

# Optimización de viajes compartidos en taxis utilizando algoritmos evolutivos

Gabriel Fagúndez de los Reyes    Renzo Massobrio

Facultad de Ingeniería,  
Universidad de la República,  
Montevideo, Uruguay



# Contenido

- 1 Introducción
- 2 Definición del problema
- 3 Trabajo relacionado
- 4 Implementación
- 5 Evaluación experimental
- 6 Planificador de viajes compartidos en línea
- 7 Conclusiones y trabajo futuro

- 1 Introducción
- 2 Definición del problema
- 3 Trabajo relacionado
- 4 Implementación
- 5 Evaluación experimental
- 6 Planificador de viajes compartidos en línea
- 7 Conclusiones y trabajo futuro

## Los viajes compartidos (*Car Pooling*)

- Beneficios en el plano ecológico y económico, individuales y colectivos.
- Iniciativas:
  - Carriles exclusivos
  - Campañas para compartir los viajes al trabajo
  - Aplicaciones para encontrar compañeros de viaje

## Los viajes compartidos en taxis (*Taxi Pooling*)

- Los taxis son un medio de transporte rápido y confiable.
- Raramente viajan a capacidad completa.
- Impactan en la congestión del tráfico y en la contaminación.
- Tarifas altas desalientan a los usuarios.

## Los viajes compartidos (*Car Pooling*)

- Beneficios en el plano ecológico y económico, individuales y colectivos.
- Iniciativas:
  - Carriles exclusivos
  - Campañas para compartir los viajes al trabajo
  - Aplicaciones para encontrar compañeros de viaje

## Los viajes compartidos en taxis (*Taxi Pooling*)

- Los taxis son un medio de transporte rápido y confiable.
- Raramente viajan a capacidad completa.
- Impactan en la congestión del tráfico y en la contaminación.
- Tarifas altas desalientan a los usuarios.

- 1 Introducción
- 2 Definición del problema
- 3 Trabajo relacionado
- 4 Implementación
- 5 Evaluación experimental
- 6 Planificador de viajes compartidos en línea
- 7 Conclusiones y trabajo futuro

# Descripción del problema

## Problema de viajes compartidos en taxis (PVCT)

Un grupo de personas ubicadas en un **mismo lugar de origen**, desean viajar hacia **diferentes destinos** utilizando taxis de forma compartida. Se busca determinar la cantidad de taxis, la asignación de pasajeros y las rutas a seguir, de forma de **minimizar el costo total del grupo de pasajeros**.

## Consideraciones

- Cada taxi puede trasladar a un número limitado de pasajeros.
- El número máximo de taxis para  $N$  pasajeros es  $N$ .
- Costo de un taxi = **costo inicial** (“bajada de bandera”) + **costo determinado por la distancia**.
- No se consideran otros posibles costos (e.g. esperas, propinas, peajes).

# Descripción del problema

## Problema de viajes compartidos en taxis (PVCT)

Un grupo de personas ubicadas en un **mismo lugar de origen**, desean viajar hacia **diferentes destinos** utilizando taxis de forma compartida. Se busca determinar la cantidad de taxis, la asignación de pasajeros y las rutas a seguir, de forma de **minimizar el costo total del grupo de pasajeros**.

## Consideraciones

- Cada taxi puede trasladar a un número limitado de pasajeros.
- El número máximo de taxis para  $N$  pasajeros es  $N$ .
- Costo de un taxi = **costo inicial** (“bajada de bandera”) + **costo determinado por la distancia**.
- No se consideran otros posibles costos (e.g. esperas, propinas, peajes).



# Descripción del problema

## Problema de viajes compartidos en taxis (PVCT)

Un grupo de personas ubicadas en un **mismo lugar de origen**, desean viajar hacia **diferentes destinos** utilizando taxis de forma compartida. Se busca determinar la cantidad de taxis, la asignación de pasajeros y las rutas a seguir, de forma de **minimizar el costo total del grupo de pasajeros**.

## Consideraciones

- Cada taxi puede trasladar a un número limitado de pasajeros.
- El número máximo de taxis para  $N$  pasajeros es  $N$ .
- Costo de un taxi = **costo inicial** (“bajada de bandera”) + **costo determinado por la distancia**.
- No se consideran otros posibles costos (e.g. esperas, propinas, peajes).

# Descripción del problema

## Problema de viajes compartidos en taxis (PVCT)

Un grupo de personas ubicadas en un **mismo lugar de origen**, desean viajar hacia **diferentes destinos** utilizando taxis de forma compartida. Se busca determinar la cantidad de taxis, la asignación de pasajeros y las rutas a seguir, de forma de **minimizar el costo total del grupo de pasajeros**.

## Consideraciones

- Cada taxi puede trasladar a un número limitado de pasajeros.
- El número máximo de taxis para  $N$  pasajeros es  $N$ .
- Costo de un taxi = **costo inicial** (“bajada de bandera”) + **costo determinado por la distancia**.
- No se consideran otros posibles costos (e.g. esperas, propinas, peajes).

# Descripción del problema

## Problema de viajes compartidos en taxis (PVCT)

Un grupo de personas ubicadas en un **mismo lugar de origen**, desean viajar hacia **diferentes destinos** utilizando taxis de forma compartida. Se busca determinar la cantidad de taxis, la asignación de pasajeros y las rutas a seguir, de forma de **minimizar el costo total del grupo de pasajeros**.

## Consideraciones

- Cada taxi puede trasladar a un número limitado de pasajeros.
- El número máximo de taxis para  $N$  pasajeros es  $N$ .
- Costo de un taxi = **costo inicial** (“bajada de bandera”) + **costo determinado por la distancia**.
- No se consideran otros posibles costos (e.g. esperas, propinas, peajes).

# Formulación del problema

- Un conjunto de pasajeros  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_N\}$  que viajan desde un origen común  $O$  a un conjunto de destinos  $D = \{d_1, d_2, \dots, d_N\}$ .
- Un conjunto de taxis  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_M\}$ ; con  $M \leq N$ ; y una función  $C : T \rightarrow \{0, 1, \dots, C_{MAX}\}$  que indica la cantidad de pasajeros en un taxi.  $C_{MAX}$  es la capacidad máxima permitida en un mismo taxi.
- Una constante  $B$  indica el costo inicial del taxi (“bajada de bandera”).
- Una función de distancia,  $dist : \{\{O\} \cup D\} \times D \rightarrow \mathbb{R}_0^+$ .
- Una función de costo asociado a la distancia recorrida por cada taxi,  $cost : \mathbb{R}_0^+ \rightarrow \mathbb{R}_0^+$ .

Se desea hallar la planificación  $f : P \rightarrow T \times \{1, \dots, C_{MAX}\}$  que **minimice la función de costo total (CT)**.

$$CT = \sum_{t_i, C(t_i) \neq 0} \left[ B + \sum_{j=1}^{C(t_i)} cost \left( \underbrace{dist \left( dest(f^{-1}(t_i, j-1)), dest(f^{-1}(t_i, j)) \right)}_{\text{destinos consecutivos en el recorrido del taxi } t_i} \right) \right]$$

# Formulación del problema

- Un conjunto de pasajeros  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_N\}$  que viajan desde un origen común  $O$  a un conjunto de destinos  $D = \{d_1, d_2, \dots, d_N\}$ .
- Un conjunto de taxis  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_M\}$ ; con  $M \leq N$ ; y una función  $C : T \rightarrow \{0, 1, \dots, C_{MAX}\}$  que indica la cantidad de pasajeros en un taxi.  $C_{MAX}$  es la capacidad máxima permitida en un mismo taxi.
- Una constante  $B$  indica el costo inicial del taxi (“bajada de bandera”).
- Una función de distancia,  $dist : \{\{O\} \cup D\} \times D \rightarrow \mathbb{R}_0^+$ .
- Una función de costo asociado a la distancia recorrida por cada taxi,  $cost : \mathbb{R}_0^+ \rightarrow \mathbb{R}_0^+$ .

Se desea hallar la planificación  $f : P \rightarrow T \times \{1, \dots, C_{MAX}\}$  que **minimice la función de costo total (CT)**.

$$CT = \sum_{t_i, C(t_i) \neq 0} \left[ B + \sum_{j=1}^{C(t_i)} \underbrace{cost \left( dist \left( dest(f^{-1}(t_i, j-1)), dest(f^{-1}(t_i, j)) \right) \right)}_{\text{destinos consecutivos en el recorrido del taxi } t_i} \right]$$

# Formulación del problema

- Un conjunto de pasajeros  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_N\}$  que viajan desde un origen común  $O$  a un conjunto de destinos  $D = \{d_1, d_2, \dots, d_N\}$ .
- Un conjunto de taxis  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_M\}$ ; con  $M \leq N$ ; y una función  $C : T \rightarrow \{0, 1, \dots, C_{MAX}\}$  que indica la cantidad de pasajeros en un taxi.  $C_{MAX}$  es la capacidad máxima permitida en un mismo taxi.
- Una constante  $B$  indica el costo inicial del taxi (“bajada de bandera”).
- Una función de distancia,  $dist : \{\{O\} \cup D\} \times D \rightarrow \mathbb{R}_0^+$ .
- Una función de costo asociado a la distancia recorrida por cada taxi,  $cost : \mathbb{R}_0^+ \rightarrow \mathbb{R}_0^+$ .

Se desea hallar la planificación  $f : P \rightarrow T \times \{1, \dots, C_{MAX}\}$  que **minimice la función de costo total (CT)**.

$$CT = \sum_{t_i, C(t_i) \neq 0} \left[ B + \sum_{j=1}^{C(t_i)} \underbrace{cost \left( dist \left( dest(f^{-1}(t_i, j-1)), dest(f^{-1}(t_i, j)) \right) \right)}_{\text{destinos consecutivos en el recorrido del taxi } t_i} \right]$$

# Formulación del problema

- Un conjunto de pasajeros  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_N\}$  que viajan desde un origen común  $O$  a un conjunto de destinos  $D = \{d_1, d_2, \dots, d_N\}$ .
- Un conjunto de taxis  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_M\}$ ; con  $M \leq N$ ; y una función  $C : T \rightarrow \{0, 1, \dots, C_{MAX}\}$  que indica la cantidad de pasajeros en un taxi.  $C_{MAX}$  es la capacidad máxima permitida en un mismo taxi.
- Una constante  $B$  indica el costo inicial del taxi (“bajada de bandera”).
- Una función de distancia,  $dist : \{\{O\} \cup D\} \times D \rightarrow \mathbb{R}_0^+$ .
- Una función de costo asociado a la distancia recorrida por cada taxi,  $cost : \mathbb{R}_0^+ \rightarrow \mathbb{R}_0^+$ .

Se desea hallar la planificación  $f : P \rightarrow T \times \{1, \dots, C_{MAX}\}$  que **minimice la función de costo total (CT)**.

$$CT = \sum_{t_i, C(t_i) \neq 0} \left[ B + \sum_{j=1}^{C(t_i)} \underbrace{cost \left( dist \left( dest(f^{-1}(t_i, j-1)), dest(f^{-1}(t_i, j)) \right) \right)}_{\text{destinos consecutivos en el recorrido del taxi } t_i} \right]$$

# Formulación del problema

- Un conjunto de pasajeros  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_N\}$  que viajan desde un origen común  $O$  a un conjunto de destinos  $D = \{d_1, d_2, \dots, d_N\}$ .
- Un conjunto de taxis  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_M\}$ ; con  $M \leq N$ ; y una función  $C : T \rightarrow \{0, 1, \dots, C_{MAX}\}$  que indica la cantidad de pasajeros en un taxi.  $C_{MAX}$  es la capacidad máxima permitida en un mismo taxi.
- Una constante  $B$  indica el costo inicial del taxi (“bajada de bandera”).
- Una función de distancia,  $dist : \{\{O\} \cup D\} \times D \rightarrow \mathbb{R}_0^+$ .
- Una función de costo asociado a la distancia recorrida por cada taxi,  $cost : \mathbb{R}_0^+ \rightarrow \mathbb{R}_0^+$ .

Se desea hallar la planificación  $f : P \rightarrow T \times \{1, \dots, C_{MAX}\}$  que **minimice la función de costo total (CT)**.

$$CT = \sum_{t_i, C(t_i) \neq 0} \left[ B + \sum_{j=1}^{C(t_i)} \underbrace{cost \left( dist \left( dest(f^{-1}(t_i, j-1)), dest(f^{-1}(t_i, j)) \right) \right)}_{\text{destinos consecutivos en el recorrido del taxi } t_i} \right]$$



# Formulación del problema

- Un conjunto de pasajeros  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_N\}$  que viajan desde un origen común  $O$  a un conjunto de destinos  $D = \{d_1, d_2, \dots, d_N\}$ .
- Un conjunto de taxis  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_M\}$ ; con  $M \leq N$ ; y una función  $C : T \rightarrow \{0, 1, \dots, C_{MAX}\}$  que indica la cantidad de pasajeros en un taxi.  $C_{MAX}$  es la capacidad máxima permitida en un mismo taxi.
- Una constante  $B$  indica el costo inicial del taxi (“bajada de bandera”).
- Una función de distancia,  $dist : \{\{O\} \cup D\} \times D \rightarrow \mathbb{R}_0^+$ .
- Una función de costo asociado a la distancia recorrida por cada taxi,  $cost : \mathbb{R}_0^+ \rightarrow \mathbb{R}_0^+$ .

