

# Modelos Bioinspirados y Heurísticas de Búsqueda

## PRÁCTICA 3

Algoritmos de Optimización  
Basados en Colonias de Hormigas



Pablo Cordon Hidalgo

## ÍNDICE

<b>1.- Introducción.....</b>	<b>2</b>
<b>2.- Algoritmo De Búsqueda Greedy.....</b>	<b>3</b>
<b>3.- Algoritmo Sistema de Hormigas.....</b>	<b>4</b>
<b>4.- Algoritmo Sistema de Hormigas Elitista.....</b>	<b>6</b>
<b>5.- Algoritmo Sistema de Colonia de Hormigas.....</b>	<b>8</b>
<b>7.- Comparación de Algoritmos.....</b>	<b>10</b>
<b>7.1.- Observaciones.....</b>	<b>15</b>
<b>8.- Conclusiones.....</b>	<b>15</b>

## INTRODUCCIÓN

En este documento se verán y analizarán los resultados de la aplicación de los algoritmos Sistema de Hormigas, Sistema de Hormigas Elitistas y Sistema de Colonia de Hormigas en el Problema del Viajante de Comercio (Travelling Salesman Problem, TSP).

Los datasets usados han sido Ch130 y A280, de la biblioteca TSPLIB (<http://comopt.ifl.uni-heidelberg.de/software/TSPLIB95/tsp/>), todas ellas correspondientes al TSP simétrico

Ejecutaremos cada algoritmo 3 veces, cada una de ellas con una semilla diferente, para comparar resultados. Las semillas usadas en esta práctica son:  
[1234,5678,7890]

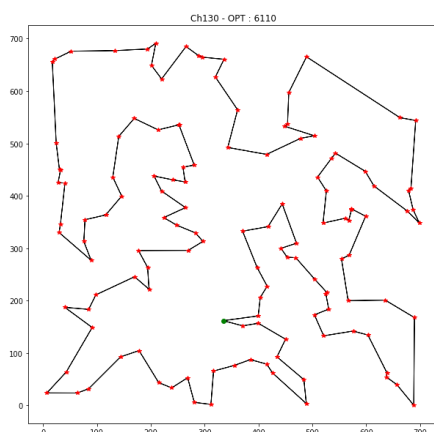
NOTA: En las gráficas hemos usado el color **naranja para el mejor coste** y el **azul para la media de costes**

## SOLUCIONES OPTIMAS

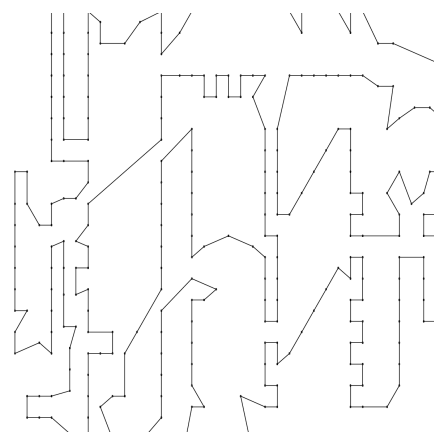
Ch130	
Algoritmo	Kms. mejor
Optima	6110
A280	
Algoritmo	Kms. mejor
Optima	2579

### ● Representación gráfica de la mejor solución

**Ch130**



**A280**



## ALGORITMO DE BÚSQUEDA GREEDY

Este algoritmo, dada una ciudad inicial, escogerá siempre la solución de menor coste de todas las posibles desde su ciudad hasta recorrer todo el dataset.

Ch130							
Algoritmo	Ev. Mejor	Ev. Media	Ev. Desv	Kms. mejor	Kms. Media	Kms. Desv	Tiempo
Greedy	1	1	-	7579	7579	-	50
A280							
Algoritmo	Ev. Mejor	Ev. Media	Ev. Desv	Kms. mejor	Kms. Media	Kms. Desv	Tiempo
Greedy	1	1	-	3157	3157	-	127

En esta práctica este algoritmo es usado simplemente en comparaciones con el resto de algoritmos y para obtener valores de ciertos parámetros

## ALGORITMO SISTEMA DE HORMIGAS

Los algoritmos de Optimización Basados en Colonias de Hormigas (OCH) reproducen el comportamiento de las hormigas reales en una colonia artificial de hormigas para resolver problemas complejos de camino mínimo.

Cada hormiga artificial es un mecanismo probabilístico de construcción de soluciones al problema (un agente que imita a la hormiga natural) que utiliza:

- Información heurística  $\eta$  sobre la instancia concreta del problema
- Unos rastros de feromona (artificiales)  $\tau$  que cambian con el tiempo para reflejar la experiencia adquirida por los agentes en la resolución del problema

