

**J. Ángel Velázquez Iturbide**

**Resultados de Tres Sesiones de  
Indagación Experimental sobre  
Algoritmos Voraces**

**Número 2011-04**

**Serie de Informes Técnicos DLSI1-URJC**

**ISSN 1988-8074**

**Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos I**

**Universidad Rey Juan Carlos**



## Índice

1	Introducción .....	1
2	Primera Evaluación .....	2
2.1	Metodología .....	2
2.1.1	Primera Sesión.....	2
2.1.2	Segunda Sesión .....	3
2.1.3	Entrevistas .....	4
2.1.4	Análisis de los Informes .....	4
2.2	Resultados de la Primera Sesión .....	4
2.2.1	Resultados sobre las Funciones de Selección.....	4
2.2.2	Resultados sobre el Uso de SEDA .....	9
2.3	Resultados de la Segunda Sesión .....	14
2.4	Resultados de las Entrevistas .....	19
2.5	Discusión.....	20
3	Segunda Evaluación .....	21
3.1	Metodología .....	21
3.1.1	Primera Sesión.....	21
3.1.2	Segunda Sesión .....	22
3.2	Resultados .....	22
3.2.1	Resultados sobre las Funciones de Selección.....	23
3.2.1	Resultados sobre el Uso de SEDA .....	24
3.3	Resultados de la Segunda Sesión .....	29
3.4	Discusión.....	33
4	Tercera Evaluación.....	34
4.1	Metodología .....	34
4.1.1	Sesión de Familiarización .....	34
4.1.2	Primera Sesión.....	35
4.1.2	Segunda Sesión .....	35
4.2	Resultados de la Primera Sesión .....	36
4.2.1	Resultados sobre las Funciones de Selección.....	36
4.2.2	Resultados sobre el Uso de GreedEx.....	39
4.3	Resultados de la Segunda Sesión .....	45
4.4	Resultados de las Observaciones.....	48
4.4.1	Sesión de Familiarización .....	48
4.4.2	Primera Sesión.....	48
4.4.3	Segunda Sesión .....	49
4.4.4	Participación global.....	49
4.5	Discusión.....	51
5	Discusión.....	52
6	Conclusiones .....	55
	Agradecimientos .....	55
	Referencias.....	56
	Apéndice A: Enunciados y Modelos de Informe de la Primera Evaluación .....	57
	Apéndice B: Enunciados y Modelos de Informe de la Segunda Evaluación.....	63
	Apéndice C: Enunciados y Modelos de Informe de la Tercera Evaluación .....	69



# Resultados de Tres Sesiones de Indagación Experimental sobre Algoritmos Voraces

J. Ángel Velázquez Iturbide

Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos I, Universidad Rey Juan Carlos,  
C/ Tulipán s/n, 28933, Móstoles, Madrid  
angel.velazquez@urjc.es

**Resumen.** Recientemente hemos diseñado un nuevo método didáctico de introducción a los algoritmos voraces. El método pretende que el alumno indague sobre posibles funciones de selección, y determinando mediante experimentación cuáles son óptimas. La experimentación fomenta el aprendizaje activo y está apoyado por unos ayudantes interactivos (inicialmente AMO y SEDA, ahora uno único llamado GreedEx). Este informe presenta los resultados de tres sesiones dedicadas al problema de la selección de actividades. Se describe el protocolo utilizado en las evaluaciones, los resultados de las evaluaciones, y una discusión de los mismos. Los resultados han sufrido una gran evolución (de malos a buenos). Las primeras evaluaciones permitieron identificar malentendidos de los alumnos que se han utilizado para mejorar el método experimental, el sistema GreedEx, la didáctica de la materia y las propias evaluaciones.

**Palabras clave:** Algoritmos voraces, indagación, experimentación, evaluación.

## 1 Introducción

Recientemente hemos diseñado un nuevo método didáctico para el aprendizaje de los algoritmos voraces [1]. El método pretende que el alumno indague y aprenda de forma activa mediante experimentación, auxiliándose de sistemas interactivos. Dado un problema a resolver con un algoritmo voraz, se plantean diversas funciones de selección para que el alumno determine experimentalmente cuáles parecen ser óptimas. Inicialmente disponíamos de tres ayudantes interactivos (llamados AMO y SEDA [1, 2] y TuMiST [3]); recientemente, hemos unido los dos primeros en un solo sistema llamado GreedEx [4]. En otros trabajos hemos detallado los resultados de varias evaluaciones de usabilidad de AMO [5] y de SEDA [6, 7], realizadas en sesiones de prácticas. Este informe presenta un análisis del contenido de las prácticas entregadas en tres ocasiones (dos coincidentes con las últimas evaluaciones de SEDA y la tercera más reciente coincidente con una evaluación de GreedEx). Este análisis permite valorar la bondad del método didáctico.

La estructura del informe es la siguiente. Los apartados 2, 3 y 4 describen los resultados de las tres sesiones de prácticas. Cada uno de estos apartados incluye el protocolo utilizado y los resultados, desglosados en etapas. El apartado 5 contiene una

discusión a partir de la evolución de los resultados numéricos de las evaluaciones. Por último, incluimos unas breves conclusiones. Finalmente, seis apéndices recogen información detallada de las tres evaluaciones, tanto de los documentos como de las respuestas de los alumnos.

## 2 Primera Evaluación

La práctica pertenecía al capítulo “Algoritmos voraces” de la asignatura troncal “Diseño y Análisis de Algoritmos”, de tercer curso de Ingeniería Informática. Se realizó en enero de 2009, en dos sesiones de laboratorio de dos horas de duración cada una. Incluimos el enunciado y el modelo de informe de ambas sesiones en el Apéndice A.

Los cuatro apartados siguientes contienen el protocolo utilizado y los resultados, desglosados en tres etapas.

### 2.1 Metodología

Antes de realizar la práctica, el profesor había impartido 3 horas de clase (la primera clase de una hora y la segunda de dos), con el siguiente contenido:

1. Se motivó la técnica con el problema del cambio de monedas. Después se comparó la técnica con la de vuelta atrás y se presentaron sus elementos y esquema. Por último, se presentó el problema del árbol recubridor de coste mínimo (algoritmos de Prim y Kruskal).
2. Se presentó el problema de la planificación de tareas en el sistema, reflexionando sobre la existencia de varias funciones de selección y la elección de las óptimas. También se usó TuMiST para ilustrar el árbol recubridor de coste mínimo y se presentó el problema de la mochila, que se ilustró con AMO y se comentaron distintas implementaciones.

#### 2.1.1 Primera Sesión

Al comienzo de la primera sesión, los alumnos se descargaron de la *web* de la asignatura (con la que ya estaban familiarizados) todo el material necesario para realizarla: enunciado, asistente interactivo SEDA y modelo de informe. Además, se les entregó en papel un cuestionario de opinión sobre SEDA para evaluar su usabilidad [6].

El enunciado de la práctica contenía la especificación del problema y una breve descripción de SEDA. Se pedía que realizaran tres tareas:

1. Utilizar SEDA para determinar una función de selección óptima entre las ofrecidas.
2. Complimentar y entregar electrónicamente un breve informe, siguiendo el modelo proporcionado. Su estructura era muy sencilla: funciones de selección propuestas y justificación de cada una; a su vez, cada justificación constaba de

un razonamiento informal, un resumen de la evidencia experimental aportada y ejemplos detallados de dicha evidencia.

3. Rellenar y entregar por escrito el cuestionario de opinión sobre SEDA.

Se permitió que la realización de la práctica y la entrega del informe se efectuaran en parejas, pero el cuestionario debía ser individual. Ambos debían entregarse durante la propia sesión. En total participaron 31 alumnos organizados en 18 grupos (13 parejas y 5 individuales).

La versión de SEDA que utilizaron estaba bastante mejorada, incluyendo varias funciones de ejecución de las funciones de selección para unos datos de entrada dados, tres tablas de datos, y exportación de la secuencia completa de visualizaciones correspondientes a una ejecución.

Para distinguir en el resto del informe las funciones de selección, utilizamos las siguientes abreviaturas:

- Orden creciente/decreciente de índice de la actividad: OCI/ODI.
- Orden creciente/decreciente de comienzo de actividad: OCC/ODC.
- Orden creciente/decreciente de fin de actividad: OFC/OFC.
- Orden creciente/decreciente de duración de la actividad: OCD/ODD.

### 2.1.2 Segunda Sesión

Tras la sesión de laboratorio, el profesor impartió otras 3 horas de clase (de nuevo, una clase de una hora y otra de dos), con el siguiente contenido:

1. Se dedicó al algoritmo de Dijkstra.
2. Se revisaron las culturas de la Informática (formal, ingenieril y experimental) y conceptos de experimentación (hipótesis, planificación experimental, refutación, contraejemplo, evidencia empírica, y razonamientos inductivo y formal), mostrando su relación con otros conceptos de programación (verificación y pruebas). También se buscaron contraejemplos para la resolución de los problemas de la mochila, la mochila 0/1 y el cambio de monedas (caso general).

Al comienzo de la segunda sesión de laboratorio, el profesor identificó qué funciones de selección eran óptimas (OCF y ODC). Los alumnos tenían que trabajar en los mismos grupos que en la primera sesión. Dependiendo de las respuestas dadas en la primera sesión, tenían que realizar tareas diferentes:

- Por cada función de selección identificada erróneamente como óptima, tenían que encontrar un contraejemplo.
- Por cada función de selección óptima que no habían identificado, tenían que revisar su experimentación y explicar porqué no la habían seleccionado.

Los alumnos debían realizar la práctica durante la sesión de prácticas, incluyendo la escritura y entrega por correo electrónico de un breve informe.

En la sesión participaron 24 alumnos organizados en 11 grupos (9 parejas y 2 individuales).

### 2.1.3 Entrevistas

Durante el mes de marzo de 2009 se hizo un análisis detallado (aunque no tan exhaustivo como el aquí presentado) de los informes entregados, observando que no era posible comprender el razonamiento que había tras muchas de las respuestas. Por tanto, se intentó entrevistas a algunos alumnos. Como la asignatura es cuatrimestral, ya había acabado y no parecía adecuado volver a llamar a los alumnos. Dado que en el segundo cuatrimestre, se imparte la asignatura optativa “Estructuras de Datos y Algoritmos Avanzados”, del mismo curso, se buscó en la lista de matriculados de esta asignatura los alumnos que habían realizado la práctica. Se les invitó a tener una entrevista. Los cuatro alumnos potenciales accedieron a entrevistarse, aunque finalmente sólo aparecieron tres.

Se realizó una pregunta semiestructurada. No se partió de ningún guión pero el objetivo siempre era orientar la entrevista a comprender la razón de las respuestas de los alumnos, especialmente en aquellas partes que pudieran ser más oscuras.

### 2.1.4 Análisis de los Informes

Se realizó un primer análisis de los informes de ambas sesiones en marzo de 2009. Para cada informe, se registraron los datos relativos al uso de SEDA (véase Tabla 2): número de juegos de datos de entrada documentados y detallados, tamaño de los datos de entrada, y número de funciones de selección ejecutadas para cada juego. En cuanto a los resultados presentados y su catalogación, no se partió de ningún esquema prefijado claro. Las únicas categorías que podían preverse eran que la solución fuera correcta o incorrecta.

Cada informe tuvo que ser leído varias veces hasta comprender sus propuestas. Finalmente se obtuvo una clasificación provisional en 4 categorías [8], que aproximadamente coinciden con las categorías A, B, C-D y E-F.

En enero de 2011 se volvieron a analizar los informes de la primera sesión, teniendo que volver a leer cada informe varias veces. Se refinaron algunos de los elementos registrados de cada grupo (véase Tabla 2) y se rehicieron las categorías, dando lugar a los factores 1, 2 y 3 señalados en el apartado 2.2.1.

En mayo de 2011 se analizaron los informes de las sesiones tercera y segunda (en este orden). Cobró más importancia el factor 0, haciéndose una última revisión de los informes de la primera sesión.

## 2.2 Resultados de la Primera Sesión

Recordemos que participaron 18 grupos (véase sección 2.1.1). Para mayor claridad, presentamos los resultados del cuestionario separados en dos partes: resultados sobre las funciones de selección y resultados sobre el uso de SEDA.

### 2.2.1 Resultados sobre las Funciones de Selección

La Tabla 2 contiene un análisis de las respuestas de los grupos de prácticas. La tabla contiene las siguientes columnas:

- Número de grupo y estrategias propuestas. Se numeran los grupos y se identifican las funciones de selección propuestas, indicando si son correctas o

no. Por brevedad, no se nombran las dos funciones de selección óptimas (ODC y OCF) cuando no hay ambigüedad sobre ellas. Por similitud con trabajos anteriores, a las funciones de selección las denominamos “estrategias”.

- Categoría. Como comentamos a continuación, las respuestas se pueden agrupar en 5 categorías, que hemos numerado A-E.
- Número de ejemplos y ejecuciones. Un ejemplo representa un juego de datos de entrada que se presenta detalladamente como evidencia. Una ejecución representa cada juego de datos de entrada del que hay constancia en el informe de haber sido ejecutado. Normalmente, los ejemplos se seleccionan entre las ejecuciones realizadas.
- Tamaño de datos. Añade detalle sobre los ejemplos incluidos en el informe. Indica el número de actividades de cada juego de datos.
- Número de estrategias por ejecución. Añade detalle sobre las ejecuciones identificadas en el informe. Indica el número de estrategias óptimas y totales que se han probado por cada juego de datos.
- Justificación. Indica la bondad de la justificación informal de las estrategias propuestas como óptimas. Puede ser correcta, aceptable, descriptiva (describe en qué consiste), simulación (describe su ejecución) o sin justificación. A veces se alude a la simetría entre ODC y OCF; otras, la justificación es confusa.
- Evidencias. Detalla la forma de presentar evidencias de la conclusión. Generalmente son tablas, figuras, identificación de contraejemplos o cálculos adicionales.
- Razonamiento global. Indica las características del razonamiento realizado para proponer ciertas estrategias como óptimas.

Antes de presentar las categorías que proponemos, conviene que presentemos los 3 factores principales que caracterizan la respuesta de cada grupo.

0. *Propuesta de estrategias subóptimas.* Algunas funciones de selección son subóptimas pero son razonables, por lo que no es raro que se propongan. Este riesgo es mayor en problemas donde alguna estrategia es óptima en un número elevado de casos o cuyo valor no difiere demasiado del de las estrategias óptimas. Para el problema de selección de actividades, la primera de las situaciones se da con ODC, que es óptima en más de un 95% de los casos.