Se desea hallar la planificación  $f : P \rightarrow T \times \{1, \dots, C_{MAX}\}$  que **minimice la función de costo total (CT)**.

$$CT = \sum_{t_i, C(t_i) \neq 0} \left[ B + \sum_{j=1}^{C(t_i)} cost \left( \underbrace{dist \left( dest(f^{-1}(t_i, j-1)), dest(f^{-1}(t_i, j)) \right)}_{\text{destinos consecutivos en el recorrido del taxi } t_i} \right) \right]$$

# Variante multiobjetivo del PVCT: formulación matemática

- Se busca minimizar simultáneamente el **costo total** y la **demora total**.
- Se incorporan dos variables:
  - Cada pasajero tiene un **"nivel de apuro"** asociado.
  - Se consideran vehículos con **diferentes capacidades**.

$$CT = \sum_{t_i, C(t_i) \neq 0} \left[ B + \sum_{j=1}^{C(t_i)} \text{cost} \left( \overbrace{\text{dist} \left( \text{dest}(f^{-1}(t_i, j-1)), \text{dest}(f^{-1}(t_i, j)) \right)}^{\text{destinos consecutivos en el recorrido del taxi } t_i} \right) \right]$$

$$DT = \sum_{t_i} \left[ \sum_{j=1}^{C(t_i)} \left[ \overbrace{\sum_{h=1}^j \text{time} \left( \text{dest}(f^{-1}(t_i, h-1)), \text{dest}(f^{-1}(t_i, h)) \right)}^{\text{tiempo efectivo de traslado del pasajero en la posición } j \text{ del taxi } t_i} \right. \right. \\ \left. \left. - \underbrace{\left( \text{tol}(f^{-1}(t_i, j)) + \text{time} \left( O, \text{dest}(f^{-1}(t_i, j)) \right) \right)}_{\text{tiempo tolerado por el pasajero en la posición } j \text{ del taxi } t_i} \right] \right]$$

# Variante multiobjetivo del PVCT: formulación matemática

- Se busca minimizar simultáneamente el **costo total** y la **demora total**.
- Se incorporan dos variables:
  - Cada pasajero tiene un "nivel de apuro" asociado.
  - Se consideran vehículos con **diferentes capacidades**.

$$CT = \sum_{t_i, C(t_i) \neq 0} \left[ B + \sum_{j=1}^{C(t_i)} \text{cost} \left( \overbrace{\text{dist} \left( \text{dest}(f^{-1}(t_i, j-1)), \text{dest}(f^{-1}(t_i, j)) \right)}^{\text{destinos consecutivos en el recorrido del taxi } t_i} \right) \right]$$

$$DT = \sum_{t_i} \left[ \sum_{j=1}^{C(t_i)} \left[ \overbrace{\sum_{h=1}^j \text{time} \left( \text{dest}(f^{-1}(t_i, h-1)), \text{dest}(f^{-1}(t_i, h)) \right)}^{\text{tiempo efectivo de traslado del pasajero en la posición } j \text{ del taxi } t_i} - \underbrace{\left( \text{tol}(f^{-1}(t_i, j)) + \text{time} \left( O, \text{dest}(f^{-1}(t_i, j)) \right) \right)}_{\text{tiempo tolerado por el pasajero en la posición } j \text{ del taxi } t_i} \right] \right]$$

# Variante multiobjetivo del PVCT: formulación matemática

- Se busca minimizar simultáneamente el **costo total** y la **demora total**.
- Se incorporan dos variables:
  - Cada pasajero tiene un “**nivel de apuro**” asociado.
  - Se consideran vehículos con **diferentes capacidades**.

$$CT = \sum_{t_i, C(t_i) \neq 0} \left[ B + \sum_{j=1}^{C(t_i)} \text{cost} \left( \overbrace{\text{dist} \left( \text{dest}(f^{-1}(t_i, j-1)), \text{dest}(f^{-1}(t_i, j)) \right)}^{\text{destinos consecutivos en el recorrido del taxi } t_i} \right) \right]$$

$$DT = \sum_{t_i} \left[ \sum_{j=1}^{C(t_i)} \left[ \overbrace{\sum_{h=1}^j \text{time} \left( \text{dest}(f^{-1}(t_i, h-1)), \text{dest}(f^{-1}(t_i, h)) \right)}^{\text{tiempo efectivo de traslado del pasajero en la posición } j \text{ del taxi } t_i} \right. \right. \\ \left. \left. - \underbrace{\left( \text{tol}(f^{-1}(t_i, j)) + \text{time} \left( O, \text{dest}(f^{-1}(t_i, j)) \right) \right)}_{\text{tiempo tolerado por el pasajero en la posición } j \text{ del taxi } t_i} \right] \right]$$

# Variante multiobjetivo del PVCT: formulación matemática

- Se busca minimizar simultáneamente el **costo total** y la **demora total**.
- Se incorporan dos variables:
  - Cada pasajero tiene un **“nivel de apuro”** asociado.
  - Se consideran vehículos con **diferentes capacidades**.

$$CT = \sum_{t_i, C(t_i) \neq 0} \left[ B + \sum_{j=1}^{C(t_i)} \text{cost} \left( \overbrace{\text{dist} \left( \text{dest}(f^{-1}(t_i, j-1)), \text{dest}(f^{-1}(t_i, j)) \right)}^{\text{destinos consecutivos en el recorrido del taxi } t_i} \right) \right]$$

$$DT = \sum_{t_i} \left[ \sum_{j=1}^{C(t_i)} \left[ \overbrace{\sum_{h=1}^j \text{time} \left( \text{dest}(f^{-1}(t_i, h-1)), \text{dest}(f^{-1}(t_i, h)) \right)}^{\text{tiempo efectivo de traslado del pasajero en la posición } j \text{ del taxi } t_i} \right. \right. \\ \left. \left. - \underbrace{\left( \text{tol}(f^{-1}(t_i, j)) + \text{time} \left( O, \text{dest}(f^{-1}(t_i, j)) \right) \right)}_{\text{tiempo tolerado por el pasajero en la posición } j \text{ del taxi } t_i} \right] \right]$$

# Variante multiobjetivo del PVCT: formulación matemática

- Se busca minimizar simultáneamente el **costo total** y la **demora total**.
- Se incorporan dos variables:
  - Cada pasajero tiene un “**nivel de apuro**” asociado.
  - Se consideran vehículos con **diferentes capacidades**.

$$CT = \sum_{t_i, C(t_i) \neq 0} \left[ B + \sum_{j=1}^{C(t_i)} \text{cost} \left( \overbrace{\text{dist} \left( \text{dest}(f^{-1}(t_i, j-1)), \text{dest}(f^{-1}(t_i, j)) \right)}^{\text{destinos consecutivos en el recorrido del taxi } t_i} \right) \right]$$

$$DT = \sum_{t_i} \left[ \sum_{j=1}^{C(t_i)} \left[ \overbrace{\sum_{h=1}^j \text{time} \left( \text{dest}(f^{-1}(t_i, h-1)), \text{dest}(f^{-1}(t_i, h)) \right)}^{\text{tiempo efectivo de traslado del pasajero en la posición } j \text{ del taxi } t_i} \right] - \underbrace{\left( \text{tol}(f^{-1}(t_i, j)) + \text{time} \left( O, \text{dest}(f^{-1}(t_i, j)) \right) \right)}_{\text{tiempo tolerado por el pasajero en la posición } j \text{ del taxi } t_i} \right]$$

# Variante multiobjetivo del PVCT: formulación matemática

- Se busca minimizar simultáneamente el **costo total** y la **demora total**.
- Se incorporan dos variables:
  - Cada pasajero tiene un “**nivel de apuro**” asociado.
  - Se consideran vehículos con **diferentes capacidades**.

$$CT = \sum_{t_i, C(t_i) \neq 0} \left[ B + \sum_{j=1}^{C(t_i)} \text{cost} \left( \overbrace{\text{dist} \left( \text{dest}(f^{-1}(t_i, j-1)), \text{dest}(f^{-1}(t_i, j)) \right)}^{\text{destinos consecutivos en el recorrido del taxi } t_i} \right) \right]$$

$$DT = \sum_{t_i} \left[ \sum_{j=1}^{C(t_i)} \left[ \overbrace{\sum_{h=1}^j \text{time} \left( \text{dest}(f^{-1}(t_i, h-1)), \text{dest}(f^{-1}(t_i, h)) \right)}^{\text{tiempo efectivo de traslado del pasajero en la posición } j \text{ del taxi } t_i} \right. \right. \\ \left. \left. - \underbrace{\left( \text{tol}(f^{-1}(t_i, j)) + \text{time} \left( O, \text{dest}(f^{-1}(t_i, j)) \right) \right)}_{\text{tiempo tolerado por el pasajero en la posición } j \text{ del taxi } t_i} \right] \right]$$

# Variante multiobjetivo del PVCT: formulación matemática

- Se busca minimizar simultáneamente el **costo total** y la **demora total**.
- Se incorporan dos variables:
  - Cada pasajero tiene un “**nivel de apuro**” asociado.
  - Se consideran vehículos con **diferentes capacidades**.

$$CT = \sum_{t_i, C(t_i) \neq 0} \left[ B + \sum_{j=1}^{C(t_i)} \text{cost} \left( \overbrace{\text{dist} \left( \text{dest}(f^{-1}(t_i, j-1)), \text{dest}(f^{-1}(t_i, j)) \right)}^{\text{destinos consecutivos en el recorrido del taxi } t_i} \right) \right]$$

$$DT = \sum_{t_i} \left[ \sum_{j=1}^{C(t_i)} \left[ \underbrace{\sum_{h=1}^j \text{time} \left( \text{dest}(f^{-1}(t_i, h-1)), \text{dest}(f^{-1}(t_i, h)) \right)}_{\text{tiempo efectivo de traslado del pasajero en la posición } j \text{ del taxi } t_i} - \underbrace{\left( \text{tol}(f^{-1}(t_i, j)) + \text{time} \left( O, \text{dest}(f^{-1}(t_i, j)) \right) \right)}_{\text{tiempo tolerado por el pasajero en la posición } j \text{ del taxi } t_i} \right] \right]$$



## Complejidad

Baldacci et al. (2004) estudiaron una variante del *Car Pooling Problem* (CPP) donde trabajadores desean compartir vehículos hacia y desde el lugar de trabajo.

Esta variante es un caso particular del *Vehicle Routing Problem* (VRP) con demanda unitaria, el cual es  $\mathcal{NP}$ -difícil [Letchford et al. (2002)].

## Estrategias de resolución

- Con instancias de tamaños realistas los algoritmos exactos tradicionales no resultan útiles para una planificación eficiente.
- **Heurísticas** y **metaheurísticas** son necesarias para calcular soluciones de calidad aceptable en tiempos razonables.

## Complejidad

Baldacci et al. (2004) estudiaron una variante del *Car Pooling Problem* (CPP) donde trabajadores desean compartir vehículos hacia y desde el lugar de trabajo.

Esta variante es un caso particular del *Vehicle Routing Problem* (VRP) con demanda unitaria, el cual es  $\mathcal{NP}$ -difícil [Letchford et al. (2002)].

## Estrategias de resolución

- Con instancias de tamaños realistas los algoritmos exactos tradicionales no resultan útiles para una planificación eficiente.
- **Heurísticas** y **metaheurísticas** son necesarias para calcular soluciones de calidad aceptable en tiempos razonables.

- 1 Introducción
- 2 Definición del problema
- 3 Trabajo relacionado**
- 4 Implementación
- 5 Evaluación experimental
- 6 Planificador de viajes compartidos en línea
- 7 Conclusiones y trabajo futuro

# Trabajo relacionado

## Car pooling problem (CPP)

Yan et al. (2011) **CPP con histórico de viajes** (relajación lagrangeana).

## Dial-a-ride problem (DARP)

Cordeau et al. (2003) **DARP estático con ventanas de tiempo**.

Búsqueda tabú con tiempos de ejecución de hasta 90 minutos.

## Taxi pooling problem (TPP)

Tao et al. (2007) Heurísticas ávidas para **one-to-many** y many-to-one.

Las mejoras se reportan en términos absolutos.

Ma et al. (2013) TPP dinámico con pedidos en tiempo real.

13 % de ahorro en distancia con un algoritmo ávido en **instancias realistas**.

## Resumen

Pocos trabajos **centrados en el usuario** y con un enfoque **multiobjetivo**.

# Trabajo relacionado

## Car pooling problem (CPP)

Yan et al. (2011) **CPP con histórico de viajes** (relajación lagrangeana).

## Dial-a-ride problem (DARP)

Cordeau et al. (2003) **DARP estático con ventanas de tiempo**.

Búsqueda tabú con tiempos de ejecución de hasta 90 minutos.