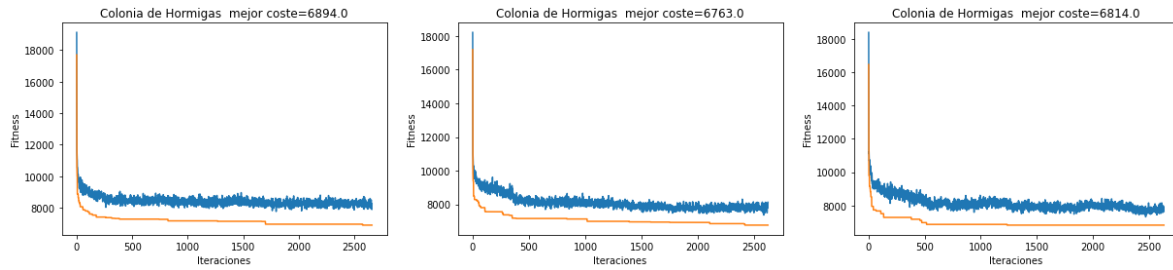
Mediante esta actualización de las feromonas artificiales se refuerza la búsqueda del camino más corto sin dejar de lado la posibilidad de exploración gracias al factor probabilístico a la hora de escoger la siguiente ciudad en la generación de soluciones.

Al final, el algoritmo devuelve la mejor solución encontrada de todas las iteraciones ejecutadas.

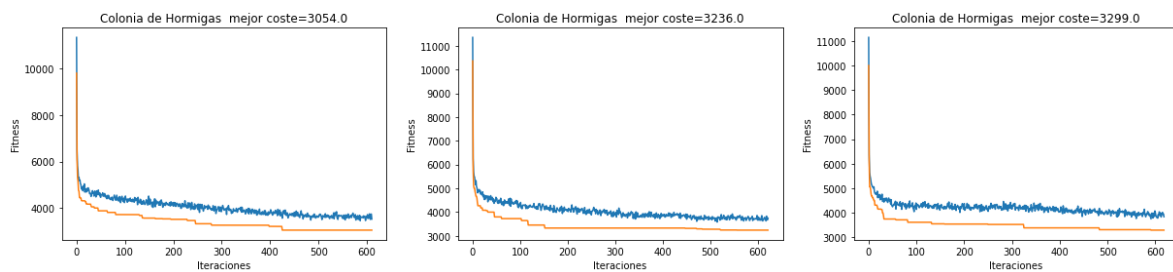
Ch130							
Algoritmo	Ev. Mejor	Ev. Media	Ev. Desv	Kms. mejor	Kms. Media	Kms. Desv	Tiempo
SH	25650	25680	42.426	6763	6843.666	80.747	900.261
A280							
Algoritmo	Ev. Mejor	Ev. Media	Ev. Desv	Kms. mejor	Kms. Media	Kms. Desv	Tiempo
SH	6000	6013.333	18.856	3054	3196.333	103.879	900.801

- Representación gráfica de costes

## Ch130

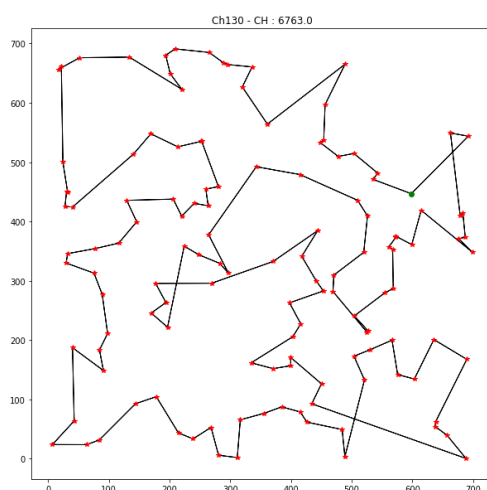


## A280

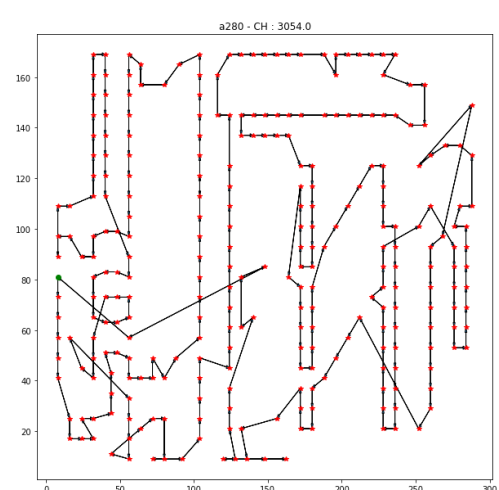


- Representación gráfica de la mejor solución

## Ch130



## A280



## ALGORITMO SISTEMA DE HORMIGAS ELITISTA

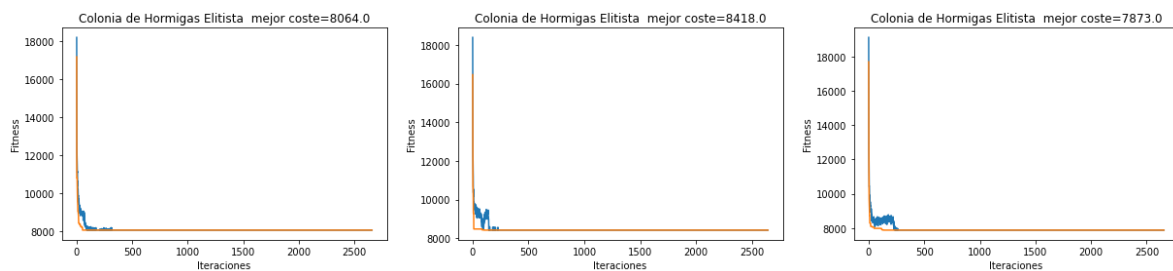
El algoritmo de Sistema de Hormigas Elitista (SHE) se basa completamente en la implementación del algoritmo de Sistema de Hormigas, cambiando ligeramente la regla de actualización de la matriz de feromonas para reforzar los buenos arcos.

