$$

- R2:

$$\sum_j^n X_{ijr} = 1, \forall i, r, i = S$$

- R3:

$$\sum_i^n X_{ijr} = 1, \forall j, r, j = D$$

- R4:

$$\sum_i^n X_{ijr} = \sum_h^n X_{jhr}, \forall j, r, j \neq S \text{ and } j \neq D$$

- R5:

$$t_{jr} = 0, \forall j, r, j = S$$

- R6:

$$t_{jr} = \sum_i^n X_{ijr} * (t_{ir} + T_{ij}), \forall j, r, j \neq S$$

- R7:

$$\sum_i^n \sum_j^n \sum_r^n X_{ijr} * (T_{ij} + d_{ij}) \geq T_{max} * v$$

- R8:

$$\sum_i^n \sum_j^n \sum_r^n X_{ijr} * (T_{ij} + d_{ij}) \leq (T_{max} + 90) * v$$

- R9:

$$\sum_i^n X_{ijr} \geq o_i, \forall j, j \neq D$$

- R10:

$$\sum_i^n \sum_r^n X_{ijr} \leq 1, \forall j, j \neq D$$

- R11:

$$\sum_i^n \sum_j^n \sum_r^n X_{ijr} * (p_{ij} + (D_{ij}/10) * 22) \leq Pr$$

05

Resultados

CVRP, CVRP múltiple



CVRP

En el CVRP normal hicimos manualmente las rutas para cada día; es decir, hicimos uno, después borramos los nodos visitados e hicimos la ruta para el siguiente día.



DÍA 1

Nodos Obligatorios:

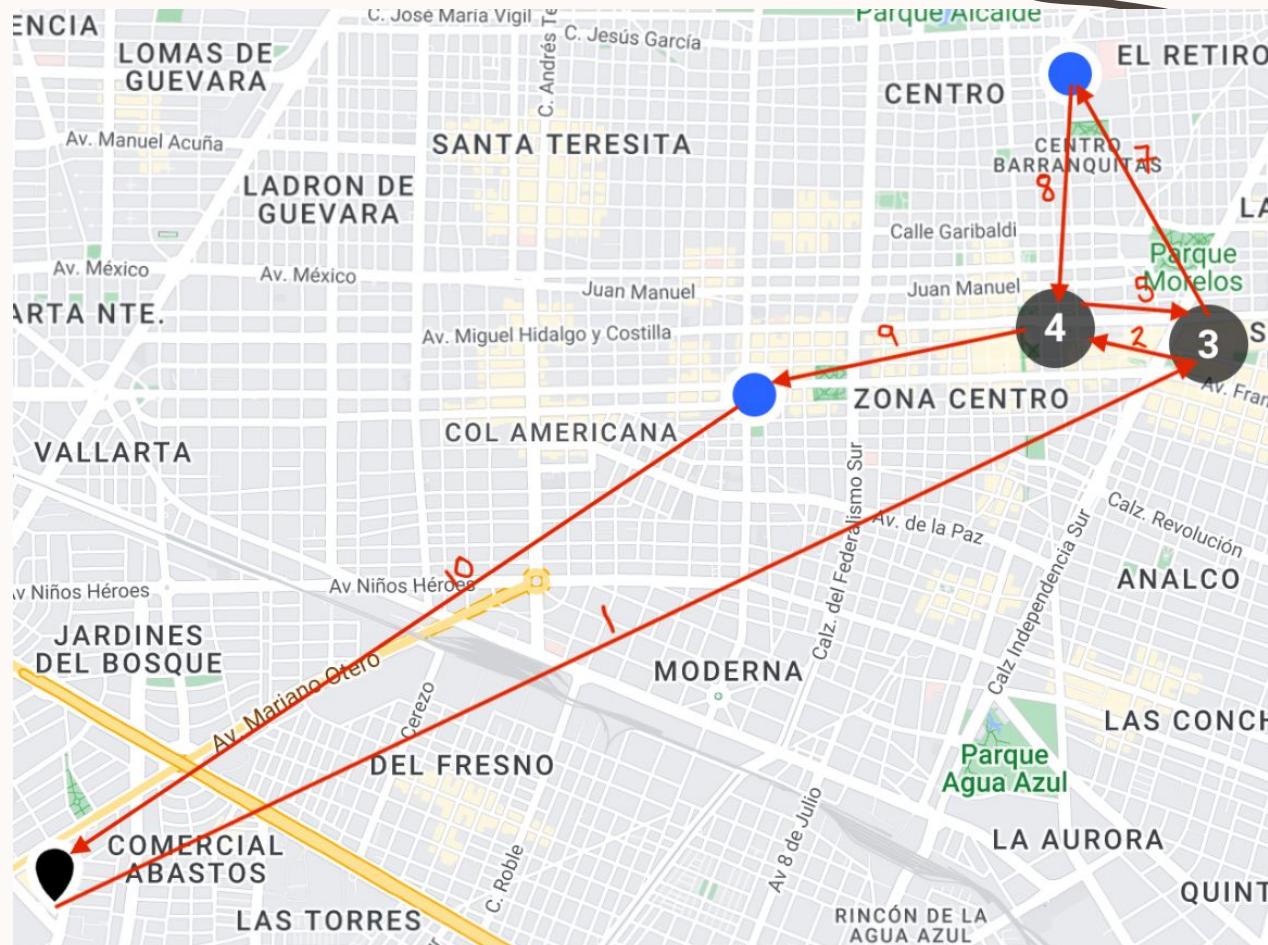
2, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18