## Taxi pooling problem (TPP)

Tao et al. (2007) Heurísticas ávidas para **one-to-many** y many-to-one.

Las mejoras se reportan en términos absolutos.

Ma et al. (2013) TPP dinámico con pedidos en tiempo real.

13 % de ahorro en distancia con un algoritmo ávido en **instancias realistas**.

## Resumen

Pocos trabajos **centrados en el usuario** y con un enfoque **multiobjetivo**.

# Trabajo relacionado

## Car pooling problem (CPP)

Yan et al. (2011) **CPP con histórico de viajes** (relajación lagrangeana).

## Dial-a-ride problem (DARP)

Cordeau et al. (2003) **DARP estático con ventanas de tiempo**.

Búsqueda tabú con tiempos de ejecución de hasta 90 minutos.

## Taxi pooling problem (TPP)

Tao et al. (2007) Heurísticas ávidas para **one-to-many** y many-to-one.

Las mejoras se reportan en términos absolutos.

Ma et al. (2013) TPP dinámico con pedidos en tiempo real.

13 % de ahorro en distancia con un algoritmo ávido en **instancias realistas**.

## Resumen

Pocos trabajos **centrados en el usuario** y con un enfoque **multiobjetivo**.

# Trabajo relacionado

## Car pooling problem (CPP)

Yan et al. (2011) **CPP con histórico de viajes** (relajación lagrangeana).

## Dial-a-ride problem (DARP)

Cordeau et al. (2003) **DARP estático con ventanas de tiempo**.

Búsqueda tabú con tiempos de ejecución de hasta 90 minutos.

## Taxi pooling problem (TPP)

Tao et al. (2007) Heurísticas ávidas para **one-to-many** y many-to-one.

Las mejoras se reportan en términos absolutos.

Ma et al. (2013) TPP dinámico con pedidos en tiempo real.

13 % de ahorro en distancia con un algoritmo ávido en **instancias realistas**.

## Resumen

Pocos trabajos **centrados en el usuario** y con un enfoque **multiobjetivo**.

- 1 Introducción
- 2 Definición del problema
- 3 Trabajo relacionado
- 4 Implementación**
- 5 Evaluación experimental
- 6 Planificador de viajes compartidos en línea
- 7 Conclusiones y trabajo futuro



## Definición

- Técnicas estocásticas que emulan el proceso de evolución natural de las especies.
- Aplicadas a problemas de **optimización**, búsqueda y aprendizaje.
- Técnica iterativa (**generación**) que aplica operadores estocásticos sobre un conjunto de individuos (**población**).
- Cada individuo codifica una solución tentativa al problema y tiene un valor de **fitness**.
- El propósito es mejorar el fitness de los individuos en la población mediante la aplicación de **operadores evolutivos**.
- Los operadores guían al algoritmo evolutivo hacia soluciones tentativas de mayor calidad.

## Definición

- Técnicas estocásticas que emulan el proceso de evolución natural de las especies.
- Aplicadas a problemas de **optimización**, búsqueda y aprendizaje.
- Técnica iterativa (**generación**) que aplica operadores estocásticos sobre un conjunto de individuos (**población**).
- Cada individuo codifica una solución tentativa al problema y tiene un valor de **fitness**.
- El propósito es mejorar el fitness de los individuos en la población mediante la aplicación de **operadores evolutivos**.
- Los operadores guían al algoritmo evolutivo hacia soluciones tentativas de mayor calidad.

## Definición

- Técnicas estocásticas que emulan el proceso de evolución natural de las especies.
- Aplicadas a problemas de **optimización**, búsqueda y aprendizaje.
- Técnica iterativa (**generación**) que aplica operadores estocásticos sobre un conjunto de individuos (**población**).
- Cada individuo codifica una solución tentativa al problema y tiene un valor de **fitness**.
- El propósito es mejorar el fitness de los individuos en la población mediante la aplicación de **operadores evolutivos**.
- Los operadores guían al algoritmo evolutivo hacia soluciones tentativas de mayor calidad.

## Definición

- Técnicas estocásticas que emulan el proceso de evolución natural de las especies.
- Aplicadas a problemas de **optimización**, búsqueda y aprendizaje.
- Técnica iterativa (**generación**) que aplica operadores estocásticos sobre un conjunto de individuos (**población**).
- Cada individuo codifica una solución tentativa al problema y tiene un valor de **fitness**.
- El propósito es mejorar el fitness de los individuos en la población mediante la aplicación de **operadores evolutivos**.
- Los operadores guían al algoritmo evolutivo hacia soluciones tentativas de mayor calidad.

## Definición

- Técnicas estocásticas que emulan el proceso de evolución natural de las especies.
- Aplicadas a problemas de **optimización**, búsqueda y aprendizaje.
- Técnica iterativa (**generación**) que aplica operadores estocásticos sobre un conjunto de individuos (**población**).
- Cada individuo codifica una solución tentativa al problema y tiene un valor de **fitness**.
- El propósito es mejorar el fitness de los individuos en la población mediante la aplicación de **operadores evolutivos**.
- Los operadores guían al algoritmo evolutivo hacia soluciones tentativas de mayor calidad.

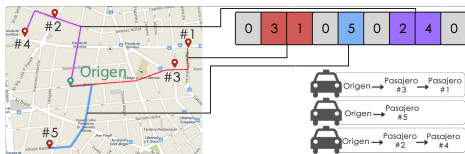
## Definición

- Técnicas estocásticas que emulan el proceso de evolución natural de las especies.
- Aplicadas a problemas de **optimización**, búsqueda y aprendizaje.
- Técnica iterativa (**generación**) que aplica operadores estocásticos sobre un conjunto de individuos (**población**).
- Cada individuo codifica una solución tentativa al problema y tiene un valor de **fitness**.
- El propósito es mejorar el fitness de los individuos en la población mediante la aplicación de **operadores evolutivos**.
- Los operadores guían al algoritmo evolutivo hacia soluciones tentativas de mayor calidad.

# AE para el PVCT monoobjetivo

## Aspectos comunes

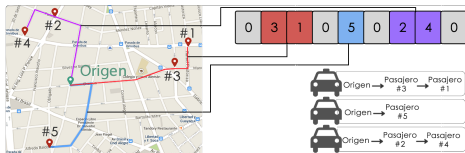
- Tuplas de largo  $2N - 1$   
 $N = \text{\#pasajeros}$ .
- Inicialización:  
aleatoria y ávida.
- Cruzamiento basado en posición (PBX).
- Mutación por intercambio (EM).
- Función correctiva:  
desplaza ceros para romper secuencias de dígitos inválidas.
- Implementados en Malva.



# AE para el PVCT monoobjetivo

## Aspectos comunes

- Tuplas de largo  $2N - 1$   
 $N = \text{\#pasajeros}$ .
- Inicialización:  
aleatoria y ávida.
- Cruzamiento basado en posición (PBX).
- Mutación por intercambio (EM).
- Función correctiva:  
desplaza ceros para romper secuencias de dígitos inválidas.
- Implementados en Malva.

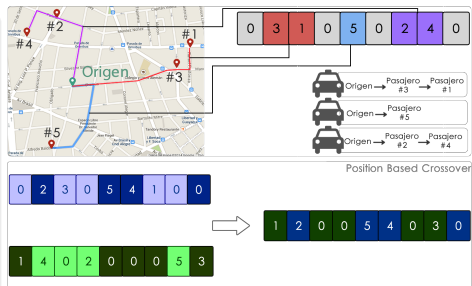




# AE para el PVCT monoobjetivo

## Aspectos comunes

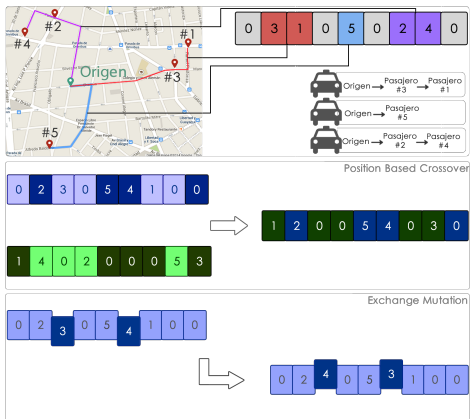
- Tuplas de largo  $2N - 1$   
 $N = \text{\#pasajeros}$ .
- Inicialización:  
aleatoria y ávida.
- Cruzamiento basado en posición (PBX).
- Mutación por intercambio (EM).
- Función correctiva:  
desplaza ceros para romper secuencias de dígitos inválidas.
- Implementados en Malva.



# AE para el PVCT monoobjetivo

## Aspectos comunes

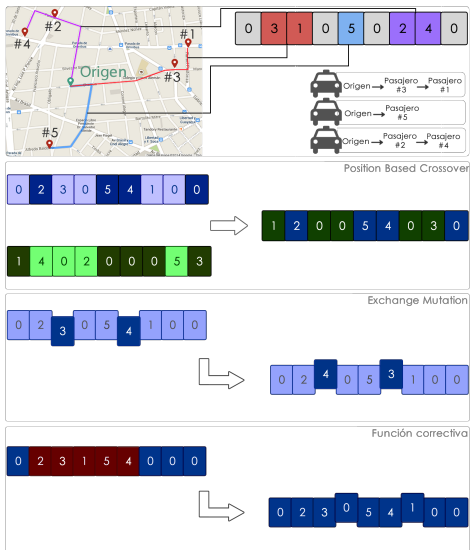
- Tuplas de largo  $2N - 1$   
 $N = \text{\#pasajeros}$ .
- Inicialización:  
aleatoria y ávida.
- Cruzamiento basado en posición (PBX).
- Mutación por intercambio (EM).
- Función correctiva:  
desplaza ceros para romper secuencias de dígitos inválidas.
- Implementados en Malva.



# AE para el PVCT monoobjetivo

## Aspectos comunes

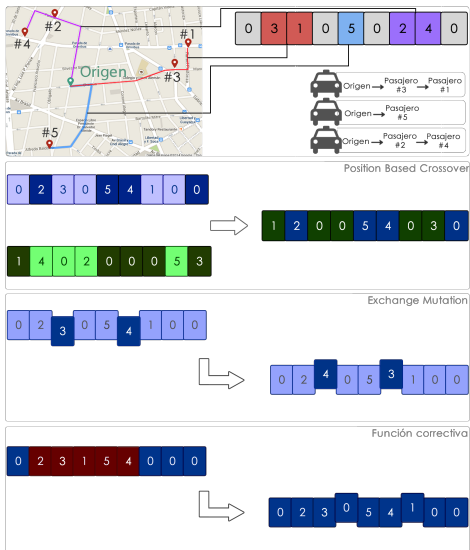
- Tuplas de largo  $2N - 1$   
 $N = \text{\#pasajeros}$ .
- Inicialización:  
aleatoria y ávida.
- Cruzamiento basado en posición (PBX).
- Mutación por intercambio (EM).
- Función correctiva:  
desplaza ceros para romper secuencias de dígitos inválidas.
- Implementados en Malva.



# AE para el PVCT monoobjetivo

## Aspectos comunes

- Tuplas de largo  $2N - 1$   
 $N = \# \text{pasajeros}$ .
- Inicialización:  
aleatoria y ávida.
- Cruzamiento basado en posición (PBX).
- Mutación por intercambio (EM).
- Función correctiva:  
desplaza ceros para romper secuencias de dígitos inválidas.
- Implementados en Malva.



# AE para el PVCT monoobjetivo

## AE Secuencial (*seqEA*)

- Selección proporcional.

## AE Paralelo (*pμEA*)

- Se busca **mejorar el desempeño** mediante el paralelismo.
- **Modelo de subpoblaciones distribuidas**: divide la población en **islas** que intercambian individuos mediante **migración**.
- Poblaciones pequeñas.
- Selección por torneo ( $m, k$ ).
- Migración asíncrona, con topología de anillo unidireccional.

# AE para el PVCT monoobjetivo

## AE Secuencial (*seqEA*)

- Selección proporcional.

## AE Paralelo (*pμEA*)

- Se busca **mejorar el desempeño** mediante el paralelismo.
- **Modelo de subpoblaciones distribuidas**: divide la población en **islas** que intercambian individuos mediante **migración**.
- Poblaciones pequeñas.
- Selección por torneo ( $m, k$ ).
- Migración asíncrona, con topología de anillo unidireccional.

# AE para el PVCT monoobjetivo

## AE Secuencial (*seqEA*)

- Selección proporcional.

## AE Paralelo (*pμEA*)

- Se busca **mejorar el desempeño** mediante el paralelismo.
- **Modelo de subpoblaciones distribuidas**: divide la población en **islas** que intercambian individuos mediante **migración**.
- Poblaciones pequeñas.
- Selección por torneo ( $m, k$ ).
- Migración asíncrona, con topología de anillo unidireccional.

# AE para el PVCT monoobjetivo

## AE Secuencial (*seqEA*)

- Selección proporcional.

## AE Paralelo (*pμEA*)

- Se busca **mejorar el desempeño** mediante el paralelismo.
- **Modelo de subpoblaciones distribuidas**: divide la población en **islas** que intercambian individuos mediante **migración**.
- Poblaciones pequeñas.
- Selección por torneo ( $m, k$ ).
- Migración asíncrona, con topología de anillo unidireccional.