Así se puede lograr que todas las hormigas converjan más rápido hacia la mejor solución encontrada hasta el momento, reduciendo la exploración y aumentando la explotación.

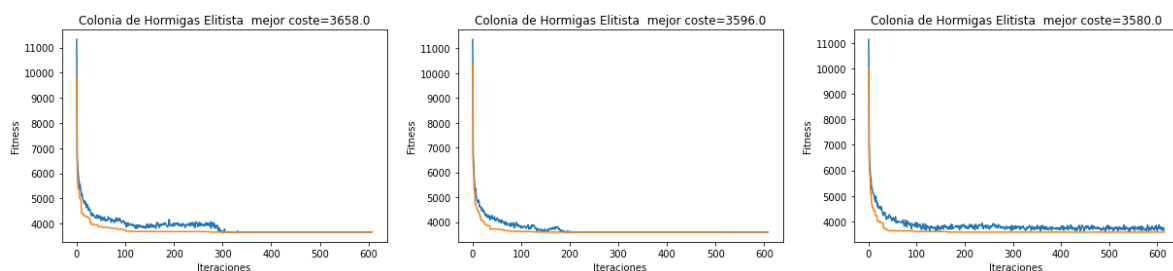
Ch130							
Algoritmo	Ev. Mejor	Ev. Media	Ev. Desv	Kms. mejor	Kms. Media	Kms. Desv	Tiempo
SHE	26190	26350	172.819	7873	8118.333	225.788	900.161
A280							
Algoritmo	Ev. Mejor	Ev. Media	Ev. Desv	Kms. mejor	Kms. Media	Kms. Desv	Tiempo
SHE	5940	5996.666	44.969	3580	3611.333	33.638	900.81

- Representación gráfica de costes

### Ch130

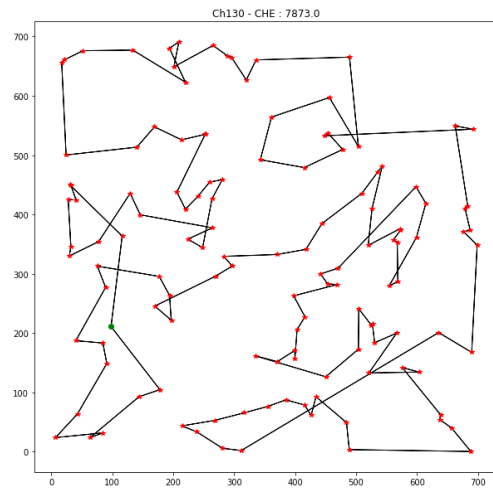


### A280

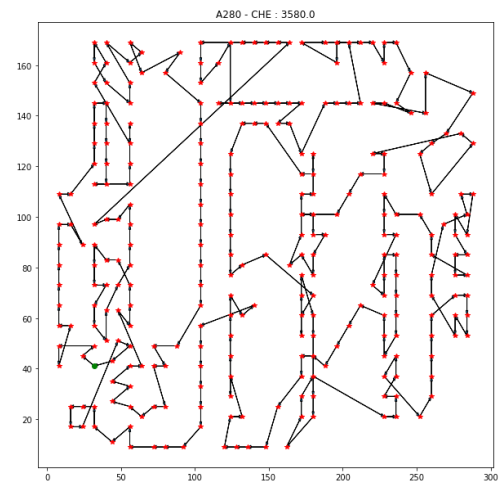


- Representación gráfica de la mejor solución

**Ch130**



**A280**





## ALGORITMO SISTEMA DE COLONIA DE HORMIGAS

El Sistema de Colonia de Hormigas (SCH), (Ant Colony System, (ACS)) es también una mejora del algoritmo original de Sistema de Hormigas, que extiende a su predecesor en tres aspectos:

- La regla probabilística de transición establece un equilibrio entre la exploración de nuevos arcos y la explotación de la información acumulada, escogiendo de forma aleatoria si el siguiente arco se genera con una ciudad aleatoria no visitada o con la ciudad de mayor relación heurística-feromona.