1. *Coherencia del razonamiento.* La mayor parte de los grupos han razonado coherentemente a partir de unos supuestos (aunque, como veremos en los dos factores siguientes, no siempre eran los del enunciado). Las incoherencias encontradas se deben a:

- Hacer una propuesta a partir de los resultados de unos ejemplos, ignorando la evidencia aportada por otros (G2, G16).
- Descartar estrategias óptimas sin haber encontrado ningún contraejemplo de ellas (G8).
- Incoherencia entre partes del informe (G11, G12, G13).

2. *Criterio de optimización adicional.* El enunciado del problema pide maximizar el número de actividades no solapadas. Un total de diez grupos propusieron un criterio adicional de optimización, que generalmente se refería al tiempo total de las actividades seleccionadas. Cuatro grupos propusieron maximizar dicho tiempo (G5, G11, G12, G14), mientras que cinco grupos propusieron minimizarlo (G9, G10, G15, G16, G18). Otro grupo (G7) propuso minimizar el tiempo de espera, aunque su explicación resulta confusa.

Veamos cómo explica el grupo G5 la razón de usar un segundo criterio:

“Aunque dentro de todas estas estrategias, hemos tomado como referencia para elegir «la mejor de las mejores» aquella que tiene mayor duración, porque aprovecha mejor el tiempo. (...) Por lo tanto, según este criterio, para estos datos de entrada, la mejor estrategia es la de orden creciente de índice [0,3,4,10], ya que realiza cuatro actividades y su tiempo de duración es de 11 unidades de tiempo.”

El concepto “más óptimo” es recurrente entre estos alumnos. Veamos lo que concluye el G7:

“En ambos dos ejemplos que hemos realizado, los resultados nos muestran que las estrategias más óptimas son las que habíamos escogido en un principio.”

Los grupos que proponen un criterio adicional operan en dos fases para cada juego de datos de entrada. Primero, determinan las mejores estrategias según la función objetivo del enunciado. En un segundo paso, intentan reducir su número aplicando el criterio adicional.

3. *Propuesta dependiente de los datos de entrada.* Una estrategia óptima debe dar un resultado óptimo para datos de entrada cualesquiera. Sin embargo, 5 grupos identificaban las estrategias óptimas para ciertos datos de entrada (G5, G9, G10, G14, G18). Este factor siempre aparece ligado al anterior (criterio de optimización adicional), aunque no a la inversa.

El G5 afirma:

“En la resolución del problema hemos encontrado cinco estrategias que nos dan un resultado óptimo, ya que las cinco realizan cuatro actividades. Los resultados obtenidos dependen íntegramente de los datos de entrada, ya que si estos cambian, las estrategias óptimas podrían variar. (...) Para estos datos de entrada las mejores estrategias son las que realizan seis actividades.”

Cada grupo cumple los factores anteriores de distinta forma. En principio podría haber  $2^4=16$  combinaciones distintas, pero los factores no son independientes. En efecto, sólo tiene sentido contemplar el factor 0 si se ha aplicado correctamente el método experimental y sin malentendidos, es decir en ausencia de los otros factores) Asimismo, en la práctica sólo se da el factor 3 con el 2, es decir, faltan las combinaciones formadas por los factores 3 y 1-3. En resumen, consideramos 7 categorías, como se muestra en la Tabla 1. Las dos primeras las hemos denominado casi igual (A1 y A2) por corresponder a casos muy cercanos.

**Tabla 1.** Clasificación de las respuestas de los grupos de la primera evaluación

Categoría	Factores	Grupos
A1	–	G1, G3, G4, G17
A2	0	G6
B	0-1	G2, G8, G13
C	0-2	G7, G15
D	0-1-2	G11, G12, G16
E	0-2-3	G9, G10, G14, G18
F	0-1-2-3	G5

Veamos cada categoría en detalle.

- A.** Factores – ó 0: 5 grupos (A1: G1, G3, G4, G17; A2: G6). Son grupos que respetan el enunciado del problema, sin proponer criterios de optimización adicionales, y hacen propuestas generales. Dieron una justificación razonada (al menos mínimamente) de las estrategias que propusieron, y su proceso deductivo es coherente. En esta evaluación no distinguimos entre las categorías A1 y A2 ya que sólo hay un grupo perteneciente a esta categoría. En las evaluaciones posteriores este factor cobra mayor importancia.

Tres grupos (G3, G4, G17) identificaron las estrategias óptimas. Otro grupo (G1) sólo identificó una por un error en la transcripción al informe de los resultados dados por SEDA. Otro grupo (G6) propuso también la estrategia OCD, lo cual es razonable dado el bajo número de ejecuciones que realizó (5).

Por ejemplo, G1 defendió la estrategia OCF así:

“La lógica tras esta estrategia es muy simple: al coger el orden creciente de fin nos garantizamos que introducimos primero aquellas actividades que dejen antes libre la instalación deportiva. De forma que, sin que estas se solapen, pueden aparecer más combinaciones deportivas.”

A veces son sofisticados o persistentes. Dos grupos (G1, G17) diseñaron datos manualmente. Asimismo, dos grupos (G3, G17), muestran el resultado de 13 y 9 ejecuciones, respectivamente, para comprobar en la ejecución 10 y 9, respectivamente, que la estrategia OCD no era óptima. Dos grupos (G3, G6) sólo dan detalles de la ejecución de 2 ejecuciones, aunque en la tabla resumen muestran 13 y 5, respectivamente. Un grupo (G17) sólo da detalles de 2 ejecuciones, pero son distintas de las 11 incluidas en la tabla resumen.

A pesar de lo anterior, estos grupos también cometen errores o su trabajo es peor de lo deseable. Un grupo (G1) omitió la estrategia ODC por un error al transcribir manualmente al informe los resultados de un conjunto de datos. Además, incluyó dos capturas de refuerzo de su tesis, pero que no avalan nada. Otro grupo (G3) presenta dos filas consecutivas iguales en la tabla resumen. Otro grupo (G17) hizo una mala selección de ejecuciones como evidencias porque resultan más de 2 estrategias óptimas (quizá las han producido a posteriori, sin preocuparse de su calidad).

- B.** Factor 1: 3 grupos (G2, G8, G13). Son grupos que se han ajustado al enunciado del problema, pero no han sido coherentes en el proceso deductivo.

El grupo G8 da una justificación aceptable de la estrategia elegida (OCD), pero descarta sin más explicaciones las dos estrategias óptimas. El grupo G13 propone 5 estrategias con el primer juego de datos, que luego reduce a 4 tras unos segundos datos.

El grupo G2 es más problemático. Propone 5 estrategias mejores para el primer juego de datos. Sobre un segundo juego de datos, sólo 4 de estas estrategias producen los mejores resultados, pero no descarta la quinta. Acaba con dos ejecuciones en las que todas las estrategias dan el mismo resultado. Queda la duda de si este grupo propone estrategias para cada juego de datos, en cuyo caso pasaría a otra categoría. Sin embargo, no explicita esta decisión en el primer juego de datos ni da apenas explicaciones en los restantes.

- C.** Factor 2: 2 grupos (G7, G15). Son grupos que han entendido el método experimental de evidencia/refutación, pero cambian la función objetivo del problema, ampliándola con un segundo criterio de optimización que se aplica en una segunda fase sobre las mejores estrategias según la primera función objetivo.

El grupo G15 utiliza el criterio adicional (minimizar el tiempo total) de forma coherente. Lo mismo hace el grupo G7, pero no explica su criterio (minimizar el tiempo de espera) de forma clara ni incluye los resultados de su aplicación.

- D.** Factores 1-2: 3 grupos (G11, G12, G16). Proponen un criterio adicional y no son coherentes en el proceso deductivo.

El grupo G12 propone alternativamente 3 y 4 estrategias óptimas en el informe, sin ninguna coherencia. Los ejemplos tampoco ayudan a aclarar cuál sería una propuesta única. Los grupos G11 y G16 proponen varias estrategias como óptimas a partir de la primera ejecución, pero no comprueban su coherencia con los resultados de la segunda ejecución.

- E.** Factores 2-3: 4 grupos (G9, G10, G14, G18). Son grupos que no entienden el concepto de estrategia óptima. Proponen estrategias óptimas distintas para cada conjunto de datos de entrada. También proponen una función objetivo adicional que siempre es determinante. En este caso, la coherencia entre distintos ejemplos se mantiene por definición. Por último, estos grupos no dan explicación de las estrategias (solamente uno y para algunas de las estrategias que propone).

- F.** Factores 1-2-3: Un grupo (G5). Es un grupo que no entiende el concepto de estrategia óptima. Propone estrategias óptimas distintas para cada conjunto de datos de entrada. También propone una función objetivo adicional que siempre es determinante. Aún así, no es coherentes entre los distintos ejemplos.

Tras el primer ejemplo, afirma:

“Aunque dentro de todas estas estrategias, hemos tomado como referencia para elegir «la mejor de las mejores» aquella que tiene mayor duración, porque aprovecha mejor el tiempo. (...) Por lo tanto, según este criterio, para estos datos de entrada, la mejor estrategia es la de orden creciente de índice [0,3,4,10], ya que realiza cuatro actividades y su tiempo de duración es de 11 unidades de tiempo.”

Sin embargo, tras el segundo ejemplo, afirma:

“Para estos datos de entrada las mejores estrategias son las que realizan seis actividades. Por lo tanto, hemos obtenido tres estrategias con resultado óptimo: ODC, OCF, OCD.”

Siguiendo con nuestro criterio de mayor duración temporal, estas tres estrategias nos dan el mismo resultado, ya que cogen las mismas actividades, pero en distinto orden.”

Este grupo tiene graves problemas de comprensión. Ya con el primer ejemplo se contradecía entre varias funciones de selección. Así, dice que OCI depende de los datos de entrada:

“Esta estrategia es buena si el vector está ordenado crecientemente por las horas de inicio, ya que con esto conseguimos una mayor secuencia de actividades.”

pero que ODC no es dependiente de los datos:

“Esta estrategia no depende de la ordenación del vector para ser mejor o peor. Simplemente es buena porque va recorriendo en orden decreciente la línea de tiempo y escogiendo aquellas actividades que más tarde empiecen.”

Si nos fijamos en la justificación a sus propuestas, encontramos lo siguiente:

- A. 5 justificaciones correctas.
- B. Una justificación contradictoria (G2), una aceptable (G8) y una descriptiva (G13).
- C. Una justificación aceptable (G7) y una descriptiva (G15).
- D. Faltan dos justificaciones (G11, G12) y hay una confusa (G16).
- E. Faltan tres justificaciones (G9, G14, G18) y hay una descriptiva (G10).
- F. Contiene tanto simulaciones como justificaciones aceptables (G5).

### 2.2.2 Resultados sobre el Uso de SEDA

Analizando los datos de uso de SEDA, se observaron las siguientes tendencias:

- Todos los grupos usaron la función del asistente que permite ejecutar todas las funciones de selección para unos datos de entrada dados. De hecho, todas las ejecuciones documentadas contienen resultados de las 9 estrategias, salvo una ejecución en la que se excluye la estrategia aleatoria. Por tanto, ignoraron la función (más sofisticada) del asistente que les permite ejecutar un subconjunto de las funciones de selección, elegidas por el usuario mediante un diálogo.
- Todos los grupos salvo 2 probaron con los datos del enunciado. G6 (A) utilizó datos propios y G9 (E) afirma usar el enunciado pero no es así.
- Los tamaños más frecuentes de los datos de entrada fueron 11 (tamaño del ejemplo del enunciado) y 12. También encontramos datos de entrada de tamaño 3-4 ó 7-10.

También son interesantes algunas otras tendencias relacionadas con las categorías:

- 14 de los 18 grupos incluyeron 2 ejemplos detallados. Los otros 4 grupos propusieron 3 ejemplos (C: G15), 4 (A: G4, B: G2) ó 5 (A: G1); además, siempre pertenecieron a las categorías sin el factor 3.
- 10 de los 18 grupos realizaron 2 ejecuciones solamente. Los otros 8 grupos documentaron 3 ejecuciones (C: G15), 4 (A: G2, B: G4), 5 (A: G1, G6), 9 (B: G8), 11 (A: G17), 13 (A: G3). De nuevo, pertenecieron a las categorías sin el factor 3: A (4 de 5), B (2 de 3) o C (1 de 2).

- Los datos de entrada casi siempre se generaron aleatoriamente. Sólo hubo dos grupos (A: G1, G17) que diseñaron manualmente algunos datos de entrada para refutar la función de selección OCD.
- La tabla de resumen fue utilizada exclusivamente por grupos de las categorías A (4 de 5: G1, G3, G6, G17) y B (1 de 3: G8). De estos 5 grupos, sólo 2 usaron simultáneamente tabla de resumen y tablas de resultados (A: G17, B: G8).
- No parece haber relación entre la inclusión de figuras y las categorías. Efectivamente, 6 grupos incluyeron capturas (A: G1 y G17, B: G13, D: G11, E: G14, F: G5).