# AE para el PVCT monoobjetivo

## AE Secuencial (*seqEA*)

- Selección proporcional.

## AE Paralelo (*pμEA*)

- Se busca **mejorar el desempeño** mediante el paralelismo.
- **Modelo de subpoblaciones distribuidas**: divide la población en **islas** que intercambian individuos mediante **migración**.
- Poblaciones pequeñas.
- Selección por torneo ( $m, k$ ).
- Migración asíncrona, con topología de anillo unidireccional.

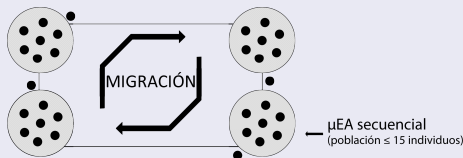
# AE para el PVCT monoobjetivo

## AE Secuencial (*seqEA*)

- Selección proporcional.

## AE Paralelo (*pμEA*)

- Se busca **mejorar el desempeño** mediante el paralelismo.
- **Modelo de subpoblaciones distribuidas**: divide la población en **islas** que intercambian individuos mediante **migración**.
- Poblaciones pequeñas.
- Selección por torneo ( $m, k$ ).
- Migración asíncrona, con topología de anillo unidireccional.



# AE para el PVCT multiobjetivo

## Aspectos comunes

- Propósitos en AEs multiobjetivos:
  - Acercarse al frente de Pareto del problema (**convergencia**).
  - Muestrear adecuadamente el frente de soluciones (**diversidad**).
- Función correctiva considera vehículos de distintas capacidades.
- Inicialización de la población ávida y selección por torneo.

## MOEA con Descomposición de Dominio ( $p\mu$ MOEA/D)

Agregación lineal de los objetivos:

$$F = w_C \times CT + w_D \times DT,$$

$$w_C = [0 : \frac{1}{\#islas} : 1], w_D = 1 - w_C.$$

## MOEA Explícito (NSGA-II)

Ordenamiento no-dominado (elitista), *crowding* para preservar diversidad.

# AE para el PVCT multiobjetivo

## Aspectos comunes

- Propósitos en AEs multiobjetivos:
  - Acercarse al frente de Pareto del problema (**convergencia**).
  - Muestrear adecuadamente el frente de soluciones (**diversidad**).
- Función correctiva considera vehículos de distintas capacidades.
- Inicialización de la población ávida y selección por torneo.

## MOEA con Descomposición de Dominio ( $p\mu$ MOEA/D)

Agregación lineal de los objetivos:

$$F = w_C \times CT + w_D \times DT,$$

$$w_C = [0 : \frac{1}{\#islas} : 1], w_D = 1 - w_C.$$

## MOEA Explícito (NSGA-II)

Ordenamiento no-dominado (elitista), *crowding* para preservar diversidad.

# AE para el PVCT multiobjetivo

## Aspectos comunes

- Propósitos en AEs multiobjetivos:
  - Acercarse al frente de Pareto del problema (**convergencia**).
  - Muestrear adecuadamente el frente de soluciones (**diversidad**).
- Función correctiva considera vehículos de distintas capacidades.
- Inicialización de la población ávida y selección por torneo.

## MOEA con Descomposición de Dominio ( $p\mu$ MOEA/D)

Agregación lineal de los objetivos:

$$F = w_C \times CT + w_D \times DT,$$

$$w_C = [0 : \frac{1}{\#islas} : 1], w_D = 1 - w_C.$$

## MOEA Explícito (NSGA-II)

Ordenamiento no-dominado (elitista), *crowding* para preservar diversidad.

# AE para el PVCT multiobjetivo

## Aspectos comunes

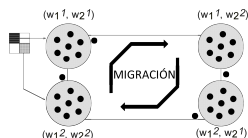
- Propósitos en AEs multiobjetivos:
  - Acercarse al frente de Pareto del problema (**convergencia**).
  - Muestrear adecuadamente el frente de soluciones (**diversidad**).
- Función correctiva considera vehículos de distintas capacidades.
- Inicialización de la población ávida y selección por torneo.

## MOEA con Descomposición de Dominio ( $p\mu$ MOEA/D)

Agregación lineal de los objetivos:

$$F = w_C \times CT + w_D \times DT,$$

$$w_C = [0 : \frac{1}{\#islas} : 1], w_D = 1 - w_C.$$



## MOEA Explícito ( $NSGA-II$ )

Ordenamiento no-dominado (elitista), *crowding* para preservar diversidad.

# AE para el PVCT multiobjetivo

## Aspectos comunes

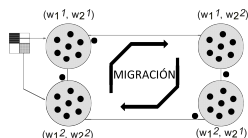
- Propósitos en AEs multiobjetivos:
  - Acercarse al frente de Pareto del problema (**convergencia**).
  - Muestrear adecuadamente el frente de soluciones (**diversidad**).
- Función correctiva considera vehículos de distintas capacidades.
- Inicialización de la población ávida y selección por torneo.

## MOEA con Descomposición de Dominio ( $p\mu$ MOEA/D)

Agregación lineal de los objetivos:

$$F = w_C \times CT + w_D \times DT,$$

$$w_C = [0 : \frac{1}{\#islas} : 1], w_D = 1 - w_C.$$



## MOEA Explícito ( $NSGA-II$ )

Ordenamiento no-dominado (elitista), *crowding* para preservar diversidad.

- 1 Introducción
- 2 Definición del problema
- 3 Trabajo relacionado
- 4 Implementación
- 5 Evaluación experimental**
- 6 Planificador de viajes compartidos en línea
- 7 Conclusiones y trabajo futuro



# Generación de instancias

## Generación de puntos realistas en el mapa

- Generador de Pedidos de Taxis (TQG) con datos de GPS de taxis de Beijing (Ma et al., 2013).
- Script para obtener instancias de un origen a muchos destinos.
- API para obtener tarifas TaxiFareFinder (TFF).
- Instancias en Montevideo generadas manualmente.

## Instancias generadas

- **6 chicas:** 10 y 15 pasajeros (Beijing).
- **6 medianas:** 15 y 25 pasajeros (Beijing).
- **6 grandes:** 25 y 45 pasajeros (Beijing).
- **4 en Montevideo:** 8 y 17 pasajeros (Montevideo).

22 instancias para el PVCT monoobjetivo y 88 instancias para el PVCT multiobjetivo, variando capacidades y tolerancias.

# Generación de instancias

## Generación de puntos realistas en el mapa

- Generador de Pedidos de Taxis (TQG) con datos de GPS de taxis de Beijing (Ma et al., 2013).
- Script para obtener instancias de un origen a muchos destinos.
- API para obtener tarifas TaxiFareFinder (TFF).
- Instancias en Montevideo generadas manualmente.

## Instancias generadas

- **6 chicas:** 10 y 15 pasajeros (Beijing).
- **6 medianas:** 15 y 25 pasajeros (Beijing).
- **6 grandes:** 25 y 45 pasajeros (Beijing).
- **4 en Montevideo:** 8 y 17 pasajeros (Montevideo).

22 instancias para el PVCT monoobjetivo y 88 instancias para el PVCT multiobjetivo, variando capacidades y tolerancias.

# Generación de instancias

## Generación de puntos realistas en el mapa

- Generador de Pedidos de Taxis (TQG) con datos de GPS de taxis de Beijing (Ma et al., 2013).
- Script para obtener instancias de un origen a muchos destinos.
- API para obtener tarifas TaxiFareFinder (TFF).
- Instancias en Montevideo generadas manualmente.

## Instancias generadas

- **6 chicas:** 10 y 15 pasajeros (Beijing).
- **6 medianas:** 15 y 25 pasajeros (Beijing).
- **6 grandes:** 25 y 45 pasajeros (Beijing).
- **4 en Montevideo:** 8 y 17 pasajeros (Montevideo).

22 instancias para el PVCT monoobjetivo y 88 instancias para el PVCT multiobjetivo, variando capacidades y tolerancias.

# Generación de instancias

## Generación de puntos realistas en el mapa

- Generador de Pedidos de Taxis (TQG) con datos de GPS de taxis de Beijing (Ma et al., 2013).
- Script para obtener instancias de un origen a muchos destinos.
- API para obtener tarifas TaxiFareFinder (TFF).
- Instancias en Montevideo generadas manualmente.

## Instancias generadas

- **6 chicas:** 10 y 15 pasajeros (Beijing).
- **6 medianas:** 15 y 25 pasajeros (Beijing).
- **6 grandes:** 25 y 45 pasajeros (Beijing).
- **4 en Montevideo:** 8 y 17 pasajeros (Montevideo).

22 instancias para el PVCT monoobjetivo y 88 instancias para el PVCT multiobjetivo, variando capacidades y tolerancias.

# Generación de instancias

## Generación de puntos realistas en el mapa

- Generador de Pedidos de Taxis (TQG) con datos de GPS de taxis de Beijing (Ma et al., 2013).
- Script para obtener instancias de un origen a muchos destinos.
- API para obtener tarifas TaxiFareFinder (TFF).
- Instancias en Montevideo generadas manualmente.

## Instancias generadas

- **6 chicas:** 10 y 15 pasajeros (Beijing).
- **6 medianas:** 15 y 25 pasajeros (Beijing).
- **6 grandes:** 25 y 45 pasajeros (Beijing).
- **4 en Montevideo:** 8 y 17 pasajeros (Montevideo).

22 instancias para el PVCT monoobjetivo y 88 instancias para el PVCT multiobjetivo, variando capacidades y tolerancias.

## Entorno de ejecución

- Evaluación experimental realizada en el Cluster FING.
- Sin compartir recursos para evitar interferencias.



## Ejecuciones

- 30 ejecuciones independientes de cada algoritmo sobre cada instancia.
- Criterio de parada: 10.000 generaciones.

## Comparación de resultados

- Tests estadísticos sobre las distribuciones de resultados:
  - Shapiro–Wilk sobre cada muestra para contrastar normalidad.
  - Kruskal–Wallis para comparar las muestras entre sí.
- En ambos tests se utiliza un nivel de confianza del 95 % ( $\alpha = 0,05$ ).

## Entorno de ejecución

- Evaluación experimental realizada en el Cluster FING.
- Sin compartir recursos para evitar interferencias.



## Ejecuciones

- **30 ejecuciones independientes** de cada algoritmo sobre cada instancia.
- Criterio de parada: **10.000 generaciones**.

## Comparación de resultados

- Tests estadísticos sobre las distribuciones de resultados:
  - Shapiro–Wilk sobre cada muestra para contrastar normalidad.
  - Kruskal–Wallis para comparar las muestras entre sí.
- En ambos tests se utiliza un nivel de confianza del 95 % ( $\alpha = 0,05$ ).

## Entorno de ejecución

- Evaluación experimental realizada en el Cluster FING.
- Sin compartir recursos para evitar interferencias.



## Ejecuciones

- **30 ejecuciones independientes** de cada algoritmo sobre cada instancia.
- Criterio de parada: **10.000 generaciones**.

## Comparación de resultados

- Tests estadísticos sobre las distribuciones de resultados:
  - Shapiro–Wilk sobre cada muestra para contrastar normalidad.
  - Kruskal–Wallis para comparar las muestras entre sí.
- En ambos tests se utiliza un nivel de confianza del 95 % ( $\alpha = 0,05$ ).



## Entorno de ejecución

- **seqEA**: Dell Power Edge 2950, **1 núcleo** de Intel Xeon E5430 2.66GHz, 8GB RAM.
- **p $\mu$ EA**: HP Proliant DL585, **24 núcleos** de AMD Opteron 2.09GHz, 48GB RAM.

## Configuración paramétrica

- **seqEA**:  $\#P \in \{150, 200, 250\}$ ;  $p_C \in \{0,6, 0,75, 0,95\}$ ;  
 $p_M \in \{0,001, 0,01, 0,1\}$ .
- **p $\mu$ EA**: micro-población de 15 individuos, torneo ( $m = 2$ ,  $k = 1$ ), migración cada 500 generaciones.  
 $p_C \in \{0,6, 0,75, 0,95\}$ ;  $p_M \in \{0,001, 0,01, 0,1\}$ .

## Entorno de ejecución

- **seqEA**: Dell Power Edge 2950, **1 núcleo** de Intel Xeon E5430 2.66GHz, 8GB RAM.
- **pμEA**: HP Proliant DL585, **24 núcleos** de AMD Opteron 2.09GHz, 48GB RAM.

## Configuración paramétrica

- **seqEA**:  $\#P \in \{150, 200, 250\}$ ;  $p_C \in \{0,6, 0,75, 0,95\}$ ;  $p_M \in \{0,001, 0,01, 0,1\}$ .
- **pμEA**: micro-población de 15 individuos, torneo ( $m = 2$ ,  $k = 1$ ), migración cada 500 generaciones.  
 $p_C \in \{0,6, 0,75, 0,95\}$ ;  $p_M \in \{0,001, 0,01, 0,1\}$ .