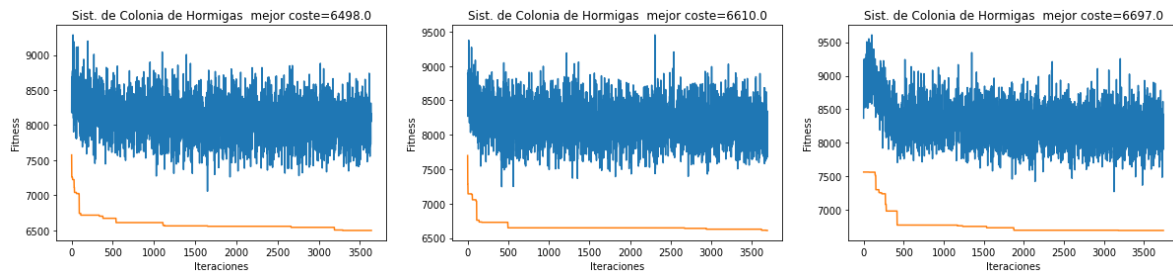
Por otro lado, se elimina la actualización global de feromonas y se establecen dos tipos de actualizaciones:

- **Actualización global:** sólo se considera la hormiga que generó la mejor solución hasta ahora, y sólo se evapora feromona en los arcos que componen ésta, aumentando así la explotación del entorno en futuras iteraciones.
- **Actualización Local:** cada hormiga modifica automáticamente la feromona de cada arco que visita, dejándolo igual si este valor es igual a la inicial y reduciéndolo en otro caso, para diversificar la búsqueda.

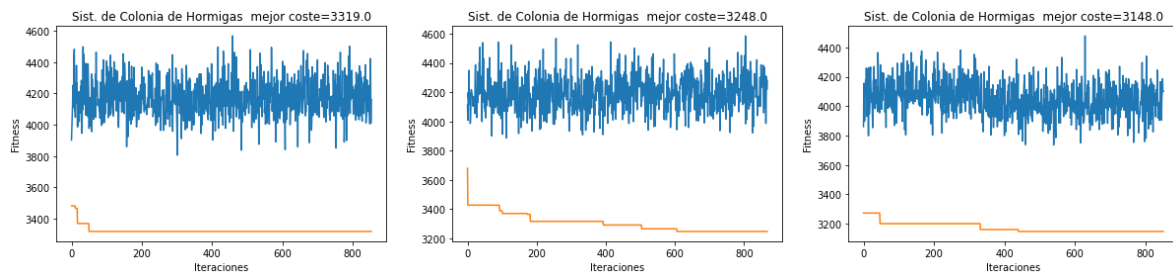
Ch130							
Algoritmo	Ev. Mejor	Ev. Media	Ev. Desv	Kms. mejor	Kms. Media	Kms. Desv	Tiempo
SCH	36400	36926.666	428.667	6498	6601.666	81.454	900.129
A280							
Algoritmo	Ev. Mejor	Ev. Media	Ev. Desv	Kms. mejor	Kms. Media	Kms. Desv	Tiempo
SCH	8520	8580	71.180	3148	3238.333	70.144	900.581

