

# Bus Evacuation Problem

Ayudante: Kevin Lagos `kevin.lagos@usm.cl`

Departamento de Informática  
Universidad Técnica Federico Santa María

14 de Septiembre del 2022

- 1 Definición
- 2 Problemas relacionados y variantes
- 3 Ejemplo de Solución
- 4 Referencias

# Definición

Planteado formalmente en el año 2011 por [Bish(2011)], el BEP consiste en la planificación de la evacuación a gran escala de individuos que se encuentran en una región determinada durante alguna catástrofe. Para realizar lo anterior se deben llevar a los individuos a refugios específicos con la ayuda de transporte público disponible.

# Definición BEP

Elementos que componen el escenario de evacuación:

- **Evacuados:** Conjunto de individuos que requieren asistencia y movilización para abandonar la zona de peligro.
- **Buses:** Para realizar la evacuación se cuenta con una flota de buses que trasladarán a los evacuados a los refugios. Tienen una capacidad máxima que es igual para todas las máquinas.
- **Puntos de Encuentro:** Puntos que se encuentran distribuidos en la zona de riesgo donde los individuos se agrupan a esperar la llegada de los buses de evacuación.
- **Refugios:** Lugares pre-establecidos donde serán llevados los evacuados. Los refugios tienen una capacidad máxima de individuos para albergar.
- **Estaciones:** Puntos donde se encuentran las flotas de buses antes de comenzar la evacuación.

# Descripción BEP

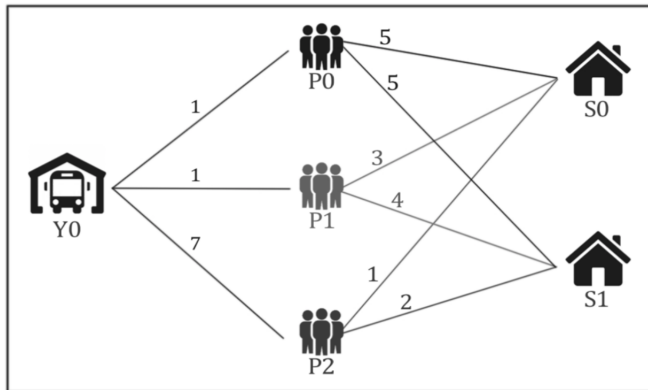


Figura: Ejemplo de escenario simple de evacuación

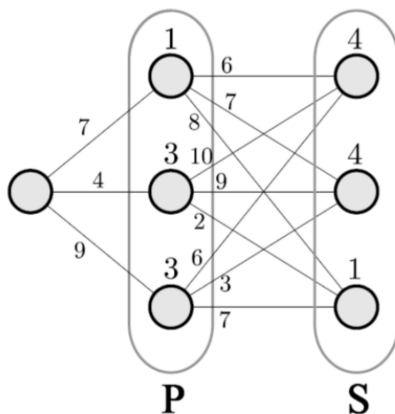
# Descripción BEP

Para describir un escenario se utilizará la notación  $EiPjRkBv$ , donde  $i, j, k, v$  respectivamente corresponden al número de estaciones, puntos de encuentro, refugios y buses. Ejemplo:

- Escenario: E1P3R3B3
- Número de personas en cada punto de encuentro  $l = (1, 3, 3)$
- Los refugios cuentan con una capacidad  $u = (4, 4, 1)$
- Distancia del nodo estación a puntos de encuentro,  $d^{ini} = (7, 4, 9)$
- Distancia entre puntos de encuentro y refugios están dadas por:

$$d = \begin{pmatrix} 6 & 7 & 8 \\ 10 & 9 & 2 \\ 6 & 3 & 7 \end{pmatrix}$$

# Descripción BEP



**Figura:** Representación instancia de ejemplo BEP mediante grafo

# Objetivo

El objetivo es generar un recorrido para cada bus buscando minimizar la duración total de la evacuación. Es decir, minimizar el tiempo total del bus que más se tarda en realizar todas sus rutas de evacuación.



# Parámetros

- Número de buses  $B$
- Número de puntos de encuentro  $P$
- Número de refugios  $S$
- Distancia entre estaciones y puntos de encuentro
- Distancia entre puntos de encuentro y refugios
- Número de individuos en cada punto de encuentro
- Capacidad de cada refugio
- Capacidad de los buses (adicional)

# Restricciones

- Todos los individuos deben ser evacuados y llevados a los refugios.
- Se deben respetar las restricciones asociadas a las capacidades máximas de buses y refugios.

# Problemas relacionados y variantes

Problemas relacionados:

- Vehicle routing problem (VRP) y sus variantes.

Variantes del problema:

- Robust bus evacuation problem (RBEP)
- Integrated bus evacuation problem (IBEP)

## Ejemplo de solución para BEP

Solución factible y óptima para el ejemplo dado anteriormente, compuesta por series de pares ordenados (punto de encuentro, refugio), los cuales indican dónde se recogen los evacuados y hacia dónde son llevados en cada viaje.

Viaje	1	2	3
Bus 1	(1,1)	(3,2)	
Bus 2	(2,1)	(3,2)	
Bus 3	(2,3)	(2,2)	(3,2)

Como se observa en la tabla, el bus 1 viaja del punto de encuentro 1 al refugio 1, y luego del punto de encuentro 3 al refugio 2. El tiempo total que demora en completar la evacuación es:

$$d_1^{ini} + d_{11} + d_{31} + d_{32} = 7 + 6 + 3 = 22$$

De la misma forma se calculan los tiempos para los buses 2 y 3 resultando el valor 23 para ambos. Finalmente, el tiempo total es 23.

# Referencias



Douglas R Bish.

Planning for a bus-based evacuation.

*OR spectrum*, 33(3):629–654, 2011.



Marc Goerigk and Bob Grün.

The robust bus evacuation problem.

2012.



Marc Goerigk, Bob Grün, and Philipp Heßler.

Branch and bound algorithms for the bus evacuation problem.

*Computers & Operations Research*, 40(12):3010–3020, 2013.



Javiera Loyola Vitali, María-Cristina Riff, and Elizabeth Montero.

Bus routing for emergency evacuations: The case of the great fire of valparaiso.

In *2017 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)*, pages 2346–2353. IEEE, 2017.

# Bus Evacuation Problem

Ayudante: Kevin Lagos `kevin.lagos@usm.cl`

Departamento de Informática  
Universidad Técnica Federico Santa María

14 de Septiembre del 2022