**Tabla 2.** Análisis de las respuestas de los grupos en la primera sesión de la primera evaluación

Nº de grupo – Estrategias	Categoría	#Ejemplos / Ejecuciones	Tamaño de datos	#Estrategias por ejecución	Justificación	Evidencias	Razonamiento global
1. Una estrategia correcta (OCF)	A1: –	5/5	11,11(enunciado), 3(manual),4(quizá),8	3/9, 5/9, 7/9	Correcta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tabla de resumen simplificada a óptimo/no óptimo (error al copiarla: escribieron ODC no óptima en la 2ª ejecución)</li> <li>• 2 capturas con datos de tamaño 4 y 8 (sin sentido aparente: sólo muestran ODD)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coherente</li> </ul>
2. Dos estrategias correctas y tres erróneas (OCI, ODI, OCD)	B: 1	4/4	11(parece que es el enunciado), 8,12,8	5/9, 4/8 (omite random sin justificarlo), 9/9, 9/9	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Propone 5 estrategias, sin justificar 4</li> <li>• Contradictoria: justifica OCD con argumentos propios de ODD</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 tablas de resultados (duplica la 1ª)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incoherente: basa su conclusión en el ejemplo 1 sin tener en cuenta los resultados del 2</li> <li>• Incluye dos ejecs. (3 y 4) que no aportan nada porque todas las estrategias puntúan igual</li> </ul>
3. Dos estrategias correctas	A1: –	2/13 (ejecuciones 2 y 10)	11(enunciado),11	5/9, 5/9, 6/9, 6/9 (¡mismos resultados que la anterior!), 6/9, 6/9, 4/9, 9/9, 7/9, 3/9, 7/9, 6/9, 4/9	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Correcta</li> <li>• Sugiere simetría entre ODC y OCF</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tabla de resumen</li> <li>• Identifica contraejemplo para OCD (ejecución 10)</li> <li>• Contrasta el valor de ODF (óptima en la 2ª ejec.) en la 1ª ejec. para descartarla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coherente</li> </ul>
4. Dos estrategias correctas	A1: –	4/4	11(enunciado),11,12, 12	5/9, 4/9, 4/9, 5/9	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Correcta</li> <li>• Sugiere simetría entre ODC y OCF</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 tablas de resultados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coherente</li> </ul>

5. Conjunto variable de estrategias	F: 1-2-3	2/2	11(enunciado),11	5/9, 3/9	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simulación</li> <li>• Aceptables salvo las de índice</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 tablas de resultados</li> <li>• Captura para las 5 estrategias del 1º conjunto de datos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incoherente: en el primer ejemplo fuerza una única estrategia óptima, mientras que con el segundo permite que haya tres óptimas</li> <li>• Dependiente de la entrada</li> <li>• Criterio adicional: max. duración total</li> </ul>
6. Dos estrategias correctas y una errónea (OCD)	A2: –	2/5 (ejecs. 1 y 5)	12,12	4/9, 5/9, 6/9, 5/9, 4/9	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Correcta para ODC, OCD</li> <li>• Por simetría para OCF</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tabla de resumen</li> <li>• Resultados exportados en texto para todas las estrategias</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coherente</li> </ul>
7. Una estrategia correcta (OCF) y una errónea (OCD)	C: 2	2/2	11(enunciado),11	6/9, 4/9	Aceptable	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 tablas de resultados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Criterio adicional: min. tiempo de espera</li> <li>• No aclara el criterio adicional ni da resultados del mismo, aunque lo usa consistentemente en las 2 ejecs.</li> </ul>
8. Una estrategia errónea (OCD)	B: 1	2/9 (ejecs. 0 y 7)	11(enunciado),9	6/9, 6/9, 4/9, 4/9, 9/9, 6/9, 7/9, 6/9, 5/9	Aceptable	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tabla de resumen (9 ejecs.)</li> <li>• 2 tablas de resultados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incoherente: descarta ODC, OCF</li> </ul>
9. Conjunto variable de estrategias	E: 2-3	2/2	10(¿dice que enunciado!),10	5/9, 4/9	Falta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 tablas de resultados</li> <li>• Cálculo del criterio adicional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dependiente de la entrada</li> <li>• Criterio adicional: min. duración total</li> </ul>
10. Conjunto variable de estrategias	E: 2-3	2/2	11(enunciado),11	5/9, 6/9	Descriptiva (sin entender ODC, OCF, OCC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 tablas de resultados</li> <li>• Cálculo del criterio adicional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dependiente de la entrada</li> <li>• Criterio adicional: min. duración total</li> </ul>
11. Dos estrategias correctas y tres erróneas (OCI, ODI, OCD)	D: 1-2	2/2	11(enunciado),12	5/9, 5/9	Falta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 tablas de resultados</li> <li>• Captura para estrategia óptima (final) de la 1ª ejec.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Criterio adicional: max. duración total</li> <li>• Incoherente: la propuesta de la 1ª ejec. es incoherente con la 2ª ejec.</li> </ul>
12. Dos estrategias correctas y una errónea (OCD)	D: 1-2	2/2	11(enunciado),11	6/9, 4/9	Falta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 tablas de resultados</li> <li>• Ha usado la función de eliminar filas para dejar las estrategias óptimas de cada conjunto de datos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Criterio adicional: max. duración total</li> <li>• Incoherente: oscila entre 3 y 4 estrategias (independientemente del criterio adicional)</li> </ul>

13. Propuesta confusa	B: 1	2/2	11(enunciado),12	5/9, 4/9	Descriptiva	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 tablas de resultados</li> <li>• Captura de las estrategias óptimas en la 1ª ejec.</li> <li>• Captura de una estrategia óptima en la 2ª ejec.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incoherente: propone 5 estrategias al comienzo, debido a la 1ª ejec., pero al final de la 2ª ejec. propone 4</li> </ul>
14. Conjunto variable de estrategias	E: 2-3	2/2	11(enunciado),11	5/9, 7/9	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Confunde estrategia con función objetivo</li> <li>• Falta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 tablas de resultados</li> <li>• Captura para cada resultado de una estrategia óptima</li> <li>• Cálculo del criterio adicional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dependiente de la entrada</li> <li>• En el 2º ej. ignora la aleatoria como óptima</li> <li>• Criterio adicional: max. duración total</li> </ul>
15. Dos estrategias correctas y tres erróneas (OCI, ODI, OCD)	C: 2	3/3	11(enunciado),11,11	5/9, 4/9, 4/9	Descriptiva	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 capturas con tabla de resultados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Criterio adicional: min. duración total</li> </ul>
16. Una estrategia errónea (OCD)	D: 1-2	2/2	11(enunciado), 7	5-6/9 (una vez omite random), 4/9	Confusa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 tablas de resultados</li> <li>• Cálculo del criterio adicional en la 1ª ejec.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Criterio adicional: min. duración total</li> <li>• Incoherente: la propuesta de la 1ª ejec. No es coherente con la 2ª ejec. (que no incluye resultados del criterio adicional)</li> </ul>
17. Dos estrategias correctas	A1: –	2/11 (9 en tabla resumen + 2 ejecs. posteriores)	11(enunciado),11	6/9, 5/9	Correcta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tabla de resumen</li> <li>• Identifica contraej. para OCD (ejecución 8)</li> <li>• 2 tablas de resultados</li> <li>• Captura de ODC para cada juego de datos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Algunos datos introducidos manualmente</li> <li>• Mala selección de 2 ejecs.: no muestran el descarte de OCD</li> </ul>
18. Conjunto variable de estrategias	E: 2-3	2/2	11(enunciado),11	5/9, 8/9	Falta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 tablas de resultados, con cálculo del criterio adicional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dependiente de la entrada</li> <li>• Criterio adicional: min. duración total</li> <li>• Error: en la 1ª ejec., transcribe OCI en lugar de ODI</li> </ul>

### 2.3 Resultados de la Segunda Sesión

En este apartado vemos los resultados de realizar la segunda sesión, en la que tuvieron la oportunidad de rectificar sus errores.

Recordemos que participaron 11 grupos (véase sección 2.1.2). Por tanto, un total de 7 grupos no asistieron a esta segunda sesión, que se desglosan (véase Tabla 3) en 5 grupos que habían hecho mal la práctica de la primera sesión y 2 que la habían hecho bien. No podemos afirmar si algunas de estas ausencias estaban justificadas al no saber si comunicamos a los alumnos que era una continuación de la sesión anterior.

La Tabla 3 contiene un análisis de las respuestas de los grupos de prácticas. Algunos grupos no asistieron a esta segunda sesión. Los que no lo hicieron tienen su fila correspondiente sombreada en gris; los que asistieron tienen su fila correspondiente sin sombrear y contenidos en las columnas cuarta a sexta.

La tabla contiene las siguientes columnas:

- Número de grupo y estrategias propuestas. Similar a la Tabla 2.
- Categoría previa. Similar a la Tabla 2.
- Nueva categoría. Se codifica su categoría anterior y cómo ha resuelto sus errores. Se desarrolla a continuación.
- Nuevas justificaciones. Comenta cómo justifica el grupo las estrategias óptimas que no habían propuesto en la primera sesión.
- Refutaciones. Comenta cómo refuta el grupo las estrategias no óptimas que habían propuesto en la primera sesión.
- Otros comentarios. Generalmente se comenta cómo ha mejorado el grupo en su comprensión del problema y en su resolución.

En cuanto a si los grupos han corregido sus errores (nueva categoría), podemos distinguir varios casos:

1. Práctica anterior correcta: 2 grupos (A2: G1, G17). Habían realizado correctamente la práctica anterior. G1 cometió un error de transcripción que explicó, mientras que G17 simplemente hizo constar que lo había hecho bien.
2. Práctica anterior incorrecta y ahora corregida: 7 grupos (A2: G6; B: G8, G13; E: G9, G10, G14; F: G5).
3. Práctica anterior incorrecta y aún no corregida: 2 grupos (D: G11; E: G18).

Analizando los ejemplos incluidos, se observaron las siguientes diferencias con respecto a la sesión primera:

- La refutación fue realizada por 9 grupos. Examinando sus contraejemplos, parece que 5 grupos los elaboraron manualmente (A2: G6; B: G8, G13; E: G9; F: G5), 3 grupos los generaron aleatoriamente (D: G11; E: G10, G14) y un último grupo usó ambos métodos (E: G18).
- El tamaño más frecuente de los datos de entrada fue de nuevo 11 (tamaño del ejemplo del enunciado, aunque sólo 2 grupos usaron estos datos), pero también encontramos datos de entrada de tamaño 3-4, 9-10 y 12.

Resulta interesante observar que 5 grupos (D: G11; E: G9, G10, G14; F: G5) descartan el segundo criterio introducido por ellos mismos. De esta forma, consideran que queda directamente justificado que no propusieran las estrategias OCF y ODC como óptimas.

**Tabla 3.** Análisis de las respuestas de los grupos en la segunda sesión de la primera evaluación

Nº de grupo – Estrategias	Categoría previa	Categoría actual	Nuevas justificaciones	Refutaciones	Otros comentarios
1. Una estrategia correcta (OCF)	A1: –	1: Sí	Error al copiar resultados óptimos (ODC)	—	
2. Dos estrategias correctas y tres erróneas (OCI, ODI, OCD)	B: 1				
3. Dos estrategias correctas	A1: –				
4. Dos estrategias correctas	A1: –				
5. Conjunto variable de estrategias	F: 1-2-3	2: Sí	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manual, tamaño 12, en cascada hacia la derecha y abajo</li> <li>• Refutan OCD (única estrategia común según el criterio del enunciado)</li> </ul>	Rectifican el uso de dos criterios en la 1ª sesión: hacen como si no hubieran añadido el 2º. Por tanto, afirman que proponían como óptimas las comunes entre sus 2 ejemplos: OCF, ODC, OCD
6. Dos estrategias correctas y una errónea (OCD)	A2: –	2: Sí	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manual, tamaño 4, con solapamiento</li> <li>• Refutan OCD pero no lo compara con el valor de las 2 estrategias óptimas, sino con el de una estrategia no óptima (ODF)</li> </ul>	
7. Una estrategia correcta (OCF) y una errónea (OCD)	C: 2				
8. Una estrategia errónea (OCD)	B: 1	2: Sí	Explican que en la 1ª sesión confundieron datos y estrategias	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manual, tamaño 9, en cascada hacia la derecha y abajo</li> <li>• Refutan OCD</li> </ul>	

9. Conjunto variable de estrategias	E: 2-3	2: Sí	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Refuta las estrategias comunes de las 2 ejecs. de su 1ª sesión (OCD, ODI), considerando que la otra (OCI) ya está refutada con dichos ejs.</li> <li>• Manuales, tamaños 9 (para OCD, en cascada hacia la derecha y abajo) y 4 (para ODI, última actividad que engloba a las demás)</li> </ul>	Considera que, al descartar su 2º criterio, resultaban 5 estrategias óptimas: ODC, OCF, OCD, OCI, ODI
10. Conjunto variable de estrategias	E: 2-3	2: Sí	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aleatorios, tamaños 11 (ODI), 11 (OCI), 11 (ODI, OCI) y 9 (OCD)</li> <li>• El contraej. 3 es innecesario ya que refuta a la vez OCI, ODI, que ya estaban refutadas (contraej. 1 y 2)</li> </ul>	Consideran que, al descartar su 2º criterio, resultaban 5 estrategias óptimas: ODC, OCF, OCD, OCI, ODI
11. Dos estrategias correctas y tres erróneas (OCI, ODI, OCD)	D: 1-2	3: No	Considera que habrían sido óptimas si no hubiera tenido en cuenta el criterio adicional	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aleatorios, tamaños 11(enunciado), 12</li> <li>• No identifica claramente las estrategias a refutar (salvo OCI)</li> <li>• No refuta ninguna estrategia</li> </ul>	
12. Dos estrategias correctas y una errónea (OCD)	D: 1-2				
13. Propuesta confusa	B: 1	2: Sí	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Refutan ODF con ej. 1 de 1ª sesión (enunciado)</li> <li>• Refutan OCD manual, tamaño 3</li> </ul>	Afirman que se basaron en el ejemplo 2 (ODC, OCF, ODF, OCD), aunque fueron inconsistentes
14. Conjunto variable de estrategias	E: 2-3	2: Sí	Considera que habrían sido óptimas si no hubiera tenido en cuenta el criterio adicional	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aleatorio, tamaño 10</li> <li>• Refuta las óptimas con los 2 criterios (cada una era óptima para un ej.): OCI, ODI</li> <li>• Justifica informalmente las estrategias óptimas en el contraej.</li> </ul>	
15. Dos estrategias correctas y tres erróneas (OCI, ODI, OCD)	C: 2				
16. Una estrategia errónea (OCD)	D: 1-2				

---

17. Dos estrategias correctas	A1: –	1: Sí	—	—	Entregan un informe en el que corroboran sus resultados
18. Conjunto variable de estrategias	E: 2-3	3: No	No explica porqué no propuso ODC, OCF	Aleatorio tamaño 10 (para OCI) y manual tamaño 3 (para OCD)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Memoria confusa, en la que repite cada ej. de evidencia y después propone contraej.</li><li>• Refuta las estrategias no óptimas para cada juego de datos</li></ul>

---

## 2.4 Resultados de las Entrevistas

Fueron entrevistados 3 alumnos, correspondientes a tres grupos de pareja: G6 (categoría A2), G8 (B) y G10 (E). Las entrevistas fueron bastante insatisfactorias, especialmente con G10 porque era imposible obtener respuestas lo suficientemente claras.

Veamos primero algunas conclusiones relacionadas con la asignatura. Dos alumnos (G8, G10) afirmaron que era estresante tener que hacer la práctica y elaborar el informe en 2 horas. Asimismo, G10 afirmó que han echado en falta más tiempo de teoría y ejemplos con código antes de la práctica, en comparación con otras técnicas de diseño.

Veamos los resultados de cada entrevista individual.

**G6.** La entrevista se centró en la segunda parte. Llamaba la atención que la refutación de OCD no se hiciera por comparación con una estrategia óptima (OCF, ODC), sino con una subóptima (ODF):

- Reconoció que cometieron un error tonto al leer “decreciente” (ODF) en el enunciado en lugar de “creciente” (OCF).
- Por tanto, la ejecución fue coherente con su propuesta (corresponde a ODF).

**G8.** La entrevista se refirió a ambas partes.

*1ª parte.*

- Hicieron muchas ejecuciones, primero aleatorias, luego también manuales.
- Creían que debía haber una sola estrategia óptima. Por tanto, propusieron la que les pareció más lógica (OCD), recogiendo únicamente evidencia de la optimidad de ésta, descartando otras e ignorando la evidencia de que otras también lo eran (*misleading intuition*).