- Representación gráfica de costes

## Ch130

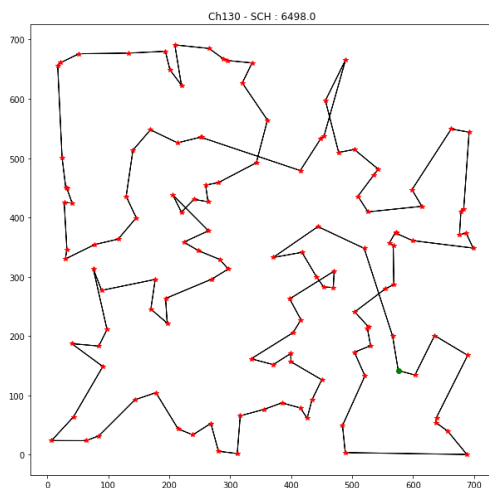


## A280

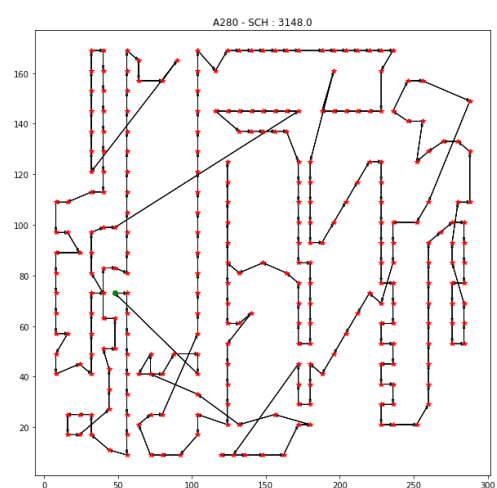


- Representación gráfica de la mejor solución

## Ch130



## A280



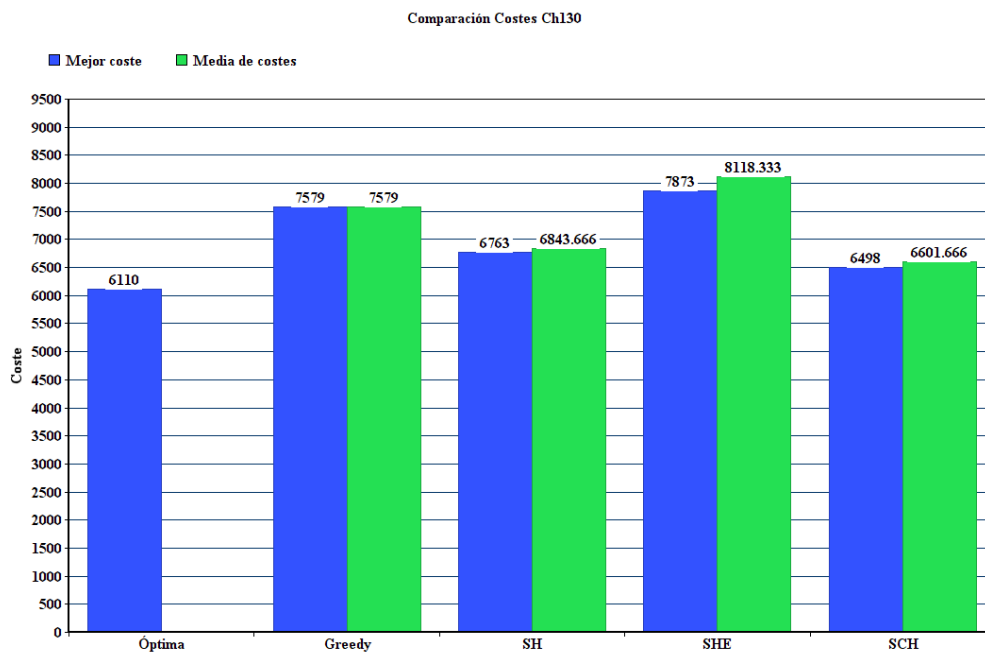
## COMPARACIÓN DE ALGORITMOS

- Tabla comparativa

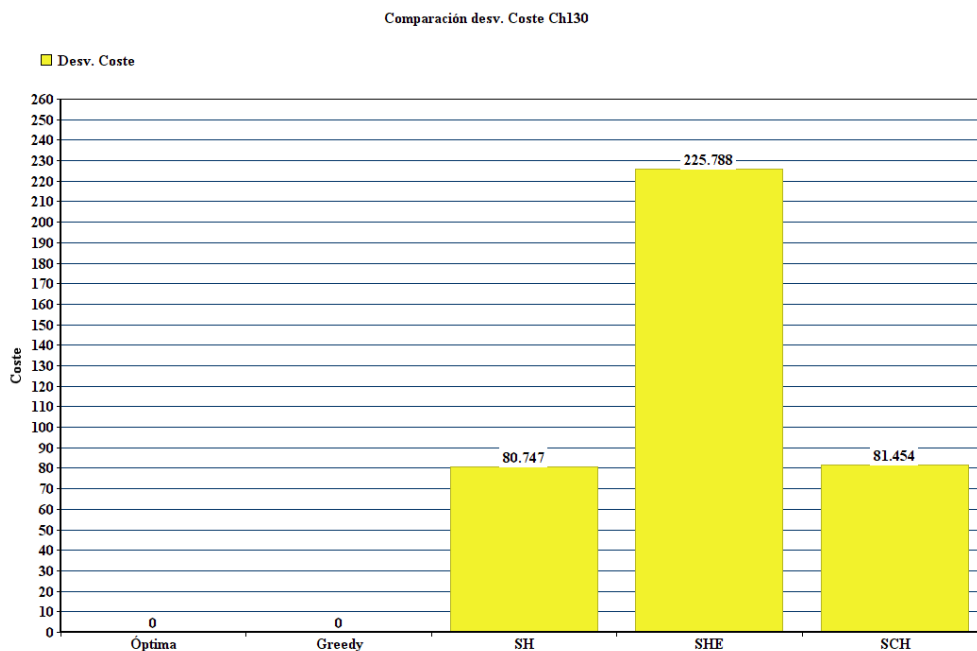
Ch130							
Algoritmo	Ev. Mejor	Ev. Media	Ev. Desv	Fitness. mejor	Fitness. Media	Fitness. Desv	Tiempo
Optima	-	-	-	6110	-	-	-
Greedy	1	1	-	7579	7579	-	0.50
SH	25650	25680	42.426	6763	6843.666	80.747	900.261
SHE	26190	26350	172.819	7873	8118.333	225.788	900.161
<b>SCH</b>	<b>36400</b>	<b>36926.666</b>	<b>428.667</b>	<b>6498</b>	<b>6601.666</b>	<b>81.454</b>	<b>900.129</b>
A280							
Algoritmo	Ev. Mejor	Ev. Media	Ev. Desv	Fitness. mejor	Fitness. Media	Fitness. Desv	Tiempo
Optima	-	-	-	2579	-	-	-
Greedy	1	1	-	3157	3157	-	0.127
<b>SH</b>	<b>6000</b>	<b>6013.333</b>	<b>18.856</b>	<b>3054</b>	<b>3196.333</b>	<b>103.879</b>	<b>900.801</b>
SHE	5940	5996.666	44.969	3580	3611.333	33.638	900.81
SCH	8520	8580	71.180	3148	3238.333	70.144	900.581