## Entorno de ejecución

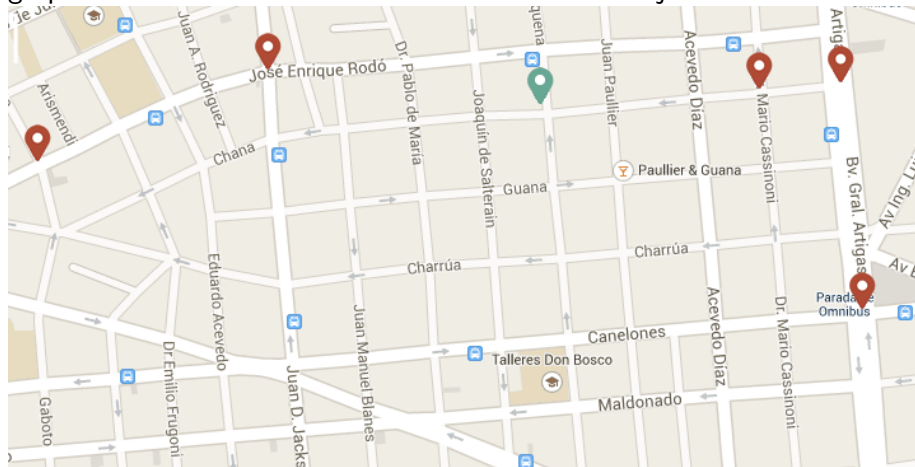
- **seqEA**: Dell Power Edge 2950, **1 núcleo** de Intel Xeon E5430 2.66GHz, 8GB RAM.
- **p $\mu$ EA**: HP Proliant DL585, **24 núcleos** de AMD Opteron 2.09GHz, 48GB RAM.

## Configuración paramétrica

- **seqEA**:  $\#P \in \{150, 200, 250\}$ ;  $p_C \in \{0,6, 0,75, 0,95\}$ ;  
 $p_M \in \{0,001, 0,01, 0,1\}$ .
- **p $\mu$ EA**: micro-población de 15 individuos, torneo ( $m = 2$ ,  $k = 1$ ), migración cada 500 generaciones.  
 $p_C \in \{0,6, 0,75, 0,95\}$ ;  $p_M \in \{0,001, 0,01, 0,1\}$ .

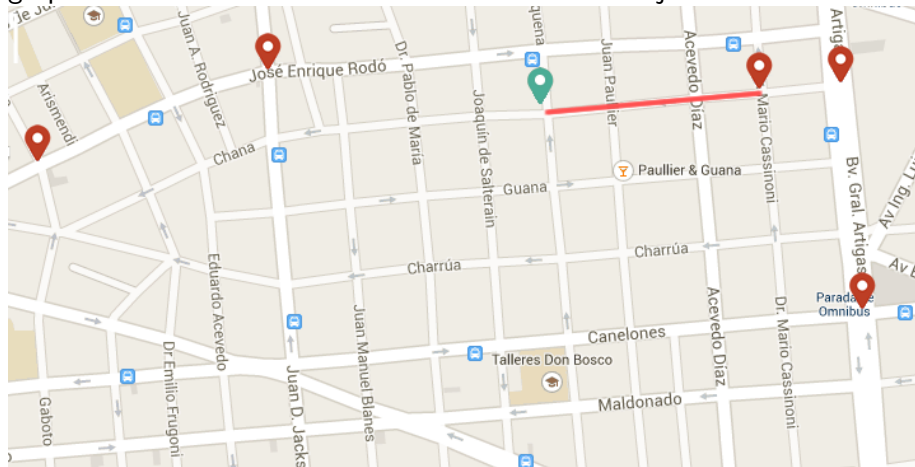
# Algoritmo ávido

Toma **decisiones localmente óptimas** y emula el comportamiento de un grupo de usuarios humanos. Utiliza ideas de los trabajos relacionados.



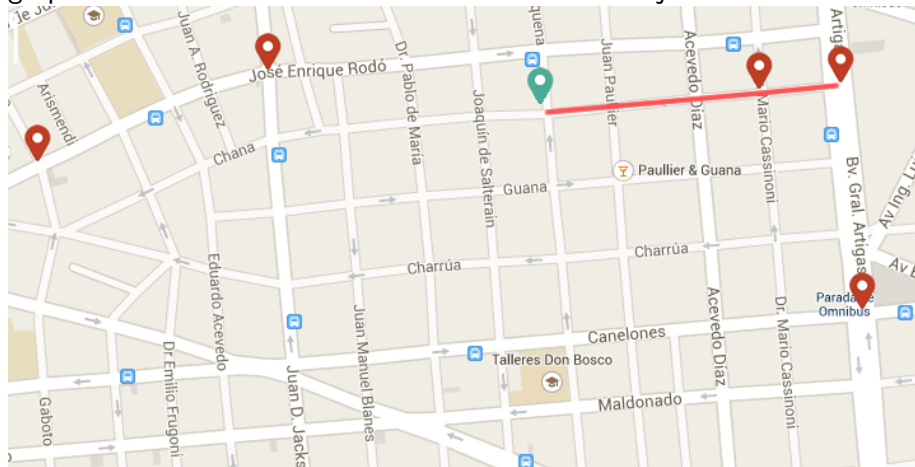
# Algoritmo ávido

Toma **decisiones localmente óptimas** y emula el comportamiento de un grupo de usuarios humanos. Utiliza ideas de los trabajos relacionados.



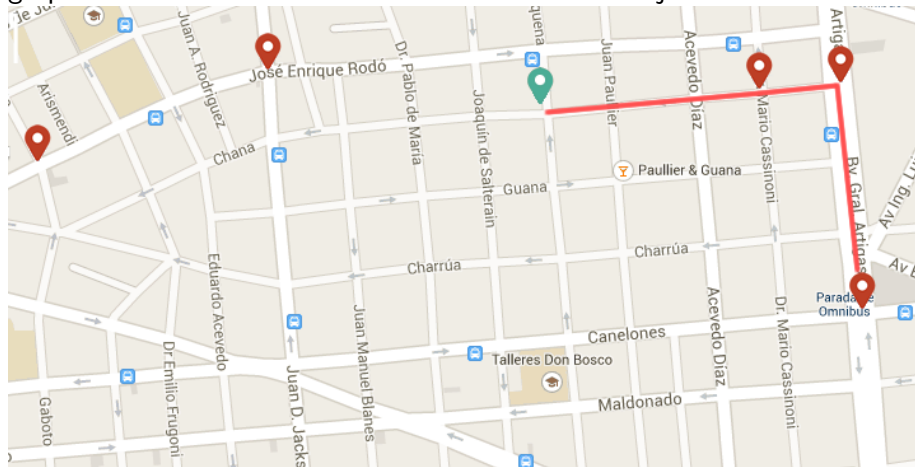
# Algoritmo ávido

Toma **decisiones localmente óptimas** y emula el comportamiento de un grupo de usuarios humanos. Utiliza ideas de los trabajos relacionados.



# Algoritmo ávido

Toma **decisiones localmente óptimas** y emula el comportamiento de un grupo de usuarios humanos. Utiliza ideas de los trabajos relacionados.

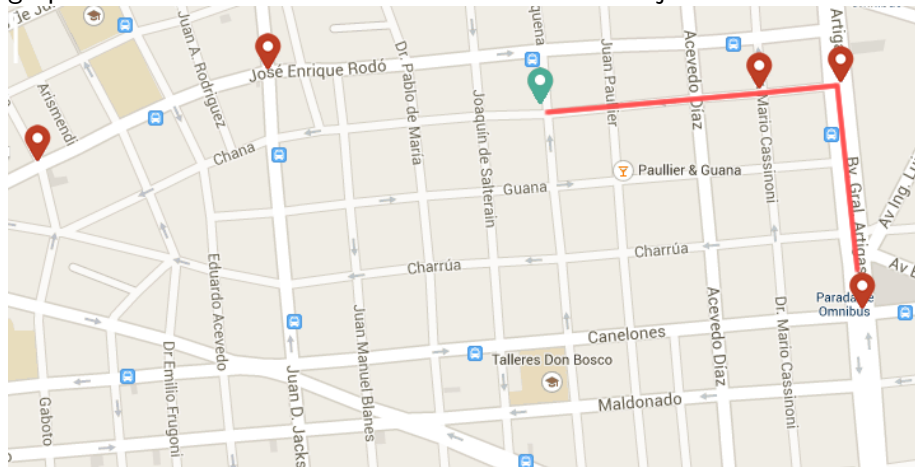






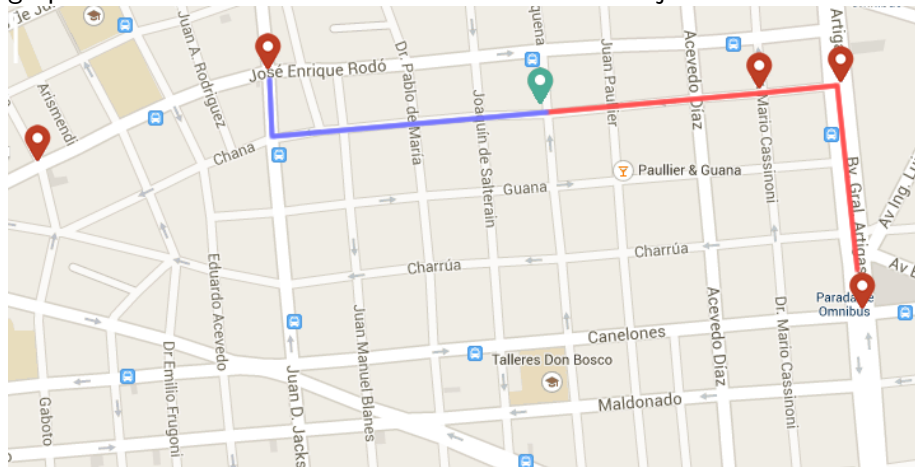
# Algoritmo ávido

Toma **decisiones localmente óptimas** y emula el comportamiento de un grupo de usuarios humanos. Utiliza ideas de los trabajos relacionados.



# Algoritmo ávido

Toma **decisiones localmente óptimas** y emula el comportamiento de un grupo de usuarios humanos. Utiliza ideas de los trabajos relacionados.





# Comparativa de métodos de inicialización

## Resultados *seqEA*

- Inicialización ávida supera a inicialización aleatoria en 10 instancias.
- Inicialización aleatoria supera a inicialización ávida en 2 instancias.
- No hay diferencias estadísticamente significativas en 10 instancias.

## Resultados *pμEA*

- Inicialización ávida supera a inicialización aleatoria en 11 instancias.
- No hay instancias en las que la inicialización aleatoria supere a la inicialización ávida.
- No hay diferencias estadísticamente significativas en 11 instancias.

## Conclusión

Se utiliza la **inicialización ávida** para el resto de la evaluación experimental.

# Comparativa de métodos de inicialización

## Resultados *seqEA*

- Inicialización ávida supera a inicialización aleatoria en 10 instancias.
- Inicialización aleatoria supera a inicialización ávida en 2 instancias.
- No hay diferencias estadísticamente significativas en 10 instancias.

## Resultados *pμEA*

- Inicialización ávida supera a inicialización aleatoria en 11 instancias.
- No hay instancias en las que la inicialización aleatoria supere a la inicialización ávida.
- No hay diferencias estadísticamente significativas en 11 instancias.

## Conclusión

Se utiliza la **inicialización ávida** para el resto de la evaluación experimental.

# Comparativa de métodos de inicialización

## Resultados *seqEA*

- Inicialización ávida supera a inicialización aleatoria en 10 instancias.
- Inicialización aleatoria supera a inicialización ávida en 2 instancias.
- No hay diferencias estadísticamente significativas en 10 instancias.

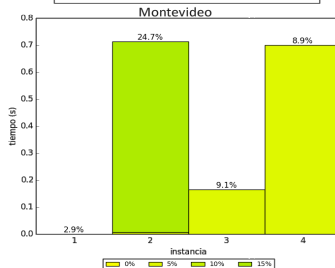
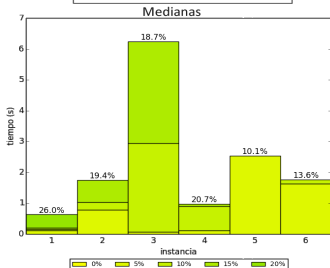
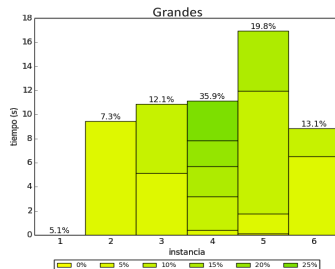
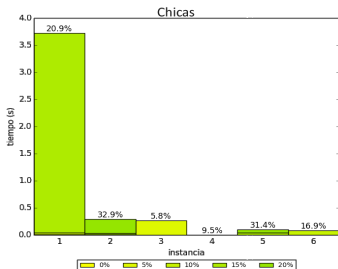
## Resultados *pμEA*

- Inicialización ávida supera a inicialización aleatoria en 11 instancias.
- No hay instancias en las que la inicialización aleatoria supere a la inicialización ávida.
- No hay diferencias estadísticamente significativas en 11 instancias.