*2ª parte.*

- La explicación sobre no haber elegido las estrategias óptimas confunde datos y estrategias, aunque quizá es una autojustificación y la verdadera razón fue que pensaron que debía haber una sola estrategia óptima. En todo caso, existe un riesgo de que algunos conceptos no estén sólidamente asentados, sobre todo la independencia entre datos y estrategias.
- El contraejemplo es manual. Al principio no lo encontraban, pero un ayudante (Antonio Pérez Carrasco) sugirió el solapamiento.

**G10.** La entrevista se centró en la primera parte:

- No entienden bien las estrategias y por tanto, en lugar de justificarlas, las explican (más bien, se las autoexplican, es decir, las interpretan).
- Parece que la forma de pensar fue: empezaron probando ejemplos, vieron prometedora a OCD (y parece lógica) y después forzaron (*misleading intuition*) que saliera mediante el cambio de la función objetivo.

## 2.5 Discusión

De los resultados anteriores se deduce que los alumnos tuvieron numerosos malentendidos, aunque en una segunda sesión, guiados por la solución, los corrigieron. Inicialmente esperábamos que los grupos se englobaran en dos categorías, según estuviera realizada la práctica: correcta o incorrecta. Nuestra sorpresa vino al comprobar que no era tan sencilla, sino que aparecían más factores.

Hemos identificado cuatro factores para el análisis y clasificación de los trabajos presentados, aunque (como veremos) en esta evaluación el primero tiene poco protagonismo:

0. Propuesta de estrategias subóptimas.
  1. Coherencia del razonamiento (el único previsto inicialmente).
  2. Criterio de optimización adicional.
  3. Propuesta dependiente de los datos de entrada.

Basados en estos factores, distinguimos 7 clases de grupos, que satisfacen diversas combinaciones de los mismos:

- A. – (4 grupos) ó 0 (1 grupo)
- B. 0-1 (3 grupos)
- C. 0-2 (2 grupos)
- D. 0-1-2 (2 grupos)
- E. 0-2-3 (3 grupos)
- F. 0-1-2-3 (1 grupo)

Los grupos de la clase A produce los mejores resultados. Aunque el resultado no sea siempre correcto, el proceso deductivo utilizado sí lo es. A continuación, los ejercicios del grupo B están desarrollados de una forma reconocible. Finalmente, los grupos C, D, E y F sufren malentendidos inesperados, con sus soluciones que difieren sustancialmente de los modelos conceptuales de algoritmos voraces.

Esta interpretación queda reforzada tras el análisis de otros elementos:

- Uso de datos diseñados manualmente (solamente clase A).
- Uso de la tabla de resumen (grupos A y B).
- Calidad de la justificación de las estrategias propuestas (grupos A, B y C).
- Número de ejecuciones realizadas y ejemplos detallados aportados como evidencias (A, B y C).

Otros resultados interesantes son:

- Gran influencia del ejemplo del enunciado sobre la experimentación realizada.
- Tras indicarles las estrategias óptimas, casi todos los grupos encontraron contraejemplos y utilizaron ejemplos diseñados manualmente.

Para futuros cursos, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Incidir en los elementos presentes en los problemas de optimización y en los algoritmos voraces. Probablemente sea una cuestión de énfasis, donde debe destacarse que la función objetivo es invariante pero la función de selección no.

- Dedicar más tiempo al método experimental, tanto desde un punto de vista teórico (incluyendo la motivación de cada función de selección y el diseño de contraejemplos) como práctico (incluyendo el uso de los asistentes interactivos).
- Reforzar en la asignatura los resultados de la práctica. Hay dos formas al menos:
  - Revisar la organización de la práctica para evitar la caída de asistencia de la segunda sesión
  - Organizar una sesión de discusión en grupo. Esta sesión puede formar parte de la propia metodología de la investigación, sobre todo para recoger información sobre malentendidos
- Mejorar el modelo de informe para hacer más explícito el proceso deductivo.
- Mejorar los asistentes interactivos con nuevas funciones, p.ej. registrar más información de la actividad del usuario, exportar tablas o incluso exportar el informe completo.
- Mejorar la propia metodología de la investigación, sobre todo mediante entrevistas, p.ej. para aclarar explicaciones confusas o conocer mejor su comportamiento (como no asistencia a la segunda sesión).

### 3 Segunda Evaluación

La segunda evaluación con SEDA se realizó en noviembre de 2009 con un protocolo prácticamente igual que en la primera sesión. Incluimos el enunciado y el modelo de informe de sus dos sesiones en el Apéndice B.

Los tres apartados siguientes contienen el protocolo utilizado, los resultados desglosados en dos etapas, y una discusión de los resultados obtenidos.

#### 3.1 Metodología

Dada la similitud del protocolo con el de la primera evaluación, no lo repetimos completo sino que solamente exponemos sus diferencias con respecto a aquella.

##### 3.1.1 Primera Sesión

Dados los resultados preliminares de la primera evaluación, el profesor consideró oportuno dedicar algo de tiempo extra a explicar los conceptos clave de la experimentación. Antes de realizar la práctica, el profesor había impartido 5 horas de clase (tres clases de dos, una y dos horas de duración, respectivamente) con los siguientes contenidos:

- Se presentó la técnica y su esquema de programación junto con los problemas de cambio de monedas y del almacenamiento óptimo en cintas.
- Se dedicó al problema de los caminos más cortos desde un origen (algoritmo de Dijkstra).

- Se dedicó al método experimental. Se presentó el problema de la mochila, que se ilustró con AMO y se comentaron varias implementaciones, incluyendo el problema de la ordenación de los candidatos. También se presentó el problema del árbol recubridor de coste mínimo (algoritmos de Prim y Kruskal) y se ilustró con TuMiST. Por último, se presentaron las características del método científico y de los problemas de optimización.

El enunciado y modelo de informe de la primera sesión eran prácticamente iguales que en la primera evaluación. El enunciado hablaba explícitamente de “una o varias estrategias óptimas” y la estructura del informe varió ligeramente. Se usó la misma versión de SEDA que en la evaluación anterior. (También se les entregó en papel un cuestionario de opinión sobre SEDA para evaluar su usabilidad [7].)

Se permitió que la realización de la práctica y la entrega del informe se efectuaran en parejas, pero el cuestionario debía ser individual. Ambos debían entregarse durante la propia sesión. En total participaron 40 alumnos organizados en 29 grupos (11 parejas y 18 individuales), pero algunos alumnos entregaron el informe fuera de la sesión. Para evitar influencias externas, en el análisis siguiente sólo consideramos los alumnos que lo entregaron en plazo, que fueron 32 alumnos organizados en 21 grupos (11 parejas y 10 individuales).

### 3.1.2 Segunda Sesión

Tras la sesión de laboratorio, el profesor impartió una hora de clase. Se examinaron algunos problemas sin solución voraz óptima (problema de la mochila 0/1 y variantes de los problemas de cambio de moneda y de los caminos más cortos desde un origen (algoritmo de Dijkstra). De esta forma, se motivaron otras técnicas de diseño de algoritmos para encontrar soluciones óptimas exactas o aproximadas. Por último, se hizo una introducción a las demostraciones de optimidad.

El profesor comentó que la práctica era una continuación de la anterior.

El enunciado de la segunda sesión se modificó ligeramente para aclarar que los equipos debían ser los mismos que en la primera sesión, así como para dejarlo tan completo como los del resto de prácticas. El modelo de informe también se modificó, citando explícitamente las estrategias óptimas.

Los alumnos debían realizar la práctica durante la sesión de prácticas, incluyendo la escritura y entrega por correo electrónico de un breve informe.

En total participaron 24 alumnos organizados en 19 grupos (5 parejas y 14 individuales), pero algunos alumnos no habían entregado el informe de la primera sesión en plazo o entregaron el informe de la segunda sesión fuera de la misma. Por tanto, en el análisis siguiente sólo consideramos los alumnos que lo entregaron en plazo tanto en esta sesión como en la anterior, que fueron 18 alumnos organizados en 13 grupos (5 parejas y 8 individuales).

## 3.2 Resultados

Recordemos que analizamos 21 grupos (véase sección 3.1.1). Para mayor claridad, presentamos los resultados del cuestionario separados en dos partes: resultados sobre las funciones de selección y resultados sobre el uso de SEDA.

### 3.2.1 Resultados sobre las Funciones de Selección

La Tabla 5 contiene un análisis de las respuestas de los grupos de prácticas. La tabla contiene las mismas columnas que en apartados anteriores.

Hay que destacar que en esta evaluación ningún grupo ha presentado una respuesta con el factor 3 (propuesta dependiente de los datos de entrada, propia de las categorías E y F). En cambio, cobra mayor importancia distinguir el factor 0 (propuesta de una estrategia subóptima).

En resumen, resultan 5 categorías (véase la Tabla 4): 6 de A1, 5 de A2, 5 de B, 4 de C y 1 de D.

**Tabla 4.** Clasificación de las respuestas de los grupos de la segunda evaluación

Categoría	Factores	Grupos
A1	–	G2, G4, G5, G9, G15, G17
A2	0	G8, G12, G13, G14, G18
B	0-1	G1, G6, G7, G10, G16
C	0-2	G3, G11, G19, G20
D	0-1-2	G21

Veamos con más detalle la categoría A2. G12 la justificó así:

“(…) ya que selecciona las que menos tiempo usan el recurso a compartir, por tanto da tiempo a otras actividades a usar también el recurso.”

Si nos fijamos en la justificación a sus propuestas, encontramos lo siguiente:

- A1.** Dos justificaciones correctas (G2, G5), una descriptiva (G15), una descriptiva/aceptable (G9), una descriptiva/confusa (G4), y falta (G17).
- A2.** Tres justificaciones aceptables (G12, G14, G18), una descriptiva (G13) y una confusa (G8).
- B.** Una justificación correcta (G16), tres aceptables (G1, G6, G10) y una descriptiva (G7).
- C.** Dos justificaciones que remiten a los resultados (G3, G19) y dos que faltan (G11, G20).
- D.** No incluye justificación (G21).

Podemos destacar algunos razonamientos sofisticados de grupos de la categoría A1:

- Aluden a la simetría en su justificación (G2, G5). También hace G18, de la categoría A2.
- No consideran las estrategias que no dependen de los parámetros (A, OCI, ODI) en sus comparaciones (G2).
- Afirman que ha encontrado un contraejemplo para OCD pero no para ODC, OCF (G2).
- Utilizan 2 ejemplos poco ilustrativos individualmente, pero que combinados permiten deducir las dos estrategias óptimas (G5).
- Incluyen un primer ejemplo para reducir las estrategias a tres (ODC, OCF, OCD) y un segundo para refutar OCD (G9).

- Utilizan 3 ó 4 ejecuciones que permiten ver cómo se van descartando estrategias (G15, G17).

Por otro lado, los errores principales de la categoría B son:

- No incluyen evidencias suficientes como para poder descartar algunas estrategias (G1, G7, G10, G16).
- ¡Presentan resultado 0 para las estrategias subóptimas! (G6).

Por último, las evidencias presentadas no están bien estructuradas cuando se presentan demasiadas ejecuciones o que son redundantes. Esto sucede en 8 grupos (A1: G4, A2: G8, G12, G13, G14, G18; B: G7, G10).

### 3.2.1 Resultados sobre el Uso de SEDA

Analizando los datos de uso de SEDA, se observaron las siguientes tendencias:

- 14 de los 22 grupos probaron con los datos del enunciado.
- Los tamaños más frecuentes de los datos de entrada fueron 11 (tamaño del ejemplo del enunciado) y después 12. También encontramos datos de entrada de tamaño 5-10.
- Un total de 10 grupos presentaron tablas de datos, de resultados o de resumen escritas manualmente con Word.
- Unos 6 grupos prefirieron presentar los resultados en el formato de almacenamiento de SEDA que en formato de tabla.

También son interesantes algunas otras tendencias relacionadas con las categorías:

- Sólo 5 de los 21 grupos contienen ejecuciones con resultados para menos de 9 estrategias. Sin embargo, su uso fue muy distinto:
  - En la categoría A1, G2 sólo compara los resultados de las 6 estrategias que involucran parámetros del problema y G9 sólo compara las tres estrategias más prometedoras para refutar OCD.
  - Dos grupos de la categoría B (G1, G16) sólo incluyen capturas de las estrategias propuestas, sin poder comparar con otras.
  - Un grupo de la categoría C incluye el resultado o captura de cada estrategia que propone, sin comparaciones con otras.
- Los datos de entrada casi siempre se generaron aleatoriamente. Sólo hay un grupo (A1: G2) que presenta un contraejemplo de tamaño 3 para la función de selección OCD.
- La tabla de resumen fue utilizada exclusivamente por 2 grupos de la categoría A2 (G13, G18). Se trata de una tabla Word rellena manualmente.
- Desconocemos el número de ejecuciones realizadas por la mayor parte de los grupos, debido a no incluir la tabla de resumen. Dos grupos (A1: G2; A2: G12) afirman haber realizado “más” o “varias” ejecuciones. G2 afirma: “hemos hecho más pruebas (los resultados no los escribiremos, porque el valor resultante no es relevante), y en cada uno de ellos el número de actividades de nuestras tres estrategias es el mismo”. Otros dos grupos afirman haber realizado más de 10 ejecuciones: 12 (A1: G5) ó 20 (A1: G9). Del resto, no hay

más información que el número de ejemplos detallados, que oscilan entre 2 y 8.

- Sólo dos grupos (B: G1; C: G3) no incluyeron los resultados de ejecutar todas las estrategias sobre unos datos de entrada, no dejando por tanto compararlos.
- Hay relación entre los grupos que incluyeron capturas sin resultados y las estrategias (B: G1, G16; C: G3). Sin embargo, no parece haber relación entre la inclusión conjunta de resultados y capturas y las categorías, donde 6 grupos las incluyeron (A: G4, G9; A2: G12, G14; B: G7; C: G19).
- No parece haber relación entre el número de ejemplos incluidos y las categorías.
  - Dos ejemplos: 8 grupos (2 de A1, 3 de B, 2 de C, 1 de D).
  - Tres ejemplos: 7 grupos (1 de A1, 2 de A2, 1 de B, 2 de C).
  - Cuatro ejemplos: 3 grupos (3 de A1, 1 de A2).
  - Más de cinco ejemplos: 1 de seis (A2), 1 de siete (A2) y 1 de ocho (B).