## GRÁFICAS Ch130

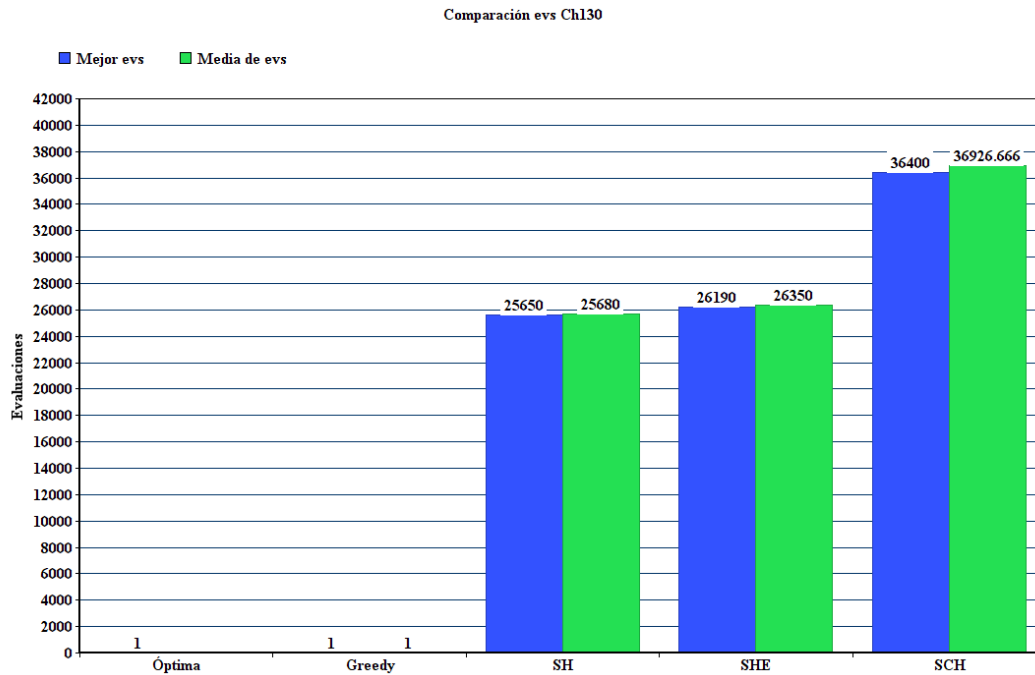
- Gráfica de comparación de costes



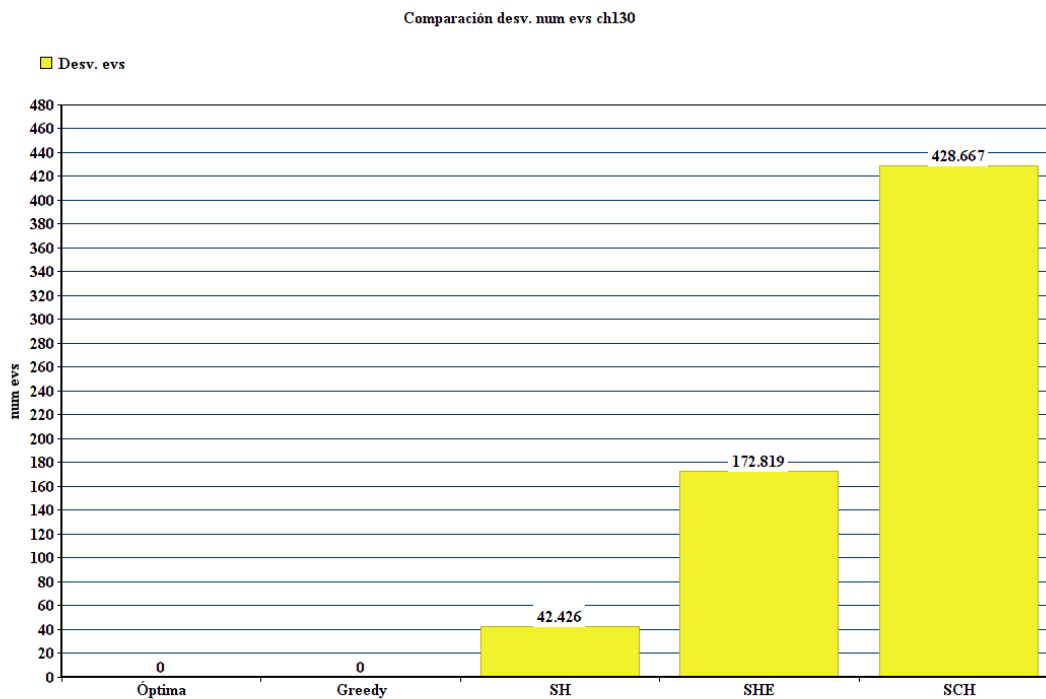
- Gráfica de comparación de desviación típica de los costes