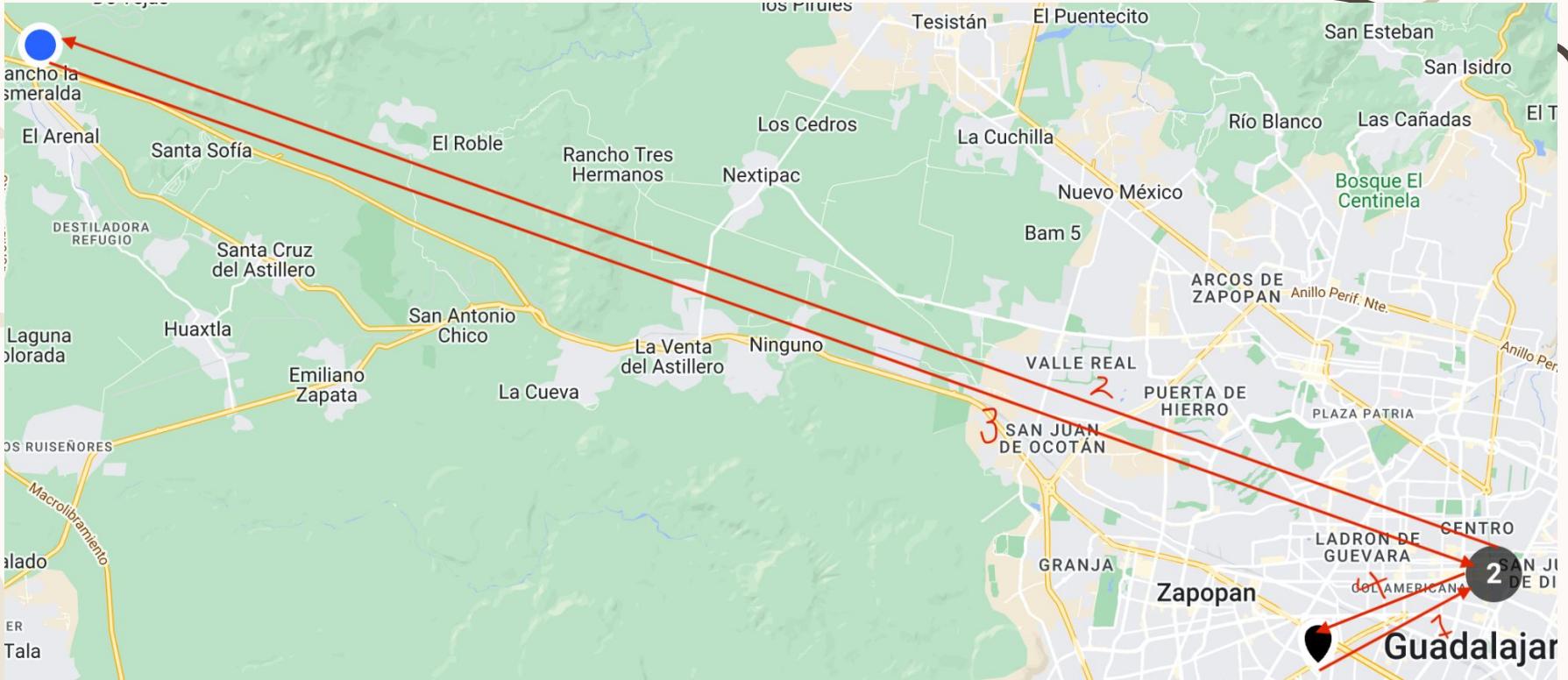
Ruta

1 - 16 - 11 - 17 - 18 - 20 - 15 - 13 - 14 - 12 - 1

Costo: 720 minutos = 12 horas

Presupuesto: \$ 1901.8





DÍA 2

Ruta
1 - 19 - 2 - 21 - 1

Presupuesto total: **\$3790.92**

Costo: 721 minutos = 12 horas
Presupuesto: \$ 1889.12

CVRP Múltiple

En el modelo de CVRP múltiple el programa incluye un nuevo subíndice para identificar el día .