**Tabla 5.** Análisis de las respuestas de los grupos en la primera sesión de la segunda evaluación

Nº de grupo – Estrategias	Categoría	#Ejemplos / Ejecuciones	Tamaño de datos	#Estrategias por ejecución	Justificación	Evidencias	Razonamiento global
1. Dos estrategias correctas y una errónea (OCD)	B: 1	2/2	9,12	3/?, 3/?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aceptable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tabla de datos y 3 capturas finales (una por estrategia óptima), por cada ejemplo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No da evidencias suficientes para saber si su deducción es correcta (saldrían las 3 estrategias más ODI)</li> </ul>
2. Dos estrategias correctas	A1: –	3/ >3	11(enunciado),11,12	3/6, 3/6, 3/6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Correcta</li> <li>• Simetría entre ODC-OCF, OCC-ODF</li> <li>• Identifica a OCF de más intuitiva</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 tablas de datos manuales y resultados guardados</li> <li>• Contraej. de tamaño 3 en texto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Razonamiento de descartar estrategias peores</li> <li>• Nunca considera OCI, ODI</li> <li>• Busca contraej. y lo encuentra para OCD pero no para OCF, ODC</li> </ul>
3. Una estrategia errónea (OCD)	C: 2	3/3	11(enunciado),11,11	4/8, 1/?, 1/?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remite a los resultados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ejec. 1: captura con tabla de resultados y resultados guardados para OCD</li> <li>• Ejecs. 2 y 3: tabla de datos y captura final de OCD</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Criterio adicional: min. tiempo “de espera o de proceso”</li> <li>• Obtiene 4 estrategias óptimas, que reduce a OCD</li> </ul>
4. Dos estrategias correctas	A1: –	2/2	11(enunciado),11,12, 12	5/9, 2/9	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descriptiva/ confusa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 capturas finales con explicación de simulación</li> <li>• 3 tablas de datos y resultados manuales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Basta con la 2ª ejec.</li> </ul>
5. Dos estrategias correctas	A1: –	2/12	9,6	6/9, 5/9	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Correcta para OCF</li> <li>• Simetría entre ODC y OCF</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 tablas de datos y de resultados manuales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permiten descartar todas las estrategias subóptimas</li> </ul>
6. Dos estrategias correctas y una errónea (OCD)	B: 1	2/2	5,8	7/9, 3/9	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aceptable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 tablas de datos y de resultados manuales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1ª ejec.: muestra que no es evidente la selección</li> <li>• 2ª ejec.: todas las estrategias salvo las 3 propuestas ¡dan resultado 0!</li> </ul>

7. Dos estrategias correctas	B: 1	8/8	11,11,11,11, 11(enunciado),11,11, 11	4/9, 4/9, 5/9, 4/9, 5/9, 4/9, 5/9, 5/9	Descriptiva	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 8 tablas de datos y de resultados</li> <li>• Capturas finales de ODC y OCF para 2ª ejec.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Excesivas ejecuciones (p.ej. bastaría con 1ª y 3ª)</li> <li>• Ninguna ejec. refuta OCD</li> </ul>
8. Dos estrategias correctas y una errónea (OCD)	A2: –	3/3	11(enunciado),11,11	5/9, 3/9, 6/9	Confusa y contradictoria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 tablas de datos y de resultados manuales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Basta con 2ª ejec.</li> </ul>
9. Dos estrategias correctas	A1: –	2/20	12,12	3/9, 2/3	Descriptiva/ aceptable	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 capturas y tablas de resultados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1ª ejec.: 3 estrategias óptimas</li> <li>• 2ª ejec.: contraej. de OCD</li> </ul>
10. Una estrategia correcta (OCF) y una errónea (OCD)	B: 1	2/2	11(enunciado),11	5/9, 3/9	Aceptable	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 tablas de datos y de resultados manuales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Basta con 2ª ejec.</li> <li>• Ninguna ejec. refuta ODC</li> </ul>
11. Una estrategia errónea (OCD)	C: 2	3/3	11(enunciado),11,10	5/9, 4/9, 6/9	Falta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 tablas de datos y de resultados</li> <li>• Valores del criterio adicional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Criterio adicional: min. duración total</li> </ul>
12. Dos estrategias correctas y una errónea (OCD)	A2: –	3/?	12,7,6	4/9, 5/9, 7/9, 5/9	Aceptable	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tabla de resultados ilustrativa</li> <li>• 3 tablas de datos, de resultados y capturas finales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Basta con la 1ª tabla y otra ejec.</li> </ul>
13. Dos estrategias correctas y una errónea (OCD)	A2: –	7/7	11(enunciado),11,11, 11,11,11,11	6/9, 4/9, 6/9, 6/9, 5/9, 4/9, 4/9	Descriptiva	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tabla de resumen manual</li> <li>• 7 tablas de datos y de resultados guardados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Basta con 2ª y 3ª ejecs.</li> </ul>
14. Dos estrategias correctas y una errónea (OCD)	A2: –	3/3	11(enunciado),12,12	5/9, 7/9, ?/9	Aceptable	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 tablas de datos y de resultados</li> <li>• 3 capturas finales (3ª ejec.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La 1ª ejec. corresponde al enunciado y la 2ª deja 3 estrategias óptimas (sobra la 3ª)</li> </ul>
15. Dos estrategias correctas	A1: –	3/3	12,12,12	4/9, 3/9, 4/9	Descriptiva	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 tablas de datos y de resultados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las 3 ejecs. permiten ir descartando estrategias sucesivamente</li> </ul>
16. Una estrategia correcta (OCF) y una errónea (OCD)	B: 1	3/3	12,12,8	2/? , 1/?	Correcta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 capturas finales (1ª y 2ª ejec.)</li> <li>• 2 tablas de datos y de resultados guardados, cortados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No ofrece información completa de todas las estrategias de cada ejec.</li> </ul>
17. Dos estrategias correctas	A1: –	4/4	11(enunciado),5,10,5	5/8, 5/8, 3/8, 6/8	Falta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 tablas de datos y de resultados manuales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las 4 ejecs. permiten ir descartando estrategias sucesivamente</li> </ul>

18. Dos estrategias correctas y una errónea (OCD)	A2: –	6/6	11(enunciado),11,10,8,12,6	5/9, 6/9, 6/9, 5/9, 5/9, 4/9	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aceptable</li> <li>• Simetría entre ODC y OCF</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tabla de resumen manual</li> <li>• 6 tablas de datos y de resultados guardados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sobran ejecs. de evidencia</li> </ul>
19. Una estrategia errónea (OCD)	C: 2	2/2	11(enunciado),11	6/9, 5/9	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se remite a los resultados del ej. del enunciado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 tablas de datos y de resultados</li> <li>• 4 capturas finales (OCD, OCF)</li> <li>• Algunos valores del criterio adicional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Criterio adicional: max. duración total</li> <li>• Propone OCF como estrategia “secundaria”</li> </ul>
20. Dos estrategias correctas y tres erróneas (OCI, ODI, OCD)	C: 2	3/3	11(enunciado),11,8	5/9, 5/9,	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Captura de SEDA</li> <li>• Enunciado: tabla de datos, de resultados (anotada con criterio adicional)</li> <li>• 2ª y 3ª ejec.: tabla de datos, tabla de resultados y tabla de resultados manual con criterio adicional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Criterio adicional no determinante: min. duración total</li> </ul>
21. Dos estrategias correctas y una errónea (OCD)	D: 1-2	2/2	11(enunciado),11	6/9, 4/9	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 tablas de datos manuales y de resultados</li> <li>• 2 tablas de resultados recortadas al inicio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Criterio adicional: max. duración total</li> <li>• No está claro si el criterio adicional es determinante</li> <li>• Tablas de resultados recortadas con estrategias óptimas</li> <li>• Sin valores del criterio adicional</li> </ul>

### 3.3 Resultados de la Segunda Sesión

En este apartado vemos los resultados de realizar la segunda sesión, en la que tuvieron la oportunidad de rectificar sus errores.

Recordemos que participaron 13 grupos (véase sección 3.1.2). Por tanto, un total de 5 grupos no asistieron a esta segunda sesión, que se desglosan (véase Tabla 6) en 2 grupos que habían hecho mal la práctica de la primera sesión (categoría B) y 6 que la habían hecho bien (A1).

La Tabla 6 contiene un análisis de las respuestas de los grupos de prácticas. Algunos grupos no asistieron a esta segunda sesión. Los que no lo hicieron tienen su fila correspondiente sombreada en gris; los que asistieron tienen su fila correspondiente sin sombrear y contenidos en las columnas tercera a quinta.

En cuanto a si los grupos han corregido sus errores, podemos distinguir los mismos que en la sesión anterior:

1. Práctica anterior correcta: no hay grupos.
2. Práctica anterior incorrecta y ahora corregida: 8 grupos (A2: G8, G12, G13, G14, G18; B: G1, G6, G10).
3. Práctica anterior incorrecta y aún no corregida: 5 grupos (C: G3, G11, G19, G20; D: G21).

Por tanto, corrigieron sus fallos los grupos más viables (A2 y B), mientras que aquellos con malentendidos más graves (C y D), no. El grupo B: G10 refuta OCD pero su explicación de la ausencia de ODC no es convincente (alega que no resultó óptima). Dos grupos (G20, G21) siguen calculando el criterio adicional.

Hay algún comentario curioso. G6 refuta OCD, al producir 5 actividades frente a 6 de ODC, OCF. Sin embargo, la justificación de estas curiosa: “En este caso vemos que las tareas elegidas son las mismas, aunque el orden de su elección sea distinto, por tanto se demuestra que estas estrategias son óptimas”. (ODC seleccionó las actividades [11, 8, 7, 5, 3, 0] y OCF, [0, 3, 5, 7, 8, 11].) Parece que alude a la simetría de ambas.

Analizando los ejemplos incluidos, se observaron las siguientes diferencias con respecto a la sesión primera:

- Es difícil saber qué grupos elaboraron contraejemplos manualmente, pero 7 grupos utilizan hasta un tamaño 7 (A2: G1, G10; B: G2, G12, G18; C: G19, G20). El grupo G20 también utiliza 3 ejemplos de mayor tamaño.
- Hay una mayor variación en el tamaño de los datos de entrada, siendo más frecuentes los tamaños 3, 10, 11 y 12. También encontramos datos de tamaño 5-8.

**Tabla 6.** Análisis de las respuestas de los grupos en la segunda sesión de la segunda evaluación

Nº de grupo – Estrategias	Categoría previa	Categoría actual	Nuevas justificaciones	Refutaciones	Otros comentarios
1. Dos estrategias correctas y una errónea (OCD)	B: 1	2: Sí	—	• Manual, tamaño 6, en pirámide con solapamiento	
2. Dos estrategias correctas	A1: –				
3. Una estrategia errónea (OCD)	C: 2	3: No	• Explicación descriptiva	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Afirman que propusieron 4 estrategias, como si su criterio adicional no fuera determinante</li> <li>• Incoherente</li> <li>• 3 ejecs. con captura final, tabla de datos y tabla de resultados</li> <li>• Tabla de resultados igual en todas</li> <li>• Ejec. 1: tamaño 5, ilustra ODI</li> <li>• Ejec. 2: tamaño 7, ilustra ODD</li> <li>• Ejec. 3: tamaño 7, ilustra OCF</li> </ul>
4. Dos estrategias correctas	A1: –				
5. Dos estrategias correctas	A1: –				
6. Dos estrategias correctas y una errónea (OCD)	B: 1	2: Sí	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aleatorio, tamaño 12</li> <li>• Refutan OCD</li> </ul>	• Han realizado un número indeterminado de ejecuciones
7. Dos estrategias correctas	B: 1				
8. Dos estrategias correctas y una errónea (OCD)	A2: –	2: Sí	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quizá manual, tamaño 5, dos cascadas hacia la derecha y abajo</li> <li>• Refutan OCD</li> </ul>	
9. Dos estrategias correctas	A1: –				

10. Una estrategia correcta (OCF) y una errónea (OCD)	B: 1	2: Sí	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¡Afirman que ODC no fue óptima en varias ocasiones!</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manual, tamaño 3</li> <li>• Refuta OCD frente a ODC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tabla de datos manual</li> </ul>
11. Una estrategia errónea (OCD)	C: 2	3: No	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Repite el criterio adicional</li> </ul>	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 ejecs., cada una con tablas de datos y de resultados, que refutan ¡ODD!</li> <li>• 1ª ejec.: tamaño 5</li> <li>• 2ª ejec.: tamaño 10</li> </ul>
12. Dos estrategias correctas y una errónea (OCD)	A2: –	2: Sí	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manual, tamaño 7, en pirámide con solapamiento</li> <li>• Refutan ODF</li> </ul>	
13. Dos estrategias correctas y una errónea (OCD)	A2: –	2: Sí	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 ejecs., cada una con tabla de datos y de resultados recortada (OCD, OCF)</li> <li>• Tamaños 12 y 8</li> </ul>	
14. Dos estrategias correctas y una errónea (OCD)	A2: –	2: Sí	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 ejecs., cada una con tabla de datos y de resultados</li> <li>• Tamaños 10 y 12</li> </ul>	
15. Dos estrategias correctas	A1: –				
16. Una estrategia correcta (OCF) y una errónea (OCD)	B: 1				
17. Dos estrategias correctas	A1: –				
18. Dos estrategias correctas y una errónea (OCD)	A2: –	2: Sí	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tamaño 5, con solapamiento</li> <li>• Tabla de datos guardada, captura final y tabla de resultados guardada y recortada a ODC, OCF, OCD</li> </ul>	
19. Una estrategia errónea (OCD)	C: 2	3: No	<ul style="list-style-type: none"> <li>• OCF: descriptivo</li> <li>• Falta ODC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manual, tamaño 3, con solapamiento</li> <li>• Tabla de datos y dos capturas finales (OCD, OCF)</li> </ul>	

20. Dos estrategias correctas y tres erróneas (OCI, ODI, OCD)	C: 2	3: No	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Explicación (innecesaria) confusa para OCF</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ejec. 1: tamaño 11 (enunciado), tabla de entrada, captura final OCF, tablas de resultados normal y con criterio adicional calculado</li> <li>• Ejec. 1: continúa sin más explicación con tamaño 10, captura de SEDA (final ODD) y tabla de resultados</li> <li>• Ejec. 2: tamaño 11, tabla de entrada, tablas de resultados y manual con criterio adicional calculado</li> <li>• Ejec. 2: continúa sin más explicación con tamaño 3, captura de SEDA (final OCF) y tabla de resultados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comienzo de la ejec. 1ª confunde OCI, ODI</li> </ul>
21. Dos estrategias correctas y una errónea (OCD)	D: 1-2	3: No	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tamaños 11 (enunciado) y 11</li> <li>• Tablas de datos manuales y de resultados recortadas (ODC, OCF, OCD)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sigue sin descartar el criterio adicional (max. duración total)</li> </ul>

### 3.4 Discusión

De los resultados anteriores se deduce que disminuyó el número de malentendidos de los alumnos. Además, una ligera mayoría de los grupos corrigieron sus fallos en una segunda sesión, guiados por la solución. Sin embargo, aumentaron los problemas debidos a la propia dificultad de la práctica: descartar la estrategia OCD, que es casi óptima. Probablemente la falta de malentendidos se deba a que se dedicó más tiempo de clase a la experimentación con estrategias y a la modificación del enunciado de la práctica.