## Conclusión

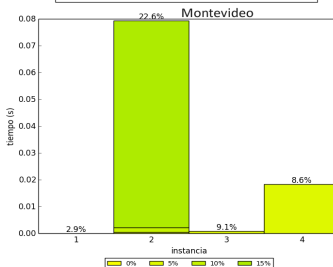
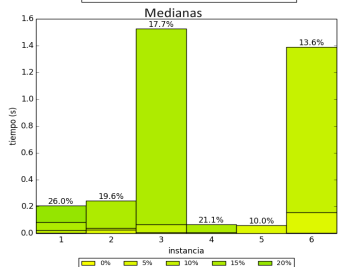
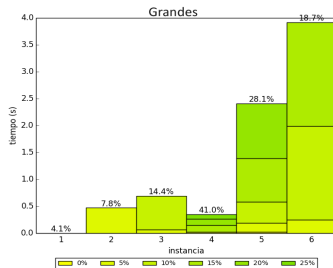
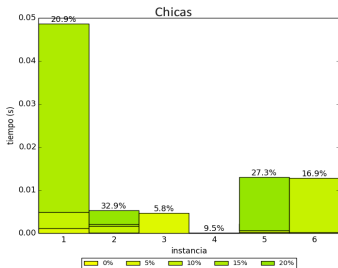
Se utiliza la **inicialización ávida** para el resto de la evaluación experimental.

# Mejoras *seqEA* sobre algoritmo ávido



Se alcanzaron mejoras en **todas** las instancias. En el mejor caso se mejoró el costo del algoritmo ávido en un **35.9%** (instancia grandes #4).

# Mejoras $p\mu EA$ sobre algoritmo ávido



Se alcanzaron mejoras en **todas** las instancias. En el mejor caso se mejoró el costo del algoritmo ávido en un **41.0 %** (instancia grandes #4).

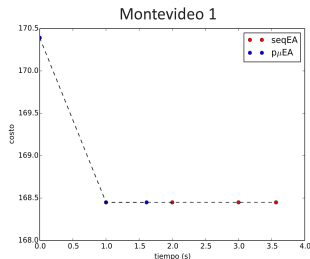
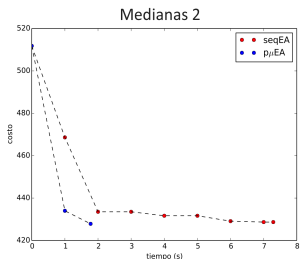
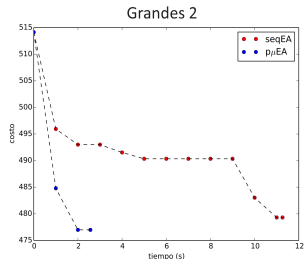
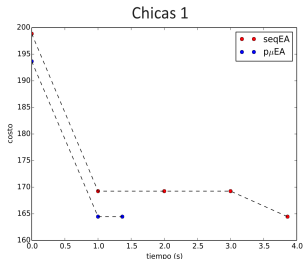


# Comparativa $seqEA$ vs. $p\mu EA$

| instancia  |    | $seqEA$  |                   | $p\mu EA$ |                   | $p\mu K-W$            |
|------------|----|----------|-------------------|-----------|-------------------|-----------------------|
|            |    | $min(c)$ | $\bar{c} \pm std$ | $min(c)$  | $\bar{c} \pm std$ |                       |
| chicas     | #1 | 164.4    | 165.6 $\pm$ 2.0   | 164.4     | 164.4 $\pm$ 0.0   | 0.2 $\times 10^{-3}$  |
|            | #2 | 220.7    | 225.7 $\pm$ 5.0   | 220.7     | 220.7 $\pm$ 0.0   | 9.7 $\times 10^{-6}$  |
|            | #3 | 160.4    | 160.4 $\pm$ 0.0   | 160.4     | 160.4 $\pm$ 0.0   | 1.0                   |
|            | #4 | 181.3    | 181.3 $\pm$ 0.1   | 181.3     | 182.4 $\pm$ 1.9   | 0.5 $\times 10^{-1}$  |
|            | #5 | 152.1    | 155.6 $\pm$ 4.5   | 152.1     | 152.1 $\pm$ 0.0   | 5.1 $\times 10^{-6}$  |
|            | #6 | 118.4    | 119.6 $\pm$ 2.5   | 118.4     | 118.4 $\pm$ 0.0   | 0.1 $\times 10^{-1}$  |
| medianas   | #1 | 211.9    | 216.0 $\pm$ 4.2   | 211.9     | 211.9 $\pm$ 0.0   | 5.2 $\times 10^{-11}$ |
|            | #2 | 428.6    | 444.1 $\pm$ 11.7  | 427.9     | 429.4 $\pm$ 1.6   | 7.0 $\times 10^{-10}$ |
|            | #3 | 361.7    | 378.7 $\pm$ 6.5   | 364.5     | 370.4 $\pm$ 4.5   | 1.6 $\times 10^{-6}$  |
|            | #4 | 267.5    | 279.8 $\pm$ 5.5   | 266.8     | 266.8 $\pm$ 0.0   | 7.6 $\times 10^{-12}$ |
|            | #5 | 479.3    | 487.1 $\pm$ 6.5   | 479.6     | 479.8 $\pm$ 0.2   | 5.1 $\times 10^{-7}$  |
|            | #6 | 306.0    | 321.2 $\pm$ 7.7   | 306.0     | 307.7 $\pm$ 3.4   | 2.0 $\times 10^{-9}$  |
| grandes    | #1 | 421.9    | 435.1 $\pm$ 5.0   | 425.9     | 437.7 $\pm$ 3.2   | 0.1 $\times 10^{-1}$  |
|            | #2 | 479.3    | 489.9 $\pm$ 4.3   | 477.0     | 481.1 $\pm$ 2.3   | 1.9 $\times 10^{-9}$  |
|            | #3 | 332.8    | 349.7 $\pm$ 7.7   | 326.3     | 331.7 $\pm$ 4.0   | 2.6 $\times 10^{-10}$ |
|            | #4 | 351.1    | 390.7 $\pm$ 26.3  | 338.4     | 344.8 $\pm$ 6.1   | 5.1 $\times 10^{-11}$ |
|            | #5 | 395.9    | 429.6 $\pm$ 16.2  | 370.2     | 380.0 $\pm$ 4.4   | 2.7 $\times 10^{-11}$ |
|            | #6 | 360.8    | 382.4 $\pm$ 8.1   | 343.8     | 350.6 $\pm$ 3.8   | 2.6 $\times 10^{-11}$ |
| Montevideo | #1 | 168.4    | 168.4 $\pm$ 0.0   | 168.4     | 168.4 $\pm$ 0.0   | 1.0                   |
|            | #2 | 319.3    | 331.2 $\pm$ 3.8   | 324.9     | 328.6 $\pm$ 3.2   | 5.6 $\times 10^{-6}$  |
|            | #3 | 266.7    | 269.1 $\pm$ 2.3   | 266.7     | 266.7 $\pm$ 0.0   | 3.1 $\times 10^{-7}$  |
|            | #4 | 303.2    | 304.7 $\pm$ 0.5   | 304.1     | 304.5 $\pm$ 0.4   | 0.1                   |

$p\mu EA$  supera a  $seqEA$  en 17 de 22 instancias. Únicamente en 1 instancia  $seqEA$  supera a  $p\mu EA$ .

# Evolución del costo a lo largo de una ejecución



$p\mu EA$  alcanza mejores soluciones que  $seqEA$  en menos tiempo. En el mejor caso alcanza una **aceleración de 7,5x** (4,6x en promedio).

## Entorno de ejecución

- **p $\mu$ MOEA/D**: HP Proliant DL585, **24 núcleos** de AMD Opteron 6272 2.09GHz, 48GB RAM.
- **NSGA-II**: HP Proliant DL385 G7, **1 núcleo** de AMD Opteron 6172 2.10GHz, 72GB RAM.

## Configuración paramétrica

- **p $\mu$ MOEA/D**:  $\#P = 15$ ; selección por torneo ( $m = 2, k = 1$ ); migración cada 1000 generaciones reemplazando a los peores individuos  
 $p_C \in \{0,6, 0,75, 0,95\}$ ;  $p_M \in \{0,001, 0,01, 0,1\}$
- **NSGA-II**:  $\#P = 80$ ; selección por torneo ( $m = 2, k = 1$ );  
 $p_C \in \{0,6, 0,75, 0,95\}$ ;  $p_M \in \{0,001, 0,01, 0,1\}$ .

## Entorno de ejecución

- **p $\mu$ MOEA/D**: HP Proliant DL585, **24 núcleos** de AMD Opteron 6272 2.09GHz, 48GB RAM.
- **NSGA-II**: HP Proliant DL385 G7, **1 núcleo** de AMD Opteron 6172 2.10GHz, 72GB RAM.

## Configuración paramétrica

- **p $\mu$ MOEA/D**:  $\#P = 15$ ; selección por torneo ( $m = 2, k = 1$ ); migración cada 1000 generaciones reemplazando a los peores individuos  
 $p_C \in \{0,6, \textcolor{red}{0,75}, 0,95\}$ ;  $p_M \in \{0,001, 0,01, \textcolor{red}{0,1}\}$
- **NSGA-II**:  $\#P = 80$ ; selección por torneo ( $m = 2, k = 1$ );  
 $p_C \in \{0,6, \textcolor{red}{0,75}, 0,95\}$ ;  $p_M \in \{0,001, 0,01, \textcolor{red}{0,1}\}$ .

## Algoritmo ávido para minimizar el costo

Similar al de la variante monoobjetivo pero considerando las distintas capacidades de los vehículos.

## Algoritmo ávido para minimizar la demora

- Se crea un taxi vacío para cada pasajero con nivel máximo de apuro y se los ubica en la primera posición.
- Luego, se recorre la lista de pasajeros no asignados en orden de apuro, colocándolos en el taxi que minimice su demora.
- Si el taxi alcanza la máxima capacidad disponible, se lo considera *completo* y no acepta más pasajeros.

## Algoritmo ávido para minimizar el costo

Similar al de la variante monoobjetivo pero considerando las distintas capacidades de los vehículos.

## Algoritmo ávido para minimizar la demora

- Se crea un taxi vacío para cada pasajero con nivel máximo de apuro y se los ubica en la primera posición.
- Luego, se recorre la lista de pasajeros no asignados en orden de apuro, colocándolos en el taxi que minimice su demora.
- Si el taxi alcanza la máxima capacidad disponible, se lo considera *completo* y no acepta más pasajeros.

# Resultados numéricos

## $p\mu$ MOEA/D

Hasta **101.2%** de mejora en demora y **72.8%** en costo sobre ávidos.

|            | #ND            | DG            | spacing               | spread        | RHV           |
|------------|----------------|---------------|-----------------------|---------------|---------------|
| chicas     | 8.5±2.1 (16.0) | 3.1±2.5 (0.0) | 740.2±746.3 (58.1)    | 0.6±0.2 (0.1) | 0.9±0.1 (1.0) |
| medianas   | 9.1±2.2 (19.0) | 5.7±2.5 (0.0) | 1448.5±1064.1 (141.6) | 0.6±0.1 (0.1) | 0.9±0.1 (1.0) |
| grandes    | 8.5±2.2 (17.0) | 7.9±3.4 (2.0) | 2917.2±2041.5 (175.3) | 0.6±0.1 (0.0) | 0.8±0.1 (1.0) |
| Montevideo | 8.0±2.1 (14.0) | 3.0±2.0 (0.0) | 663.5±542.4 (61.5)    | 0.6±0.2 (0.0) | 0.9±0.0 (1.0) |

Buena convergencia y diversidad. Pocas soluciones no dominadas.

## NSGA-II

Hasta **105.2%** de mejora en demora y **75.1%** en costo sobre ávidos.

|            | #ND              | DG            | spacing            | spread        | RHV           |
|------------|------------------|---------------|--------------------|---------------|---------------|
| chicas     | 32.6±9.5 (55.0)  | 0.3±0.6 (0.0) | 236.2±222.7 (43.2) | 0.9±0.1 (0.7) | 1.0±0.0 (1.0) |
| medianas   | 54.5±4.2 (67.0)  | 1.0±0.7 (0.0) | 193.6±202.4 (26.2) | 0.7±0.2 (0.4) | 1.0±0.0 (1.0) |
| grandes    | 55.2±3.5 (67.0)  | 1.8±1.1 (0.4) | 243.6±229.8 (26.4) | 0.7±0.2 (0.4) | 1.0±0.0 (1.0) |
| Montevideo | 43.9±16.4 (61.0) | 0.4±0.5 (0.0) | 142.3±143.2 (20.8) | 0.8±0.1 (0.5) | 1.0±0.0 (1.0) |

Mayor cantidad de puntos no dominados (hasta 67/80). Buena convergencia y diversidad en las soluciones encontradas.