- Gráfica de comparación de número de llamadas a la función de evaluación

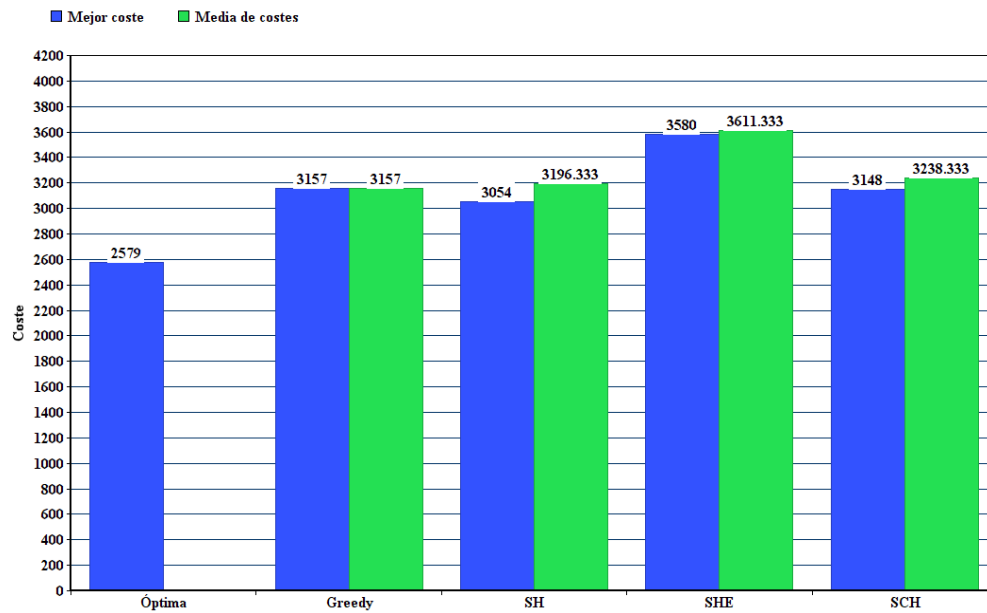


- Gráfica de comparación de desviación típica en el número de llamadas a la función de evaluación