De los cuatro factores identificados en la primera sesión, desaparece el factor 3 (propuesta dependiente de los datos de entrada) y adquiere mayor importancia el factor 0 (propuesta de estrategias subóptimas). Como resultado, siguen manteniendo su importancia los tres factores siguientes:

0. Propuesta de estrategias subóptimas.
  1. Coherencia del razonamiento (el único previsto inicialmente).
  2. Criterio de optimización adicional.

Basados en estos factores, distinguimos 4 clases de grupos, que satisfacen diversas combinaciones de los mismos:

- A1.** – (6 grupos)
- A2.** 0 (5 grupos).
- B.** 0-1 (5 grupos)
- C.** 0-2 (4 grupos)
- D.** 0-1-2 (1 grupo)

Los grupos de las clases A1 y A2 producen los mejores resultados. A continuación, los grupos B no son coherentes, pero sus ejercicios aún están desarrollados de una forma reconocible. Finalmente, las soluciones de los grupos C y D difieren sustancialmente de los modelos conceptuales de algoritmos voraces.

Esta interpretación queda reforzada tras el análisis de otros elementos:

- Razonamientos y evidencias más sofisticados (A1: simetría de ODC y OCF, proceso deductivo más claro y estructurado, datos y ejecuciones seleccionadas, números más altos de ejecuciones; A2: tabla de resumen).
- Defectos claros de razonamiento (grupos B y C): falta de comparación de resultados entre estrategias, capturas sin resultados de todas las estrategias. El grupo B también suele presentar evidencias insuficientes para descartar algunas estrategias
- Calidad de la justificación de las estrategias propuestas (grupos A1 y A2).

Otros resultados interesantes son:

- Gran influencia del ejemplo del enunciado sobre la experimentación realizada.
- Todos los grupos presentan problemas de estructuración de los informes.
- Gran variación en la presentación de figuras y tablas en los informes: capturas de pantalla, resultados almacenados en fichero, tablas creadas en Word.

- Tras indicarles las estrategias óptimas, los grupos de categorías más viables encontraron contraejemplos, utilizando frecuentemente ejemplos diseñados manualmente. Sin embargo, los grupos pertenecientes a categorías inviables no corrigieron correctamente sus prácticas.

## 4 Tercera Evaluación

La segunda evaluación se realizó con GreedEx en noviembre de 2010 con un protocolo parecido a los anteriores. Incluimos el enunciado y el modelo de informe de sus tres sesiones en el Apéndice C.

Los tres apartados siguientes contienen el protocolo utilizado, los resultados desglosados en dos etapas, y una discusión de los resultados obtenidos.

### 4.1 Metodología

Dada la similitud del protocolo con el de la primera evaluación, no lo repetimos completo sino que solamente exponemos sus diferencias con respecto a aquella. De todas formas, tenemos que resaltar que esta vez el profesor dio aún más importancia a la preparación para la práctica. Junto al mayor tiempo dedicado a diversas sesiones en el aula (como se ve a continuación), se prepararon unos apuntes sobre “Experimentación con algoritmos voraces” de 8 páginas y organizado en cuatro partes: problemas de optimización, técnica voraz, experimentación con la optimidad de las funciones de selección, y sistema GreedEx. Estos apuntes se dejaron disponibles en el campus virtual antes de las sesiones de laboratorio.

Se advirtió a los alumnos de que habría tres sesiones, cada una con un objetivo distinto.

Junto al cuestionario de opinión de usabilidad y el análisis de informes, también se realizaron observaciones. Su objetivo era recopilar información tanto sobre dificultades de uso de GreedEx como sobre las prácticas en sí. En el laboratorio siempre estaba el profesor de la asignatura para presentar el objetivo y método de las sesiones, así como resolver dudas. Al comienzo de la sesión se pasó lista y dos observadores apuntaron la colocación de cada alumno en un esquema del aula. Durante la sesión, uno de los observadores registraba todas las preguntas que los alumnos le hacían al profesor. Otros dos observadores se repartieron varios grupos a los que tenían fácil acceso, normalmente sentados en la última fila o en un pasillo. Inicialmente, cada uno de estos observadores debía registrar a 4 grupos, anotando lo que hacían cada 5 minutos. En la práctica, se observó a menos grupos por diversas razones.

#### 4.1.1 Sesión de Familiarización

Antes de realizar la práctica, el profesor había impartido 2 horas y media de clase (dos clases de una y una tercera de media hora de duración, respectivamente) con los siguientes contenidos:

- Se presentó la técnica y su esquema de programación junto con algunos problemas sencillos: dos ejemplos de grafos [9, págs. 71-73] y los problemas de cambio de monedas, maximizar el número de objetos que caben en una mochila y maximizar el peso introducido.
- Se dedicó al problema de los caminos más cortos desde un origen (algoritmo de Dijkstra).
- Se dedicó al método experimental. Se reexaminaron los problemas de maximizar el número de objetos que caben en una mochila y maximizar el peso introducido, discutiendo funciones de selección alternativas. También se presentaron las características del método científico y de los problemas de optimización. Por último, se volvió al problema de maximizar el número de objetos que caben en una mochila para su experimentación con GreedEx. A continuación, los alumnos rellenaron la encuesta docente oficial de la asignatura y se fueron al laboratorio para realizar la sesión de familiarización con GreedEx.

La sesión de familiarización duró una hora, en la que los alumnos utilizaron GreedEx con el problema de la mochila. En esta sesión participaron los 3 observadores.

#### **4.1.2 Primera Sesión**

La primera sesión se celebró al día siguiente de la sesión de familiarización. El enunciado y modelo de informe de la primera sesión eran prácticamente iguales que en la segunda evaluación, aunque el modelo de informe explicaba con más detalle algunas partes. (También se les entregó en papel un cuestionario de opinión sobre SEDA para evaluar su usabilidad [10].) Asimismo, en esta sesión participaron los 3 observadores.

Se permitió que la realización de la práctica y la entrega del informe se efectuaran en parejas, pero el cuestionario debía ser individual. Ambos debían entregarse durante la propia sesión. Participaron 36 alumnos organizados en 23 grupos (13 parejas y 10 individuales).

#### **4.1.2 Segunda Sesión**

Tras la sesión de laboratorio, el profesor impartió 3 horas de clase (la primera de una hora de duración y la segunda de dos horas). En la primera sesión se examinó el problema del árbol recubridor de coste mínimo (aunque no se usó TuMiST). La segunda sesión se dedicó a la codificación realista de los algoritmos voraces, ilustrándola con los problemas ya conocidos de tiempo de espera en el sistema y de la mochila; también se vio el problema del secuenciamiento de tareas con plazos.

El enunciado de la segunda sesión se modificó de forma que incluía dos apartados: la continuación de la experimentación de la primera sesión y su codificación realista. El modelo de informe también se modificó, sobre todo explicando con más detalle lo referente a experimentación. En esta evaluación sólo participó un observador, recogiendo las preguntas formuladas al profesor.

Los alumnos debían realizar el primer apartado de la práctica durante la sesión de prácticas, incluyendo la escritura y entrega por correo electrónico de un breve

informe. Participaron 18 alumnos organizados en 11 grupos (7 parejas y 4 individuales).

Tras esta sesión, aún se dedicaron dos horas a los códigos de Huffman, a reexaminar el esquema de programación de los algoritmos voraces, y a las demostraciones de optimidad, ilustradas con el problema de la mochila.

## 4.2 Resultados de la Primera Sesión

Recordemos que analizamos 23 grupos (véase sección 4.1.1). Para mayor claridad, presentamos los resultados del cuestionario separados en dos partes: resultados sobre las funciones de selección y resultados sobre el uso de SEDA.

### 4.2.1 Resultados sobre las Funciones de Selección

La Tabla 8 contiene un análisis de las respuestas de los grupos de prácticas. La tabla contiene las mismas columnas que en apartados anteriores.

Hay que destacar que en esta evaluación ningún grupo ha presentado una respuesta con los factores 2 (criterio de optimización adicional) o 3 (propuesta dependiente de los datos de entrada). En cambio, cobra mayor importancia aún distinguir el factor 0 (propuesta de una estrategia subóptima).

En resumen, resultan 3 categorías (véase la Tabla 7): 11 de A1, 9 de A2 y 3 de B. Como puede verse, los grupos de la categoría B también cumplen el factor 0 (propusieron OCC u OCD).

**Tabla 7.** Clasificación de las respuestas de los grupos de la tercera evaluación

Categoría	Factores	Grupos
A1	–	G1, G4, G6, G10, G11, G12, G14, G17, G19, G21, G23
A2	0	G2, G3, G5, G7, G13, G15, G16, G18, G22
B	0-1	G8, G9, G20

Es interesante constatar que algunos grupos de la categoría A2 (G13, G15, G18) utilizan un lenguaje menos rotundo al justificar esta estrategia que con las dos óptimas. G18 termina así su justificación de ODC:

“(…) lo cual hace que el número de actividades seleccionadas sea el óptimo.”

pero su justificación de OCD es menos rotunda:

“(…) esto hace que la probabilidad de que las actividades seleccionadas se solapen en el tiempo sea menor y como consecuencia el número de actividades que se pueden realizar es mayor.”

Incluso hay grupos (G7, G22) cuya justificación de las tres estrategias es bastante débil:

“(…) siguiendo la estrategia de orden creciente de fin podemos comprobar que se puede realizar el mayor número de actividades para datos de entrada cualesquiera en la mayoría de los casos.”

Otro hecho interesante es que los grupos de la categoría B contienen errores en sus informes, pero hay razones para pensar que quizá no se trate de errores de fondo, sino de errores de escritura o despistes: en este caso podrían haber estado en la categoría A2. En concreto, parece que los grupos G8 y G9 (que tienen su memoria igual, con cambios cosméticos) han cometido algún error de identificación de las estrategias, quedando la duda de si ha sido un error de transcripción o revela malentendidos más profundos. Asimismo, el grupo G20 no ha interpretado correctamente la tabla de resumen.

En general, podemos destacar varios hechos sobre el razonamiento:

- Veamos algunos razonamientos sofisticados de grupos de la categoría A1:
  - Dedicar un ejemplo a refutar OCD (G1, G14, G19) o incluso lo intentan con varios (G12).
  - Reconocen que el ejemplo aportado es insuficiente, pero se remiten a la tabla de resumen (G4).
  - Ilustran cada estrategia óptima con visualizaciones compuestas (estado inicial y final) de cada estrategia óptima (A1: G10, G21; A2: G13), visualizaciones compuestas de cada estrategia óptima frente a otra subóptima (G6) o una animación discreta (G23).
  - Ilustran la optimidad o suboptimidad de todas las estrategias (G19).
- Nueve grupos (A1: G1, G4, G6, G14, G17, G19; A2: G2, G16, G18) proponen simetría entre ODC y OCF.

Asimismo, podemos hacer el siguiente análisis de evidencias:

- Se realizó la siguiente presentación de evidencias: tabla abreviada (6 grupos de A1, 7 de A2, 2 de B), tabla de resumen (7 grupos de A1, 9 de A2, 1 de B), tabla de resultados (7 grupos de A1, 8 de A2, 3 de B), visualizaciones (10 grupos de A1, 5 de A2, 1 de B), visualizaciones iniciales y finales (4 grupos de A1, 2 de A2). Encontramos las siguientes tendencias (aunque no son determinantes):
  - Algunos grupos no usan la tabla abreviada (A1: G4, G11, G17, G19, G23; A2: G3, G13; B: G20) o la de resumen (A1: G1, G6, G21, G23; B: G8, G9). Son grupos mayoritariamente de la categoría A1. Nuestra interpretación es que confían en los resultados globales presentada por la otra tabla. El grupo G23, sin embargo, no presenta ninguna de ambas tablas aunque arguye que “a base de realizar más simulaciones descartamos esta estrategia voraz”.
  - Algunos grupos no usan la tabla de resultados (A1: G10, G12, G17, G19; A2: G22). De nuevo son grupos mayoritariamente de la categoría A1. Nuestra interpretación es que la consideran innecesaria tras las evidencias proporcionadas por las tablas abreviada o de resumen.
  - Algunos grupos no presentan visualizaciones (A1: G4; A2: G3, G5, G7, G18; G22; B: G8, G9). Sin mayoritariamente de los grupos A2 y B. Nuestra interpretación es que los grupos de la categoría A1 las consideraron un complemento más interesante para apoyar su argumentación.
- Los grupos fundamentan su propuesta en:

- Ejecución intensiva y tabla abreviada (A1: G1, G6; B: G8, G9).
- Ejecución intensiva y tablas abreviada y de resumen (A1: G10, G11).
- Generación aleatoria y manual de datos y tablas abreviada y de resumen (A1: 12).
- Generación aleatoria de datos y tablas abreviada y de resumen (A1: G14, G17; A2: G2, G5, G7, G15, G16, G18, G22).
- Generación aleatoria de datos y tabla abreviada (A1: G21).
- Generación aleatoria de datos y tabla de resumen (A1: G4, G19; A2: G3, G13; B: G20).
- No es posible saber el proceso deductivo (A1: G23).
- Algunos grupos aportan diversas clases de evidencias adecuadas:
  - Tabla de resultados ilustrativa de OCF, ODC, OCD y captura con contraejemplo de OCD (A1: G1).
  - Tres tablas de resultados ilustrativas de OCF, ODC, OCD (A2: G18).
  - Captura ilustrativa de cada estrategia (A1: G19).
- Otros grupos aportan diversas clases de evidencias inadecuadas:
  - Tabla de resultados ilustrativa de OCF, ODC, OCD y capturas extra (pero insuficientes) para comparar ODC, OCF (A1: G6) u OCD (A2: G7) con otra estrategia.
  - Tabla de resultados ilustrativa de OCF, ODC, OCD y una o dos no ilustrativas, sin capturas (A2: G3) o con una o dos capturas por OCF, ODC (A1: G21), por OCF, ODC, OCD (A2: G2, G13, G15) o incluso por todas las estrategias (B: G20).
  - Dos tablas de resultados ilustrativas o mutuamente ilustrativas de OCF, ODC, OCD y otras no ilustrativas (A2: G5; B: G8).
  - Tres tablas de resultados mutuamente ilustrativas de OCF, ODC, OCD y otra no ilustrativa (A1: G11).
  - Tabla de resultados no ilustrativa y captura de contraejemplo de OCD (A1: G14).
  - Tabla de resultados no ilustrativa y capturas de ODC, OCF (A1: G10).
  - Presentación confusa de tablas, quizá por error (A1: G17).
  - Tablas de resultados incompletas y captura (A1: G23).
- Aunque las propuestas sean correctas o aceptables en sus conclusiones, presentan diversos defectos en sus evidencias:
  - Presentación de varias tablas abreviadas (A1: G1, G11).
  - Presentación de juegos de datos que no aportan nada nuevo con respecto a otros datos porque producen más estrategias óptimas (A1: G11, G21; A2: G2, G5, G13, G15; B: G8, G9), repiten las mismas (A2: G18), no se sabe cuántas estrategias óptimas tiene (A1: G23) o todas las funciones de selección producen el mismo valor (B: G20).
  - Presentación de juegos de datos que no permiten deducir la optimidad de las estrategias (A1: G4, G10; A2: G16).
- Aunque las propuestas sean correctas o aceptables en sus conclusiones, presentan diversos defectos de presentación:
  - Repiten la tabla global (abreviada o de resumen) con cada estrategia (A1: G6, G17, G21; A2: G2, G13, G18; B: G8, G9).