# Resultados numéricos

## $p\mu$ MOEA/D

Hasta **101.2%** de mejora en demora y **72.8%** en costo sobre ávidos.

|            | #ND            | DG            | spacing               | spread        | RHV           |
|------------|----------------|---------------|-----------------------|---------------|---------------|
| chicas     | 8.5±2.1 (16.0) | 3.1±2.5 (0.0) | 740.2±746.3 (58.1)    | 0.6±0.2 (0.1) | 0.9±0.1 (1.0) |
| medianas   | 9.1±2.2 (19.0) | 5.7±2.5 (0.0) | 1448.5±1064.1 (141.6) | 0.6±0.1 (0.1) | 0.9±0.1 (1.0) |
| grandes    | 8.5±2.2 (17.0) | 7.9±3.4 (2.0) | 2917.2±2041.5 (175.3) | 0.6±0.1 (0.0) | 0.8±0.1 (1.0) |
| Montevideo | 8.0±2.1 (14.0) | 3.0±2.0 (0.0) | 663.5±542.4 (61.5)    | 0.6±0.2 (0.0) | 0.9±0.0 (1.0) |

Buena convergencia y diversidad. Pocas soluciones no dominadas.

## NSGA-II

Hasta **105.2%** de mejora en demora y **75.1%** en costo sobre ávidos.

|            | #ND              | DG            | spacing            | spread        | RHV           |
|------------|------------------|---------------|--------------------|---------------|---------------|
| chicas     | 32.6±9.5 (55.0)  | 0.3±0.6 (0.0) | 236.2±222.7 (43.2) | 0.9±0.1 (0.7) | 1.0±0.0 (1.0) |
| medianas   | 54.5±4.2 (67.0)  | 1.0±0.7 (0.0) | 193.6±202.4 (26.2) | 0.7±0.2 (0.4) | 1.0±0.0 (1.0) |
| grandes    | 55.2±3.5 (67.0)  | 1.8±1.1 (0.4) | 243.6±229.8 (26.4) | 0.7±0.2 (0.4) | 1.0±0.0 (1.0) |
| Montevideo | 43.9±16.4 (61.0) | 0.4±0.5 (0.0) | 142.3±143.2 (20.8) | 0.8±0.1 (0.5) | 1.0±0.0 (1.0) |

Mayor cantidad de puntos no dominados (hasta 67/80). Buena convergencia y diversidad en las soluciones encontradas.



# Resultados numéricos

## $p\mu$ MOEA/D

Hasta **101.2%** de mejora en demora y **72.8%** en costo sobre ávidos.

|            | #ND            | DG            | spacing               | spread        | RHV           |
|------------|----------------|---------------|-----------------------|---------------|---------------|
| chicas     | 8.5±2.1 (16.0) | 3.1±2.5 (0.0) | 740.2±746.3 (58.1)    | 0.6±0.2 (0.1) | 0.9±0.1 (1.0) |
| medianas   | 9.1±2.2 (19.0) | 5.7±2.5 (0.0) | 1448.5±1064.1 (141.6) | 0.6±0.1 (0.1) | 0.9±0.1 (1.0) |
| grandes    | 8.5±2.2 (17.0) | 7.9±3.4 (2.0) | 2917.2±2041.5 (175.3) | 0.6±0.1 (0.0) | 0.8±0.1 (1.0) |
| Montevideo | 8.0±2.1 (14.0) | 3.0±2.0 (0.0) | 663.5±542.4 (61.5)    | 0.6±0.2 (0.0) | 0.9±0.0 (1.0) |

Buena convergencia y diversidad. Pocas soluciones no dominadas.

## NSGA-II

Hasta **105.2%** de mejora en demora y **75.1%** en costo sobre ávidos.

|            | #ND              | DG            | spacing            | spread        | RHV           |
|------------|------------------|---------------|--------------------|---------------|---------------|
| chicas     | 32.6±9.5 (55.0)  | 0.3±0.6 (0.0) | 236.2±222.7 (43.2) | 0.9±0.1 (0.7) | 1.0±0.0 (1.0) |
| medianas   | 54.5±4.2 (67.0)  | 1.0±0.7 (0.0) | 193.6±202.4 (26.2) | 0.7±0.2 (0.4) | 1.0±0.0 (1.0) |
| grandes    | 55.2±3.5 (67.0)  | 1.8±1.1 (0.4) | 243.6±229.8 (26.4) | 0.7±0.2 (0.4) | 1.0±0.0 (1.0) |
| Montevideo | 43.9±16.4 (61.0) | 0.4±0.5 (0.0) | 142.3±143.2 (20.8) | 0.8±0.1 (0.5) | 1.0±0.0 (1.0) |

Mayor cantidad de puntos no dominados (hasta 67/80). Buena convergencia y diversidad en las soluciones encontradas.

# Resultados numéricos

## $p\mu$ MOEA/D

Hasta **101.2%** de mejora en demora y **72.8%** en costo sobre ávidos.

|            | #ND            | DG            | spacing               | spread        | RHV           |
|------------|----------------|---------------|-----------------------|---------------|---------------|
| chicas     | 8.5±2.1 (16.0) | 3.1±2.5 (0.0) | 740.2±746.3 (58.1)    | 0.6±0.2 (0.1) | 0.9±0.1 (1.0) |
| medianas   | 9.1±2.2 (19.0) | 5.7±2.5 (0.0) | 1448.5±1064.1 (141.6) | 0.6±0.1 (0.1) | 0.9±0.1 (1.0) |
| grandes    | 8.5±2.2 (17.0) | 7.9±3.4 (2.0) | 2917.2±2041.5 (175.3) | 0.6±0.1 (0.0) | 0.8±0.1 (1.0) |
| Montevideo | 8.0±2.1 (14.0) | 3.0±2.0 (0.0) | 663.5±542.4 (61.5)    | 0.6±0.2 (0.0) | 0.9±0.0 (1.0) |

Buena convergencia y diversidad. Pocas soluciones no dominadas.

## NSGA-II

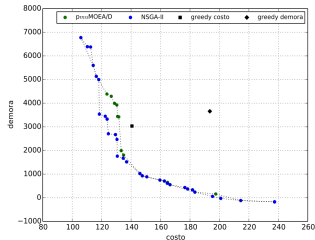
Hasta **105.2%** de mejora en demora y **75.1%** en costo sobre ávidos.

|            | #ND              | DG            | spacing            | spread        | RHV           |
|------------|------------------|---------------|--------------------|---------------|---------------|
| chicas     | 32.6±9.5 (55.0)  | 0.3±0.6 (0.0) | 236.2±222.7 (43.2) | 0.9±0.1 (0.7) | 1.0±0.0 (1.0) |
| medianas   | 54.5±4.2 (67.0)  | 1.0±0.7 (0.0) | 193.6±202.4 (26.2) | 0.7±0.2 (0.4) | 1.0±0.0 (1.0) |
| grandes    | 55.2±3.5 (67.0)  | 1.8±1.1 (0.4) | 243.6±229.8 (26.4) | 0.7±0.2 (0.4) | 1.0±0.0 (1.0) |
| Montevideo | 43.9±16.4 (61.0) | 0.4±0.5 (0.0) | 142.3±143.2 (20.8) | 0.8±0.1 (0.5) | 1.0±0.0 (1.0) |

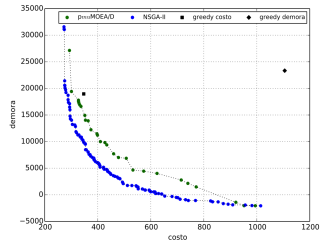
Mayor cantidad de puntos no dominados (hasta 67/80). Buena convergencia y diversidad en las soluciones encontradas.

# Frentes de Pareto: $p\mu$ MOEA/D vs. NSGA-II

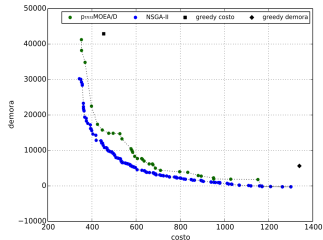
Chicas 6



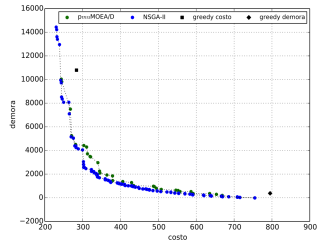
Grandes 5



Medianas 5

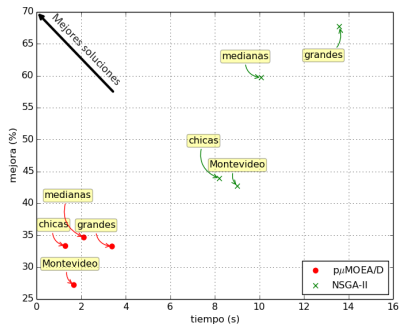


Montevideo 4

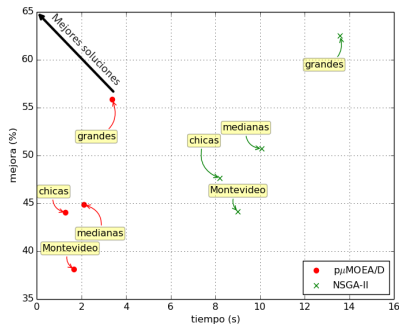


**NSGA-II alcanza mejores soluciones:** mayor cantidad de puntos no dominados distribuidos homogéneamente a lo largo del frente.

# Mejora frente a algoritmos ávidos vs. tiempo de ejecución



costo



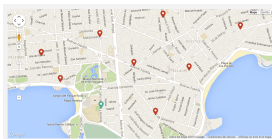
demora

*NSGA-II* alcanza mejores soluciones pero requiere de un mayor tiempo de ejecución que  $p\mu$ MOEA/D.

- 1 Introducción
- 2 Definición del problema
- 3 Trabajo relacionado
- 4 Implementación
- 5 Evaluación experimental
- 6 Planificador de viajes compartidos en línea**
- 7 Conclusiones y trabajo futuro

# Planificador de viajes compartidos en línea

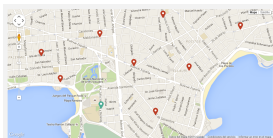
- Se ingresa el origen, los destinos y la tarifa (diurna/nocturna).



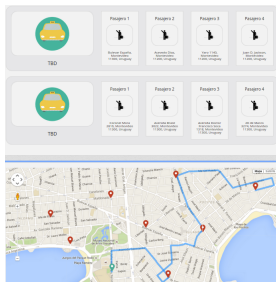
- Se ejecuta el AE y se muestra la planificación calculada.
- Servidor implementado en Ruby on Rails siguiendo MVC.
- Las aplicaciones móviles consumen la API del servidor.
- Aplicaciones móviles: desarrollo híbrido vs. desarrollo nativo.

# Planificador de viajes compartidos en línea

- Se ingresa el origen, los destinos y la tarifa (diurna/nocturna).



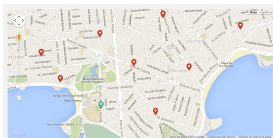
- Se ejecuta el AE y se muestra la planificación calculada.



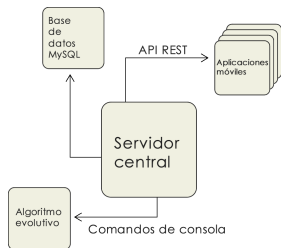
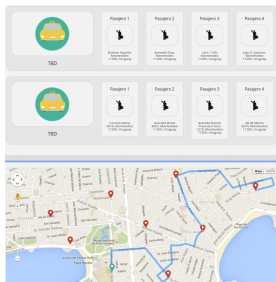
- Servidor implementado en Ruby on Rails siguiendo MVC.
- Las aplicaciones móviles consumen la API del servidor.
- Aplicaciones móviles: desarrollo híbrido vs. desarrollo nativo.

# Planificador de viajes compartidos en línea

- Se ingresa el origen, los destinos y la tarifa (diurna/nocturna).



- Se ejecuta el AE y se muestra la planificación calculada.



- Servidor implementado en Ruby on Rails siguiendo MVC.
- Las aplicaciones móviles consumen la API del servidor.
- Aplicaciones móviles: desarrollo híbrido vs. desarrollo nativo.



- 1 Introducción
- 2 Definición del problema
- 3 Trabajo relacionado
- 4 Implementación
- 5 Evaluación experimental
- 6 Planificador de viajes compartidos en línea
- 7 Conclusiones y trabajo futuro

# Conclusiones

- Se relevó la literatura relacionada (CPP, DARP, TPP) y se presentaron **dos** variantes del problema.
- Se implementaron **cuatro** AE: dos para cada variante del problema.
- El análisis experimental se realizó sobre **instancias realistas**.
- Los AE implementados fueron comparados contra algoritmos ávidos.
- Variante monoobjetivo: mejoras en costo de hasta **35.9 %** (seqEA) y **41.0 %** ( $p\mu$ EA) sobre algoritmo ávido.
- Variante multiobjetivo: mejoras de hasta **72.8 %** y **101.2 %** ( $p\mu$ MOEA/D); **75.1 %** y **105.2 %** (NSGA-II) en costo y demora sobre algoritmos ávidos.
- Planificador de viajes compartidos en taxis, disponible públicamente en [www.mepaseaste.uy](http://www.mepaseaste.uy).
- **Cuatro** artículos en conferencias internacionales.
- **Primer premio** del jurado en “Ingeniería deMuestra 2014” .

