

## El problema del agente viajero con ventanas de tiempo: Un ejemplo

Consideramos un problema de 7 sitios; al comienzo, el viajero se encuentra en el sitio 1. La matriz de tiempos de desplazamiento está dado por

	1	2	3	4	5	6	7
1	0	11.3	43.0	44.1	49.3	50.8	60.1
2	11.3	0	42.2	45.0	51.5	47.5	57.9
3	43.0	42.2	0	6.5	14.6	12.2	17.7
4	44.1	45.0	6.5	0	8.3	17.7	20.1
5	49.3	51.5	14.6	8.3	0	24.2	23.0
6	50.8	47.5	12.2	17.7	24.2	0	11.2
7	60.1	57.9	17.7	20.1	23.0	11.2	0

Dado que generé los tiempos de desplazamiento proporcional a las distancias (calculado con las coordenadas de los sitios), la matriz de desplazamiento es simétrico, pero en general, no tiene que ser así. La ubicación de los sitios en un mapa se muestra en figura 1.

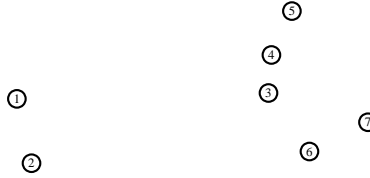


Figura 1: Mapa de los sitios

Los tiempos de servicio en cada sitio son:

1	2	3	4	5	6	7
7.9	8.5	6.1	4.0	2.4	5.2	2.4

En los siguientes casos se varían las ventanas y se muestra como se afecta la solución óptima.

### Caso 1: Ventanas de tiempo amplias

En este caso, las ventanas están dadas por

	a	b
1	0.0	0.0
2	10.0	20.0
3	120.0	150.0
4	120.0	150.0
5	120.0	150.0
6	60.0	80.0
7	90.0	130.0

En este ejemplo doy al sitio 1 la ventana de  $(0, 0)$ , lo que obliga al modelo a empezar en este punto.

En esta situación, se obtiene la solución óptima indicada en la figura 2. El tiempo total del recorrido óptimo es 187.3. Hay varias soluciones óptimas, su algoritmo de pronto devuelve otra, pero el tiempo debe ser igual.

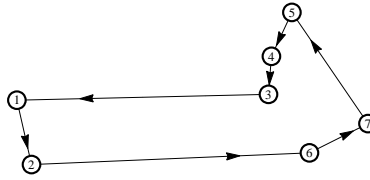


Figura 2: Ruta óptima caso 1

## Caso 2: Ventanas angostas obligan a una ruta de mucho movimiento

Las ventanas están dadas por:

	a	b
<b>1</b>	0.0	0.0
<b>2</b>	0.0	40.0
<b>3</b>	120.0	135.0
<b>4</b>	70.0	90.0
<b>5</b>	70.0	90.0
<b>6</b>	145.0	150.0
<b>7</b>	110.0	115.0

En esta situación, se obtiene la solución óptima indicada en la figura 3. El tiempo total del recorrido óptimo es 204.8.

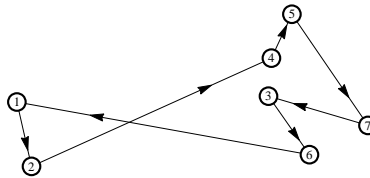


Figura 3: Ruta óptima caso 2

## Caso 3: Más movimiento aun

	a	b
<b>1</b>	0.0	0.0
<b>2</b>	130.0	180.0
<b>3</b>	45.5	55.5
<b>4</b>	121.0	122.0
<b>5</b>	70.0	75.3
<b>6</b>	90.8	101.5
<b>7</b>	200.0	250.0

En esta situación, se obtiene la solución óptima indicada en la figura 4. El tiempo total del recorrido óptimo es 299.0.

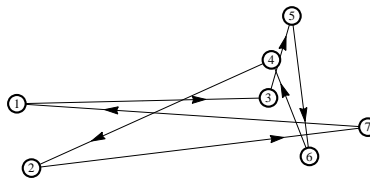


Figura 4: Ruta óptima caso 3

#### Caso 4: Es posible que no hay solución

Las ventanas pueden imponer restricciones que hacen que el problema no tenga solución factible:

	<b>a</b>	<b>b</b>
<b>1</b>	0.0	0.0
<b>2</b>	10.0	20.0
<b>3</b>	20.0	30.0
<b>4</b>	30.0	40.0
<b>5</b>	40.0	50.0
<b>6</b>	50.0	60.0
<b>7</b>	70.0	70.0

## Anexo: Los formatos de entrada para caso 1

7  
1 7.9 0.0 0.0  
2 8.5 10.0 20.0  
3 6.1 120.0 150.0  
4 4.0 120.0 150.0  
5 2.4 120.0 150.0  
6 5.2 60.0 80.0  
7 2.4 90.0 130.0  
1 2 11.3  
1 3 43.0  
1 4 44.1  
1 5 49.3  
1 6 50.8  
1 7 60.1  
2 1 11.3  
2 3 42.2  
2 4 45.0  
2 5 51.5  
2 6 47.5  
2 7 57.9  
3 1 43.0  
3 2 42.2  
3 4 6.5  
3 5 14.6  
3 6 12.2  
3 7 17.7  
4 1 44.1  
4 2 45.0  
4 3 6.5  
4 5 8.3  
4 6 17.7  
4 7 20.1  
5 1 49.3  
5 2 51.5  
5 3 14.6  
5 4 8.3  
5 6 24.2  
5 7 23.0  
6 1 50.8  
6 2 47.5  
6 3 12.2  
6 4 17.7  
6 5 24.2  
6 7 11.2  
7 1 60.1  
7 2 57.9  
7 3 17.7  
7 4 20.1  
7 5 23.0  
7 6 11.2