- Repiten tablas de datos o de resultados cuando se comparten entre estrategias (A1: G1, G6, G21, G23; A2: G13, G16). Dos grupos (A2: G3, G15) no las repiten sino que citan las incluidas al comienzo. Otros (A2: G13, G16) presentan varias veces la tabla de resumen, pero anotada para cada estrategia óptima. Análogamente, otro grupo (A2: G22) presenta varias veces las tablas abreviada y de resumen, pero anotadas para cada estrategia óptima.

#### 4.2.2 Resultados sobre el Uso de GreedEx

Analizando los datos de uso de GreedEx, se observaron las siguientes tendencias:

- Sólo 2 grupos (A2: G15, B: G20) dejaron algunas estrategias sin ejecutar con algunos datos de entrada, lo que les produce situaciones contradictorias.
  - G15 sólo ejecutó una estrategia para su primer juego de datos, resultando porcentajes del 96'87% para las tres estrategias mejores. GreedEx no captó esta circunstancia y siguió marcando las tres estrategias como óptimas en la tabla de resumen. Interpretamos que el alumno fue coherente al saber que la primera columna no podía tener en cuenta para la conclusión.
  - G20 dejó dos estrategias sin ejecutar en cada una de las filas 2 y 3. La tabla de resumen consignó estas cuatro estrategias como subóptimas, incluyendo ODC. Los alumnos debieron darse cuenta de que estas dos filas no debían tenerse en cuenta y borrarlas.
- Sólo 2 grupos probaron con los datos del enunciado (A1: G23, A2: G13).
- Los tamaños más frecuentes de los datos de entrada fueron 10 y 11 (tamaño del ejemplo del enunciado). También encontramos datos de entrada de tamaño 3-9 ó 12.

También son interesantes algunas otras tendencias relacionadas con las categorías:

- Los datos de entrada casi siempre se generaron aleatoriamente. Sólo 4 grupos (categoría A1) utilizaron datos diseñados manualmente. Tres de ellos (A1: G1, G12, G14) los construyeron para refutar la función de selección OCD. Uno de estos grupos (A1: G12) declara que generó aleatoriamente 4 juegos de datos para cribar estrategias y luego construyó otros 4 manualmente buscando contraejemplos. Otro grupo (A1: G19) lo llevó al extremo de usar unos datos distintos para refutar cada estrategia subóptima (a veces, usaba unos mismos datos para varias estrategias).
- 6 grupos (A1: G1, G6, G10, G11; B: G8, G9, aunque ambos elaboraron la misma memoria) utilizaron la ejecución intensiva, con un número de ejecuciones que varía de 102 a 1477.
- Todos los grupos de la categoría A2 presentan tablas de resumen con tres estrategias óptimas, destacando G15 con una tabla de resumen con 32 ejecuciones. No encontraron ningún contraejemplo de OCD debido a que no utilizaron la ejecución intensiva ni construyeron datos manualmente.
- No parece haber relación entre el número de ejemplos incluidos y las categorías.

**Tabla 8.** Análisis de las respuestas de los grupos en la primera sesión de la tercera evaluación

Nº de grupo – Estrategias	Categoría	#Ejemplos / Ejecuciones	Tamaño de datos	#Estrategias por ejecución	Justificación	Evidencias	Razonamiento global
1. Dos estrategias correctas	A1: –	2/102-103	4(manual),4(manual, contraej.)	3/8	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Correcta (redacción confusa)</li> <li>• Simetría entre ODC y OCF</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 tablas abreviadas (102, 103 ejec.)</li> <li>• 2 tablas de datos y de resultados</li> <li>• 2 capturas finales del contraej. (ODC y OCD)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 tabla abreviada por estrategia óptima</li> <li>• Tabla de datos y de resultados comunes a las 2 estrategias óptimas (donde OCD también es óptimo)</li> <li>• Contraej. de OCD</li> </ul>
2. Dos estrategias correctas y una errónea (OCD)	A2: 0	3/21	11,11,11	4/8, 4/8, 3/8	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aceptable</li> <li>• Simetría entre ODC y OCF</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 tabla abreviadas (21 ejec.) y de resumen (15)</li> <li>• 3 tablas de datos, de resultados y capturas finales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Repiten las mismas tablas abreviada y de resumen en cada estrategia</li> <li>• 1 tabla de datos, de resultados y captura por estrategia</li> <li>• Bastaría con una fila (fila 7 en ej. 3)</li> </ul>
3. Dos estrategias correctas y una errónea (OCD)	A2: 0	3/10	12,12,7	4/8,3/8,4/8	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Correcta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tabla de resumen</li> <li>• 3 tablas de datos y de resultados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bastaría con la 2ª ejec.</li> </ul>
4. Dos estrategias correctas	A1: –	1/7	5	5/8	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Correcta</li> <li>• Simetría entre ODC y OCF</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 tabla de resumen (7), de datos y de resultados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ej. no ilustrativo</li> <li>• Reconocen que un ej. es insuficiente para la evidencia, pero argumentan que la tabla de resumen la completa</li> </ul>
5. Dos estrategias correctas y una errónea (OCD)	A2: 0	3/21	7,8,10	5/8, 4/8, 4/8	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descriptiva/ aceptable/ correcta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tabla abreviada (21 ejec.) y de resumen (15)</li> <li>• 3 tablas de datos y de resultados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Habría bastado con 2 filas (p.ej. 6 y 7)</li> <li>• Ejs. no ilustrativos</li> </ul>

6.	Dos estrategias correctas	A1: –	2/801	10,10	3/8, ?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Correcta para ODC</li> <li>• Simetría entre ODC y OCF</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 tablas abreviadas (801), 2 de datos y 2 de resultados</li> <li>• 4 capturas de justificación por estrategia óptima (ODI vs. ODC; ODD vs. OCF; en ambas, inicial y final)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tabla abreviada, de datos y de resultados comunes</li> <li>• Los datos de las capturas son comunes</li> <li>• Los datos de la tabla de datos y de las capturas son distintos</li> </ul>
7.	Dos estrategias correctas y una errónea (OCD)	A2: 0	3/18	9,10,12	3/8, ?, ?	Algo descriptiva	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tabla abreviada (18 ejec.) y de resumen (18)</li> <li>• Tabla de datos y de resultados</li> <li>• 2 capturas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las tablas y capturas están incluidas en capturas de pantalla (por tanto, hemos interpretado lo importante de cada una)</li> <li>• Capturas de ejs. no ilustrativos</li> </ul>
8.	Una estrategia correcta (ODC) y otra errónea (OCC)	B: 0-1	4/103	5,6	5/8, 3/8, 3/8, 4/8	La explicación de ODC serviría para OCF y la de OCC, para ODC: quizá se han equivocado al nombrarlas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 tablas abreviadas (103 ejec.), 2 tablas de datos y 4 tablas de resultados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tabla abreviada, de datos y de resultados por estrategia</li> <li>• Incoherente: descarta OCF</li> </ul>
9.	Una estrategia correcta (ODC) y otra errónea (OCC)	B: 0-1	4/103	5,6	5/8, 3/8, 3/8, 4/8	La explicación de ODC serviría para OCF y la de OCC, para ODC: quizá se han equivocado al nombrarlas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 tablas abreviadas (103 ejec.), 2 tablas de datos y 4 tablas de resultados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tabla abreviada, de datos y de resultados por estrategia</li> <li>• Incoherente: descarta OCF</li> <li>• Igual a la anterior (probablemente realizada entre los 3), con cambios menores de redacción</li> </ul>
10.	Dos estrategias correctas	A1: –	1/503	5	5/8	Constata su optimidad siempre	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tabla abreviada (503) y de resumen (10)</li> <li>• Tabla de datos y 4 capturas (por cada estrategia óptima, inicial y final)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Juego de datos mal elegido</li> </ul>

11. Dos estrategias correctas	A1: –	4/1477	5,10,10,10,10,10	6/8, 5/8, 5/8, 5/8	La explicación de OCF serviría para ODI y la de ODI, incorrecta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tabla de resumen (16)</li> <li>• 2 tablas de datos y abreviadas (1477, 1577)</li> <li>• 4 tablas de datos, de resultados y capturas finales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 tabla de datos y abreviada por estrategia</li> <li>• Incluye 1 juego de datos sin sentido más 2 juegos de datos como evidencia, por estrategia</li> <li>• 1 tabla de datos, de resultados y captura por juego de datos</li> </ul>
12. Dos estrategias correctas	A1: –	–	7,7	–	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Correcta</li> <li>• Describe el caso de empate de actividades</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tabla abreviada (8) y de resumen (8)</li> <li>• 2 capturas finales (anotadas)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los 4 primeros datos de entrada son aleatorios y los otros 4, manuales</li> <li>• 1 captura por estrategia óptima, para ilustrarla</li> </ul>
13. Dos estrategias correctas y una errónea (OCD)	A2: 0	2/6	11(enunciado),11,11,11,7,11	5/11, 3/7	Aceptable	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incluye al principio tablas manuales de todos los juegos de datos</li> <li>• 3 tablas de resumen (5, anotada), 6 tablas de datos y 6 tablas de resultados</li> <li>• 12 capturas (para cada juego de datos, inicial y final)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tabla de resumen (5), 2 tablas de datos y 2 tablas de resultados comunes a las estrategias</li> <li>• 2 juegos de datos comunes a las estrategias</li> <li>• 4 capturas (para cada juego de datos, inicial y final) por estrategia óptima</li> <li>• Las capturas iniciales son de ODC (deberían ser propias de cada estrategia)</li> </ul>
14. Dos estrategias correctas	A1: –	1/28	3(manual)	6/8	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Correcta</li> <li>• Simetría entre ODC y OCF</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tabla abreviada (28) y de resumen (16)</li> <li>• Tabla de datos, de resultado y captura inicial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contraej. de OCD</li> </ul>

15. Dos estrategias correctas y una errónea (OCD)	A2: 0	2/32	6,12	5/8, 3/8	Correcta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tabla abreviada (32) y de resumen (30)</li> <li>• 6 tablas de datos y de resultados</li> <li>• 4 capturas iniciales y 4 capturas finales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tablas de datos y de resultados comunes a las 3 estrategias</li> <li>• 4 capturas (cada juego de datos, inicial y final) para ODC</li> <li>• 2 capturas (juego de datos de tamaño 12, inicial y final) para OCF y OCD</li> <li>• Sólo se ejecuta OCI para el 1º juego de datos, dando porcentaje en la tabla de resumen de 96'87%</li> </ul>
16. Dos estrategias correctas y una errónea (OCD)	A2: 0	1/10	10	5/8	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Constata su optimidad siempre</li> <li>• Simetría entre ODC y OCF</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tabla abreviada (10) y de resumen (10, anotadas)</li> <li>• Tabla de datos, de resultados y captura recortada de los datos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Un solo juego de datos común a las estrategias</li> <li>• Presenta ODC y OCF juntas</li> </ul>
17. Dos estrategias correctas	A1: –	2/15	11,12	–	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aceptable</li> <li>• Constata su optimidad siempre</li> <li>• Simetría entre ODC y OCF</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tabla de resumen (15)</li> <li>• 2 capturas finales</li> <li>• Tabla de datos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Un solo juego de datos común a las estrategias</li> <li>• Repite tabla de resumen en lugar de otras tablas (varios sitios)</li> <li>• Captura final para cada estrategia</li> </ul>
18. Dos estrategias correctas y una errónea (OCD)	A2: 0	3/11	11,6,9	3/8, 3/8, 3/8	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Correcta</li> <li>• Simetría entre ODC y OCF</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tabla abreviada (11)</li> <li>• 3 tablas de resumen (11), 3 de datos y 3 de resultados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tabla de resumen común</li> <li>• Tabla de datos y de resultados para cada estrategia</li> </ul>
19. Dos estrategias correctas	A1: –	5/6	3,3,3,6,5(manuales)	–	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aceptable</li> <li>• Constata su optimidad siempre</li> <li>• Simetría entre ODC y OCF</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tabla de resumen (6), sin columna de ODD</li> <li>• 8 capturas finales (2 comunes a ODC, OCF; 3 a OCI, ODI, ODD)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada captura justifica o refuta cada estrategia (elegidas con tabla de resumen), acompañada de una explicación</li> </ul>

20. Una estrategia correcta (OCF) y una errónea (OCD)	B: 0-1	2/8 (filas 8 y 1)	4,10	8/8, 3/8	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aceptable</li> <li>• Constata su optimidad siempre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tabla de resumen (8)</li> <li>• 1° datos: tabla de datos, de resultados y 8 capturas finales (una por estrategia)</li> <li>• 2° datos: tabla de datos, de resultados y 8 capturas finales (una por estrategia)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2ª y 3ª fila tabla resumen: no se ejecutan todas las estrategias (OCC, ODC; OCI, ODI), por lo que ODC queda descartada como óptima (fila 2)</li> <li>• 1° datos: da el mismo valor para todas las estrategias (mal elegido)</li> <li>• 2° datos: restringen las estrategias a 3</li> </ul>
21. Dos estrategias correctas	A1: –	2/55 (filas 48 y 55)	6,7	6/8, 3/8	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aceptable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 tablas abreviadas (55), 4 tablas de datos, 4 tablas de resultados, todas manuales</li> <li>• 4 capturas iniciales y 4 finales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tabla abreviada, 2 tablas de datos y 2 de resultados comunes</li> <li>• 2 capturas (inicial y final) por estrategia y datos</li> <li>• Captura final correcta pero la inicial no corresponde (3 casos) con la estrategia propuesta</li> <li>• Bastaría con el 2° juego de datos</li> </ul>
22. Dos estrategias correctas y una errónea (OCD)	A2: 0	3/10 (filas 1, 2 y 6)	5,10,4	–	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Constata su optimidad siempre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 tablas abreviadas (10), de datos y de resumen (anotada la columna de cada estrategia)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tabla abreviada, de datos y de resumen comunes</li> <li>• Las tablas de datos sin sentido</li> </ul>
23. Dos estrategias correctas	A1: –	2/2	11(enunciado),11,12	3/8	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aceptable (confusa al usar la palabra “analizar” en lugar de “seleccionar”)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 6 tablas de datos, 28 capturas (variadas) y 6 tablas de resultados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Juegos de datos comunes</li> <li>• 1° juego de datos: tabla de datos, capturas sucesivas y tabla de resultados</li> <li>• 2° y 3° juego de datos: tabla de datos, captura final y tabla de resultados (sólo con resultado de la estrategia)</li> <li>• Afirman que descartaron OCD tras experimentar pero no presentan evidencias</li> </ul>

### 4.3 Resultados de la Segunda Sesión

En este apartado vemos los resultados de realizar la segunda sesión, en la que tuvieron la oportunidad de rectificar sus errores.