# Conclusiones

- Se relevó la literatura relacionada (CPP, DARP, TPP) y se presentaron **dos** variantes del problema.
- Se implementaron **cuatro** AE: dos para cada variante del problema.
- El análisis experimental se realizó sobre **instancias realistas**.
- Los AE implementados fueron comparados contra algoritmos ávidos.
- Variante monoobjetivo: mejoras en costo de hasta **35.9 %** (seqEA) y **41.0 %** ( $p\mu$ EA) sobre algoritmo ávido.
- Variante multiobjetivo: mejoras de hasta **72.8 %** y **101.2 %** ( $p\mu$ MOEA/D); **75.1 %** y **105.2 %** (NSGA-II) en costo y demora sobre algoritmos ávidos.
- Planificador de viajes compartidos en taxis, disponible públicamente en [www.mepaseaste.uy](http://www.mepaseaste.uy).
- **Cuatro** artículos en conferencias internacionales.
- **Primer premio** del jurado en “Ingeniería deMuestra 2014” .

# Conclusiones

- Se relevó la literatura relacionada (CPP, DARP, TPP) y se presentaron **dos** variantes del problema.
- Se implementaron **cuatro** AE: dos para cada variante del problema.
- El análisis experimental se realizó sobre **instancias realistas**.
- Los AE implementados fueron comparados contra algoritmos ávidos.
- Variante monoobjetivo: mejoras en costo de hasta **35.9 %** (seqEA) y **41.0 %** ( $p\mu$ EA) sobre algoritmo ávido.
- Variante multiobjetivo: mejoras de hasta **72.8 %** y **101.2 %** ( $p\mu$ MOEA/D); **75.1 %** y **105.2 %** (NSGA-II) en costo y demora sobre algoritmos ávidos.
- Planificador de viajes compartidos en taxis, disponible públicamente en [www.mepaseaste.uy](http://www.mepaseaste.uy).
- **Cuatro** artículos en conferencias internacionales.
- **Primer premio** del jurado en “Ingeniería deMuestra 2014” .

# Conclusiones

- Se relevó la literatura relacionada (CPP, DARP, TPP) y se presentaron **dos** variantes del problema.
- Se implementaron **cuatro** AE: dos para cada variante del problema.
- El análisis experimental se realizó sobre **instancias realistas**.
- Los AE implementados fueron comparados contra algoritmos ávidos.
- Variante monoobjetivo: mejoras en costo de hasta **35.9 %** (seqEA) y **41.0 %** (p $\mu$ EA) sobre algoritmo ávido.
- Variante multiobjetivo: mejoras de hasta **72.8 %** y **101.2 %** (p $\mu$ MOEA/D); **75.1 %** y **105.2 %** (NSGA-II) en costo y demora sobre algoritmos ávidos.
- Planificador de viajes compartidos en taxis, disponible públicamente en [www.mepaseaste.uy](http://www.mepaseaste.uy).
- **Cuatro** artículos en conferencias internacionales.
- **Primer premio** del jurado en “Ingeniería de Muestra 2014” .

# Conclusiones

- Se relevó la literatura relacionada (CPP, DARP, TPP) y se presentaron **dos** variantes del problema.
- Se implementaron **cuatro** AE: dos para cada variante del problema.
- El análisis experimental se realizó sobre **instancias realistas**.
- Los AE implementados fueron comparados contra algoritmos ávidos.
- Variante monoobjetivo: mejoras en costo de hasta **35.9 %** (seqEA) y **41.0 %** (p $\mu$ EA) sobre algoritmo ávido.
- Variante multiobjetivo: mejoras de hasta **72.8 %** y **101.2 %** (p $\mu$ MOEA/D); **75.1 %** y **105.2 %** (NSGA-II) en costo y demora sobre algoritmos ávidos.
- Planificador de viajes compartidos en taxis, disponible públicamente en [www.mepaseaste.uy](http://www.mepaseaste.uy).
- **Cuatro** artículos en conferencias internacionales.
- **Primer premio** del jurado en “Ingeniería de Muestra 2014” .

# Conclusiones

- Se relevó la literatura relacionada (CPP, DARP, TPP) y se presentaron **dos** variantes del problema.
- Se implementaron **cuatro** AE: dos para cada variante del problema.
- El análisis experimental se realizó sobre **instancias realistas**.
- Los AE implementados fueron comparados contra algoritmos ávidos.
- Variante monoobjetivo: mejoras en costo de hasta **35.9 %** (seqEA) y **41.0 %** (p $\mu$ EA) sobre algoritmo ávido.
- Variante multiobjetivo: mejoras de hasta **72.8 %** y **101.2 %** (p $\mu$ MOEA/D); **75.1 %** y **105.2 %** (NSGA-II) en costo y demora sobre algoritmos ávidos.
- Planificador de viajes compartidos en taxis, disponible públicamente en [www.mepaseaste.uy](http://www.mepaseaste.uy).
- **Cuatro** artículos en conferencias internacionales.
- **Primer premio** del jurado en “Ingeniería de Muestra 2014” .

# Conclusiones

- Se relevó la literatura relacionada (CPP, DARP, TPP) y se presentaron **dos** variantes del problema.
- Se implementaron **cuatro** AE: dos para cada variante del problema.
- El análisis experimental se realizó sobre **instancias realistas**.
- Los AE implementados fueron comparados contra algoritmos ávidos.
- Variante monoobjetivo: mejoras en costo de hasta **35.9 %** (seqEA) y **41.0 %** (p $\mu$ EA) sobre algoritmo ávido.
- Variante multiobjetivo: mejoras de hasta **72.8 %** y **101.2 %** (p $\mu$ MOEA/D); **75.1 %** y **105.2 %** (NSGA-II) en costo y demora sobre algoritmos ávidos.
- Planificador de viajes compartidos en taxis, disponible públicamente en [www.mepaseaste.uy](http://www.mepaseaste.uy).
- **Cuatro** artículos en conferencias internacionales.
- **Primer premio** del jurado en “Ingeniería deMuestra 2014” .



# Conclusiones

- Se relevó la literatura relacionada (CPP, DARP, TPP) y se presentaron **dos** variantes del problema.
- Se implementaron **cuatro** AE: dos para cada variante del problema.
- El análisis experimental se realizó sobre **instancias realistas**.
- Los AE implementados fueron comparados contra algoritmos ávidos.
- Variante monoobjetivo: mejoras en costo de hasta **35.9 %** (seqEA) y **41.0 %** (p $\mu$ EA) sobre algoritmo ávido.
- Variante multiobjetivo: mejoras de hasta **72.8 %** y **101.2 %** (p $\mu$ MOEA/D); **75.1 %** y **105.2 %** (NSGA-II) en costo y demora sobre algoritmos ávidos.
- Planificador de viajes compartidos en taxis, disponible públicamente en [www.mepaseaste.uy](http://www.mepaseaste.uy).
- **Cuatro** artículos en conferencias internacionales.
- **Primer premio** del jurado en “Ingeniería de Muestra 2014” .

# Conclusiones

- Se relevó la literatura relacionada (CPP, DARP, TPP) y se presentaron **dos** variantes del problema.
- Se implementaron **cuatro** AE: dos para cada variante del problema.
- El análisis experimental se realizó sobre **instancias realistas**.
- Los AE implementados fueron comparados contra algoritmos ávidos.
- Variante monoobjetivo: mejoras en costo de hasta **35.9 %** (seqEA) y **41.0 %** (p $\mu$ EA) sobre algoritmo ávido.
- Variante multiobjetivo: mejoras de hasta **72.8 %** y **101.2 %** (p $\mu$ MOEA/D); **75.1 %** y **105.2 %** (NSGA-II) en costo y demora sobre algoritmos ávidos.
- Planificador de viajes compartidos en taxis, disponible públicamente en [www.mepaseaste.uy](http://www.mepaseaste.uy).
- **Cuatro** artículos en conferencias internacionales.
- **Primer premio** del jurado en “Ingeniería de Muestra 2014” .

# Trabajo futuro

## Mejoras en los AE

- Implementar NSGA-II con subpoblaciones distribuidas.
- Incorporar **datos realistas del tráfico** para considerar rutas alternativas.
- Incorporar datos de la **disponibilidad de los taxis** en tiempo real.

## Mejoras en el planificador de viajes compartidos

- Mejorar la experiencia de los usuarios.
- Desarrollar versiones para Android y Windows Phone.
- Soportar la variante multiobjetivo.

## Problemas relacionados

- Estudiar otras variantes del problema (many-to-one, many-to-many).
- Estudiar la aplicabilidad de los AE a otros escenarios.

# Trabajo futuro

## Mejoras en los AE

- Implementar NSGA-II con subpoblaciones distribuidas.
- Incorporar **datos realistas del tráfico** para considerar rutas alternativas.
- Incorporar datos de la **disponibilidad de los taxis** en tiempo real.

## Mejoras en el planificador de viajes compartidos

- Mejorar la experiencia de los usuarios.
- Desarrollar versiones para Android y Windows Phone.
- Soportar la variante multiobjetivo.

## Problemas relacionados

- Estudiar otras variantes del problema (many-to-one, many-to-many).
- Estudiar la aplicabilidad de los AE a otros escenarios.

# Trabajo futuro

## Mejoras en los AE

- Implementar NSGA-II con subpoblaciones distribuidas.
- Incorporar **datos realistas del tráfico** para considerar rutas alternativas.
- Incorporar datos de la **disponibilidad de los taxis** en tiempo real.

## Mejoras en el planificador de viajes compartidos

- Mejorar la experiencia de los usuarios.
- Desarrollar versiones para Android y Windows Phone.
- Soportar la variante multiobjetivo.

## Problemas relacionados

- Estudiar otras variantes del problema (many-to-one, many-to-many).
- Estudiar la aplicabilidad de los AE a otros escenarios.

# Trabajo futuro

## Mejoras en los AE

- Implementar NSGA-II con subpoblaciones distribuidas.
- Incorporar **datos realistas del tráfico** para considerar rutas alternativas.
- Incorporar datos de la **disponibilidad de los taxis** en tiempo real.

## Mejoras en el planificador de viajes compartidos

- Mejorar la experiencia de los usuarios.
- Desarrollar versiones para Android y Windows Phone.
- Soportar la variante multiobjetivo.

## Problemas relacionados

- Estudiar otras variantes del problema (many-to-one, many-to-many).
- Estudiar la aplicabilidad de los AE a otros escenarios.

# Trabajo futuro

## Mejoras en los AE

- Implementar NSGA-II con subpoblaciones distribuidas.
- Incorporar **datos realistas del tráfico** para considerar rutas alternativas.
- Incorporar datos de la **disponibilidad de los taxis** en tiempo real.

## Mejoras en el planificador de viajes compartidos

- Mejorar la experiencia de los usuarios.
- Desarrollar versiones para Android y Windows Phone.
- Soportar la variante multiobjetivo.

## Problemas relacionados

- Estudiar otras variantes del problema (many-to-one, many-to-many).
- Estudiar la aplicabilidad de los AE a otros escenarios.

# Trabajo futuro

## Mejoras en los AE

- Implementar NSGA-II con subpoblaciones distribuidas.
- Incorporar **datos realistas del tráfico** para considerar rutas alternativas.
- Incorporar datos de la **disponibilidad de los taxis** en tiempo real.

## Mejoras en el planificador de viajes compartidos

- Mejorar la experiencia de los usuarios.
- Desarrollar versiones para Android y Windows Phone.
- Soportar la variante multiobjetivo.

## Problemas relacionados

- Estudiar otras variantes del problema (many-to-one, many-to-many).
- Estudiar la aplicabilidad de los AE a otros escenarios.



# Trabajo futuro

## Mejoras en los AE

- Implementar NSGA-II con subpoblaciones distribuidas.
- Incorporar **datos realistas del tráfico** para considerar rutas alternativas.
- Incorporar datos de la **disponibilidad de los taxis** en tiempo real.

## Mejoras en el planificador de viajes compartidos

- Mejorar la experiencia de los usuarios.
- Desarrollar versiones para Android y Windows Phone.
- Soportar la variante multiobjetivo.

## Problemas relacionados

- Estudiar otras variantes del problema (many-to-one, many-to-many).
- Estudiar la aplicabilidad de los AE a otros escenarios.

# Trabajo futuro

## Mejoras en los AE

- Implementar NSGA-II con subpoblaciones distribuidas.
- Incorporar **datos realistas del tráfico** para considerar rutas alternativas.
- Incorporar datos de la **disponibilidad de los taxis** en tiempo real.

## Mejoras en el planificador de viajes compartidos

- Mejorar la experiencia de los usuarios.
- Desarrollar versiones para Android y Windows Phone.
- Soportar la variante multiobjetivo.

## Problemas relacionados

- Estudiar otras variantes del problema (many-to-one, many-to-many).
- Estudiar la aplicabilidad de los AE a otros escenarios.

Gracias