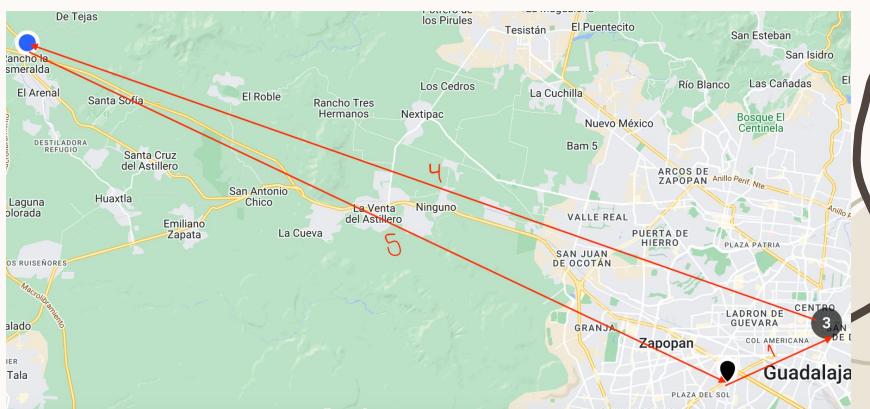
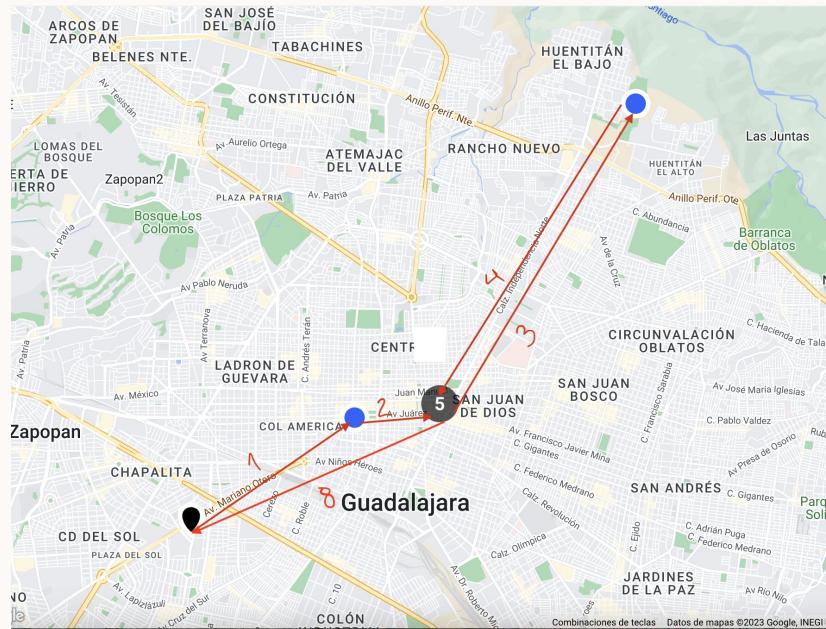
Nodos obligatorios:
2,11,12,13,14,15,16,17,18

Costo: 1440 minutos = 24 horas / Cada día 12 horas

Presupuesto total: **\$3974.03**

Ruta día 1:
1 - 12 - 14 - 6 - 16 - 11 - 18 - 15 - 1

Ruta día 2:
1 - 19 - 17 - 13 - 2 - 21



Días 1 y 2 (prueba 2):

Nodos obligatorios:

2,11,12,13,14,15,16,17,18

Costo: 1440 minutos = 24 horas / Cada día 12 horas

Presupuesto total: **\$4383**

Ruta día 1:

1 - 15 - 14 - 10 - 19 - 17 - 20 - 13 -
11 - 18 - 2 - 21

Ruta día 2:

1 - 12 - 16 - 21



A large, stylized illustration of a human brain in profile, rendered in light beige and dark brown outlines, occupies the background of the slide.

06

CONCLUSIONES

01

Ventanas
de tiempo

02

Limitaciones del
modelo

03

Otros objetivos
(felicidad,
cantidad de
lugares, etc)

04

El costo de viaje
podría haber sido
lo principal

05

Software y
hardware
utilizado

06

Adaptabilidad a
un escenario real

Referencias:

- Babii, A., & Nadeem, S. (2021, 24 febrero). *El turismo en el mundo tras la pandemia*. IMF. Recuperado 4 de abril de 2023, de <https://www.imf.org/es/News/Articles/2021/02/24/na022521-how-to-save-travel-and-tourism-in-a-post-pandemic-world>
- Brito, J. (2020, marzo). *Optimización de rutas turísticas*. Recuperado 5 de abril de 2023, de <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/19412/Optimizacion%20de%20rutas%20turisticas.pdf;jsessionid=3A484F1CA17A767BFE804465526110A8?sequence=1>
- Castellnou, R. (2019). *Nuevas estrategias de control de gastos de viaje para tu empresa*. <https://www.captio.net/blog/nuevas-estrategias-de-control-de-gastos-de-viaje>
- Cepeda, F. (2023). *Sube derrama turística 51% en 2022*. El Financiero. <https://www.elfinanciero.com.mx/monterrey/2023/01/05/sube-derrama-turistica-51-en-2022/>
- Chacon, D. (2018). *Plan estratégico de mercadeo para la agencia de viajes Qué Tours en la ciudad de Cali para el año 2018*. Recuperado 5 de abril de 2023, de <https://red.uaq.edu.co/bitstream/handle/10614/10583/T08212.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Flores, L. (2021). *Turismo de Nuevo León captó 65,000 millones de pesos por viajeros hospedados de 2015 a 2021: Miguel Cantú*. El economista. <https://www.economista.com.mx/estados/Turismo-de-Nuevo-Leon-captó-65000-mil-lones-de-pesos-por-viajeros-hospedados-de-2015-a-2021-Miguel-Cantu-20210919-0018.html>
- Gonzalez, N. (2022, 7 diciembre). *¡Estos son los 6 destinos más visitados de México del 2022!* México Desconocido. <https://www.mexicodesconocido.com.mx/estos-son-los-6-destinos-mas-visitados-de-mexico-del-2022.html>

Referencias:

- Gracia, María D., Mar-Ortiz, Julio, & Laureano-Casanova, Oscar. (2015). Análisis computacional de los problemas del vendedor viajero y patrones de corte. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 16(1), 59-70. Recuperado en 06 de abril de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432015000100_006&lng=es&tlang=es.
- Herrera, F. (2023, 16 marzo). *Cómo planificar un viaje en 10 pasos*. Prensa Libre.
<https://www.prensalibre.com/vida/salud-y-familia/como-planificar-un-viaje-en-10-pasos/>
- Joseph S.B. Mitchell. (2000). Chapter 15 - Geometric Shortest Paths and Network Optimization. Editor(s): J.-R. Sack, J. Urrutia, Handbook of Computational Geometry, North-Holland,, Pages 633-701, ISBN 9780444825377,
<https://doi.org/10.1016/B978-044482537-7/50016-4>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444825377500164>)
Just a moment... (s. f.) <https://www.sciencedirect.com/topics/mathematics/orienteering-problem>
- ¿Qué es el Travelling Salesman Problem (TSP) y cómo solucionarlo? (s. f.). Simpliroute.
<https://simpliroute.com/es/blog/que-es-el-travelling-salesman-problem-tsp-y-como-solucionarlo>
- ¿Qué es Optimización de Ruta? | Verizon Connect México. (s. f.). Verizon Connect.
<https://www.verizonconnect.com/mx/glosario/que-es-optimizacion-de-ruta/>
- Secretaría de Turismo de Nuevo León. *Indicadores Estratégicos de Turismo Nuevo León | Agosto 2022 | Gobierno del Estado de Nuevo León.* (2022). <https://www.nl.gob.mx/publicaciones/indicadores-estrategicos-de-turismo-nuevo-leon-agosto-2022-wed=y>

Referencias:

- Secretaría de turismo. (2003). *PLANEACIÓN Y GESTIÓN DEL DESARROLLO TURÍSTICO MUNICIPAL*. Recuperado 5 de abril de 2023, de <https://cedocvirtual.sectur.gob.mx/janium/Documentos/003162Pri0000.pdf>
- Servytur, C. (2022). *Concanaco Servytur - LA DERRAMA ECONÓMICA POR TURISMO EN MÉXICO SUPERNA LOS NIVELES PREPANDEMIA*. Concanaco Servytur.
<https://www.concanaco.com.mx/turismo/notasdeinteres/la-derrama-economica-por-turismo-en-mexico-supera-los-niveles-prepandemia>
- Servytur, C. (2023). *Concanaco Servytur - PIB turístico de México sube un 12,2 % interanual en tercer trimestre de 2022*. Concanaco Servytur. <https://www.concanaco.com.mx/turismo/notasdeinteres/pib-turistico-de-mexico-sube-un-12-2-interanual-en-tercer-trimestre-de-2022>
- Simpliroute. (2021). *¿Qué es el Travelling Salesman Problem (TSP) y cómo solucionarlo?* Recuperado 5 de abril de 2023, de <https://simpliroute.com/es/blog/que-es-el-travelling-salesman-problem-tsp-y-como-solucionarlo>
- V. (2022, 20 septiembre). *16 tips que te ayudarán a planificar tu viaje paso a paso*. Touristear Travel Blog.
<https://touristear.com/como-planificar-tu-viaje-pasos-tips/>