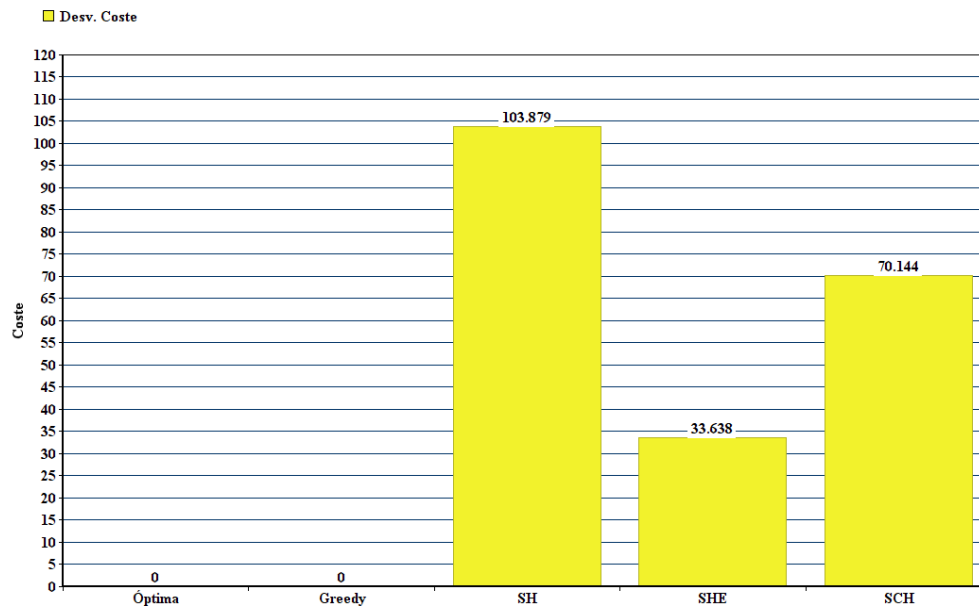
## GRÁFICAS A280

- Gráfica de comparación de costes

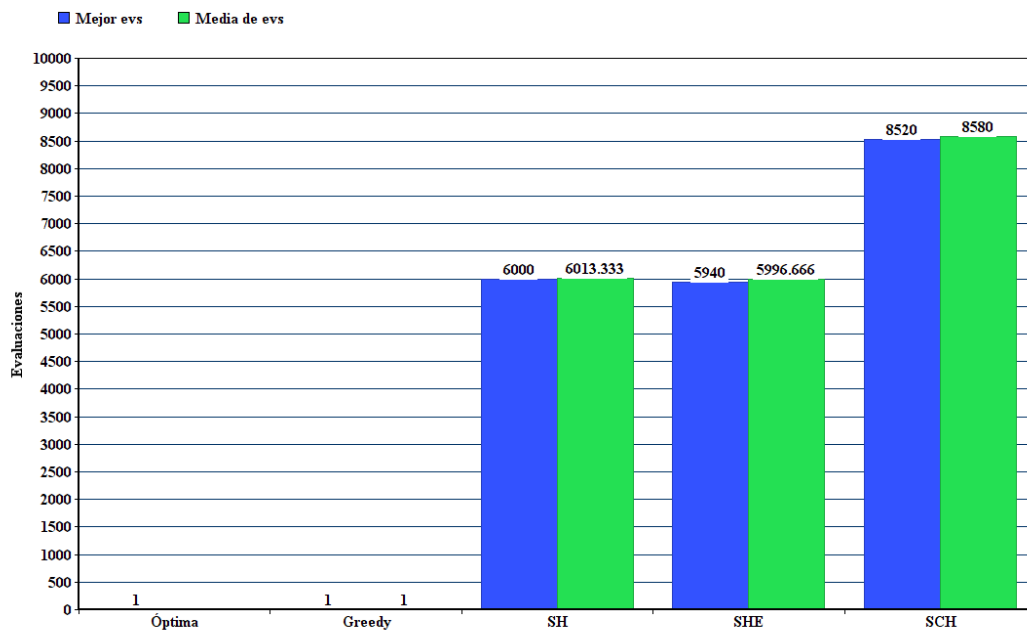


- Gráfica de comparación de desviación típica de los costes

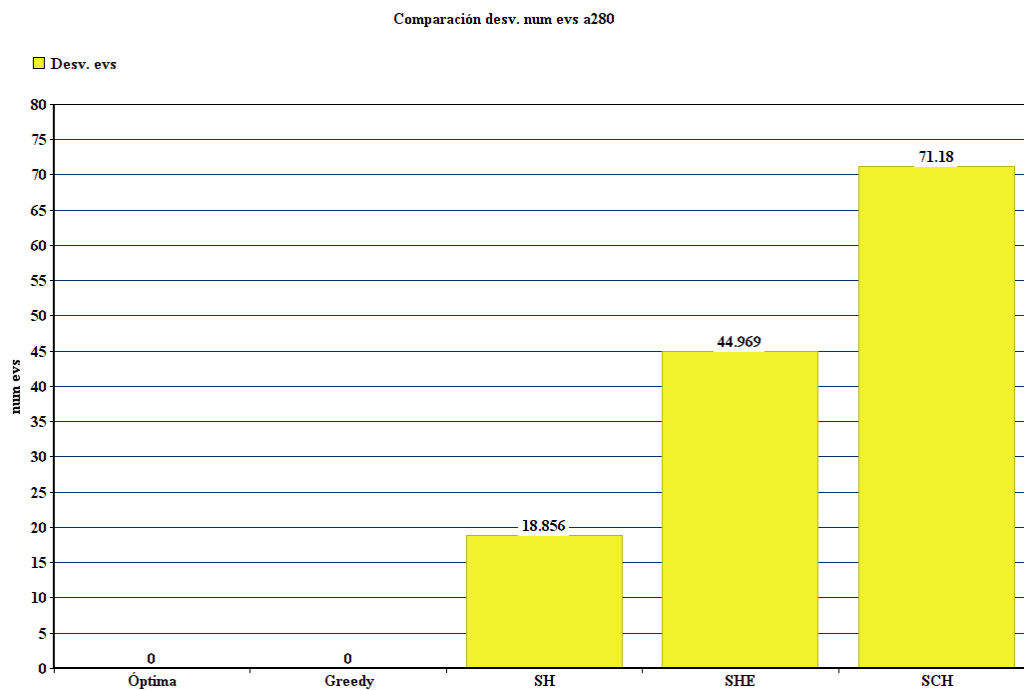
Comparación desv. Coste a280



- Gráfica de comparación de número de llamadas a la función de evaluación



- Gráfica de comparación de desviación típica en el número de llamadas a la función de evaluación



## OBSERVACIONES

- La duración de todos los algoritmos de Hormigas oscila en los 900 segundos. Esto se debe a que se ha limitado el tiempo de ejecución de cada algoritmo a 5 minutos, y cada algoritmo se realiza 3 veces con una semilla diferente.
- Los picos que podemos observar en las gráficas de **coste medio** del algoritmo SCH se corresponden a cada vez que el algoritmo elige una ciudad aleatoria en la regla probabilística
- La mayor desviación típica respecto al número de llamadas a la función de coste la tiene el SCH. Esto se debe a que tenemos el tiempo de ejecución del algoritmo limitado a 5 minutos, y la velocidad de ejecución de cada hormiga en este algoritmo es relativamente variable.
- En el dataset Ch130, la mejor solución la obtiene el algoritmo SCH, mientras que en el dataset A280, la mejor solución la obtiene el SH, muy seguido del SCH. Esto puede deberse a la distribución del problema, que hace que un algoritmo se comporte mejor que otro en cada caso.
- En ambos datasets las peores soluciones se obtienen con el algoritmo SHE. Esto puede deberse a que alcanza soluciones “óptimas” en pocas iteraciones y se dedica más a la explotación que a la exploración. Cuando se obtiene una buena solución, difícilmente mejorable, el algoritmo se acaba estancando en esta.

## CONCLUSIONES

En esta práctica hemos diseñado e implementado diversos algoritmos de optimización basados en Colonias de Hormigas. Como podemos observar, estos algoritmos son capaces de superar con creces al algoritmo greedy, llegando incluso a acercarse a la solución óptima.

Al estar limitado el tiempo de cada ejecución a 5 minutos, esto nos condiciona a poseer mejores equipos si queremos mejores y más rápidos resultados. En el caso de tener más tiempo por ejecución, probablemente nuestros resultados mejorarían.

Por lo general, la desviación típica del coste no es muy grande en este dataset, pero teniendo en cuenta la robustez de los algoritmos, el más robusto teniendo en cuenta coste y llamadas a la función fitness es el SH Básico, ya que su número de iteraciones y parámetros numéricos son constantes.