Recordemos que participaron 11 grupos (véase sección 4.1.2). Los 12 grupos que no asistieron a esta segunda sesión se desglosan (véase Tabla 9) en 6 grupos de la categoría A1, 5 de A2 y 1 de B.

La Tabla 9 contiene un análisis de las respuestas de los grupos de prácticas. Algunos grupos no asistieron a esta segunda sesión. Los que no lo hicieron tienen su fila correspondiente sombreada en gris; los que asistieron tienen su fila correspondiente sin sombrear y contenidos en las columnas cuarta a sexta.

Todos los grupos presentados corrigieron sus errores, aunque podemos distinguir tres casos:

1. Práctica anterior correcta: 5 grupos (A1: G1, G4, G12, G17, G19). Se limitaron a constatar que la habían realizado bien, por lo que los excluimos del análisis siguiente.
2. Práctica anterior incorrecta y ahora corregida: 5 grupos (A2: G2, G15, G16, G22; B: G20).
3. Caso de interpretación dudosa: 1 grupo (B: G8). Afirman que realizaron bien la práctica anterior, por lo que simplemente lo constatan (como los grupos de la categoría 1). Es dudoso, aunque es verosímil y se les puede conceder el privilegio de la duda.

Analizando los ejemplos incluidos, se observa que todos los grupos presentan contraejemplos de tamaño 5. Encontraron contraejemplos realizando un alto número de ejecuciones (probablemente con la ejecución intensiva). Sus evidencias incluyen tablas abreviadas o de resumen.

**Tabla 9.** Análisis de las respuestas de los grupos en la segunda sesión de la tercera evaluación

Nº de grupo – Estrategias	Categoría previa	Categoría actual	Nuevas justificaciones	Refutaciones	Otros comentarios
1. Dos estrategias correctas	A1: –	1: Sí	—	—	Corroboran (informe) que estaba bien
2. Dos estrategias correctas y una errónea (OCD)	A2: –	2: Sí	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contraej.: tamaño 5, no manual</li> <li>• Tabla de datos, de resumen (fila 167) y captura final (OCD)</li> </ul>	
3. Dos estrategias correctas y una errónea (OCD)	A2: –				
4. Dos estrategias correctas	A1: –	1: Sí	—	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corroboran (informe) que estaba bien</li> <li>• Tabla de resumen (7)</li> </ul>
5. Dos estrategias correctas y una errónea (OCD)	A2: –				
6. Dos estrategias correctas	A1: –				
7. Dos estrategias correctas y una errónea (OCD)	A2: –				
8. Una estrategia correcta (OCI) y otra errónea (ODI)	B: 1	2: Sí	—	—	Afirman que la hicieron bien (puede aceptarse que se equivocaron en los nombres de las estrategias propuestas)
9. Una estrategia correcta (OCI) y otra errónea (ODI)	B: 1				
10. Dos estrategias correctas	A1: –				
11. Dos estrategias correctas	A1: –				
12. Dos estrategias correctas	A1: –	1: Sí	—	—	Corroboran (informe) que estaba bien
13. Dos estrategias correctas y una errónea (OCD)	A2: –				
14. Dos estrategias correctas	A1: –				

15. Dos estrategias correctas y una errónea (OCD)	A2: –	2: Sí	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contraej.: tamaño 5, no manual</li> <li>• Tabla de datos, de resumen (fila 58) y captura final (ODF)</li> </ul>	
16. Dos estrategias correctas y una errónea (OCD)	A2: –	2: Sí	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contraej.: tamaño 5, no manual</li> <li>• Tabla abreviada (5.213, anotada), de resumen (fila 56, anotada) y captura final (OCD, anotada)</li> </ul>	
17. Dos estrategias correctas	A1: –	1: Sí	—	—	Corroboran (mensaje) que estaba bien
18. Dos estrategias correctas y una errónea (OCD)	A2: –				
19. Dos estrategias correctas	A1: –	1: Sí	—	—	Corroboran (informe) que estaba bien
20. Una estrategia correcta (OCF) y una errónea (OCD)	B: –	2: Sí		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconocen su error de interpretación de la tabla de resumen</li> <li>• Tabla de resumen antigua y nueva, con ejecución corregida</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contraej.: tamaño 5</li> <li>• Tabla de datos, de resultados</li> </ul>
21. Dos estrategias correctas	A1: –				
22. Dos estrategias correctas y una errónea (OCD)	A2: –	2: Sí	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tabla de resumen (567-578, fila 576, anotada)</li> </ul>	
23. Dos estrategias correctas	A1: –				

#### 4.4 Resultados de las Observaciones

Analizamos en esta sección los resultados obtenidos de las observaciones. La Tabla 10 muestra la asistencia de los distintos grupos a las tres sesiones. Cada fila corresponde a una sesión y cada columna, a un grupo. Cada celda indica si asistieron los miembros del grupo a la sesión correspondiente. Se ha utilizado el convenio de que I representa la asistencia de un participante individual, P la asistencia de un miembro de una pareja y PP la asistencia de ambos miembros.

##### 4.4.1 Sesión de Familiarización

Participaron 24 alumnos, repartidos en 8 participantes individuales, 4 participantes sin su pareja, 3 parejas y 6 alumnos que no entregaron informe en la sesión siguiente. Tenemos registrada una pregunta de un alumno de grupo individual (A1: G6), pero no su posición, por lo que quizá llegó tarde.

Si nos centramos en las preguntas referentes a la práctica, hubo 5 conversaciones o preguntas (A1: G1, G4, G6, G21; A2: G18). Vemos las anotaciones:

- Tres conversaciones con el profesor.
- Una pregunta sobre el enunciado del problema de la mochila.
- Una pregunta menos clara (A1: G21): “¿Puede haber casos para cierto problema donde la estrategia óptima sea distinta?”

Otros 3 alumnos (sentados contiguos) practicaron con los problemas de la mochila y de la mochila 0/1.

Por último, se constató que un alumno de una pareja no hacía nada, dejando hacer que su compañero hiciera todo (B: G8).

##### 4.4.2 Primera Sesión

Participaron 36 alumnos, repartidos en 8 participantes individuales, 2 participantes sin su pareja, 11 parejas y 3 alumnos que no entregaron informe. Tenemos registradas dos preguntas de alumnos de grupo individual (A1: G6 de nuevo; A2: G2), pero no su posición, por lo que quizá llegaron tarde.

Si nos centramos en las preguntas referentes a la práctica, hubo 12 preguntas de 7 grupos (A1: G1, G6, G12, G14; A2: G2, G3, G22). Hubo grupos que hicieron 1 pregunta (A1: G1, G12; A2: G2, G22), 2 (A2: G3) ó 3 (A1: G6, G14). Veamos las preguntas:

- Una conversación con el profesor (A1: G1).
- Cuatro preguntas sobre el enunciado del problema (A1: G6, G12, G14; A2: G3).
- Cuatro preguntas sobre el método experimental (A1: G6, G6, G14; A2: G3).
- Una pregunta sobre conceptos de optimidad (A2: G2).
- Una pregunta sobre qué debe entregar en la práctica (A2: G22).
- Una pregunta sobre una estrategia óptima (A1: G14).

También se observó que los dos miembros de un grupo (A1: G17) buscaron información con Google sobre el problema, llegando a encontrar un artículo nuestro [1]. Sin embargo, hay que constatar que su práctica está bastante elaborada.

#### **4.4.3 Segunda Sesión**

Participaron 19 alumnos, repartidos en 5 participantes individuales, 2 participantes sin su pareja, 5 parejas y 2 alumnos que no entregaron informe.

Se ha constatado la dificultad en encontrar un contraejemplo de OCD por parte de dos parejas (A2: G15; B: G20), un participante individual (A2: G2) y otro que no entregó ningún informe.

#### **4.4.4 Participación global**

La asistencia a las sesiones ha sido bastante irregular: 8 grupos asistieron a las tres sesiones (aunque no siempre todos los miembros de las parejas) y 11 a dos sesiones (7 a la de familiarización y a la primera, y 4 a la primera y segunda). También hubo 4 grupos que asistieron solamente a la primera sesión, pero hemos registrado 6, 3 y 2 alumnos que no entregaron ningún informe en las tres sesiones, respectivamente.

Si analizamos cuántos grupos han asistido a la sesión de introducción (y de la primera) y la categoría de su práctica, vemos que no hay ninguna relación (8 grupos A1 de 11, 5 A2 de 8, 2 B de 3). Tampoco ha influido el asistir a las tres sesiones (4 grupos de A1, 3 de A2, 1 de B). Por último, no parece influir el factor de que algunas parejas tuvieron un participante en la sesión de familiarización y dos en la primera (A1: G14; A2: G16; B: G8).

**Tabla 10.** Asistencia de alumnos de los grupos a las tres sesiones

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
<b>Sesión de familiarización</b>	I			PP	I	I?		P	I	I		I	PP	P		P		I	P		PP	I	
<b>Sesión primera</b>	I	I?	I	PP	I	I?	PP	PP	I	I	P	I	PP	PP	PP	PP	PP	I	P	PP	PP	I	PP
<b>Sesión segunda</b>	I	I		PP				P				I			PP	PP	PP	I	P	PP		I	

## 4.5 Discusión

De los resultados anteriores se deduce que los alumnos no han tenido malentendidos, sino que los problemas surgidos se deben a la propia dificultad de la práctica: descartar la estrategia OCD. Probablemente la falta de malentendidos se deba a que se realizaron varias intervenciones: apuntes, sesión de laboratorio y mayor tiempo de clase.

A los tres factores identificados previamente, hemos añadido un cuarto:

1. Coherencia del razonamiento.
2. Criterio de optimización adicional.
3. Propuesta dependiente de los datos de entrada.
4. Propuesta de estrategias subóptimas.

Basados en estos factores, distinguimos 3 clases de grupos, que satisfacen diversas combinaciones de los mismos:

- A1. – (11 grupos)
- A2. 4 (9 grupos)
- B. 1-4 (3 grupos)

Los grupos de la clase A1 producen resultados correctos. La diferencia fundamental ha sido identificar la suboptimalidad de la estrategia OCD. Sin embargo, también encontramos algunas diferencias de A1 con respecto a los otros grupos:

- Diseño manual de datos para refutar la estrategia OCD.
- Mayor uso de la ejecución intensiva para tener evidencia, frente a la generación uno a uno de los juegos de datos.
- Mejor estructuración del informe:
  - Evidencias más sofisticadas.
  - Frecuente uso selectivo de la tabla abreviada o de resumen, no ambas.
  - Frecuente innecesidad de incluir tablas de resultados.
  - Frecuente inclusión de capturas, en muchos casos selectivas (p.ej. de contraejemplos o con un estado inicial y final).

Otros resultados interesantes son:

- Justificación frecuente (más en A1) de la optimalidad de una estrategia (OCF u ODC) por simetría.
- La estructura de los informes suele contener redundancias (se repiten evidencias en distintas partes, p.ej. tablas de resumen, o que no aportan nada con respecto a otras evidencias, p.ej. tablas de resultados con muchas estrategias) o datos inútiles (no ilustran las estrategias propuestas, p.ej. tablas de resultados con muchas estrategias o capturas sin comparar con otras). Puede deberse a un conocimiento superficial del método experimental.

- Tras conocer las estrategias óptimas, todos los grupos encontraron contraejemplos realizando un alto número de ejecuciones (probablemente con la ejecución intensiva).
- La asistencia ha sido irregular a lo largo de las sesiones.
- Las preguntas formuladas hacen ver que el conocimiento de la materia aún es superficial.

Pueden proponerse varias mejoras para cursos futuros:

- Rehacer la estructura del informe, de manera que se pida un mínimo de información: propuesta de funciones de selección óptimas, resumen de evidencia experimental, justificación de cada estrategia óptima, ejemplos representativos.
- Comentar en clase las estrategias y los propios informes de la primera sesión, de forma que los alumnos aprendan de sus errores. Lo ideal sería proponer algún otro ejercicio similar.

## 5 Discusión

El análisis de los trabajos de la primera sesión fue el primero realizado y el más laborioso. Tras numerosas iteraciones, se identificaron tres factores distintivos de los distintos trabajos (factores 1, 2 y 3). Los factores 2 y 3 fueron inesperados. Las categorías presentes se definían a partir de los factores que reunía cada grupo de alumnos. El análisis de las sesiones segunda y tercera llevaron a dar mayor relevancia a otro factor, más natural (factor 0). Los factores resultantes son:

- Propuesta de estrategias subóptimas.
- Incoherencia del razonamiento.
- Criterio de optimización adicional.
- Propuesta dependiente de los datos de entrada.

Las distintas combinaciones encontradas de estos factores dieron lugar a 7 categorías, como muestra la Tabla 11.

**Tabla 11.** Categorías y factores

Categoría	Factores
A1	–
A2	0
B	0-1
C	0-2
D	0-1-2
E	0-2-3
F	0-1-2-3

Los grupos de la clase A resuelven la práctica bien o bastante bien, utilizando un proceso deductivo coherente y sin malentendidos. A continuación, los ejercicios del

grupo B están desarrollados de una forma reconocible, aunque su deducción no es coherente o no presentan evidencias suficientes del mismo. Finalmente, los grupos C, D, E y F reflejan modelos mentales inviables ya que sufren malentendidos graves (e inesperados), con soluciones que difieren sustancialmente de los modelos conceptuales de algoritmos voraces.

La Tabla 12 muestra la evolución de las categorías entre sesiones.

**Tabla 12.** Evolución de los porcentajes de grupos de alumnos en cada categoría a lo largo de las sesiones de evaluación

	1ª sesión	2ª sesión	3ª sesión
<b>A1</b>	22,22%	28,57%	47,83%
<b>A2</b>	5,56%	23,81%	39,13%
<b>B</b>	16,67%	23,81%	13,04%
<b>C</b>	11,11%	19,05%	0%
<b>D</b>	16,67%	4,76%	0%
<b>E</b>	22,22%	0%	0%
<b>F</b>	5,56%	0%	0%

Probablemente sea más informativo agrupar las categorías, como muestra la Tabla 13.

**Tabla 13.** Evolución de los porcentajes de grupos de alumnos en grupos de categorías a lo largo de las sesiones de evaluación

	1ª sesión	2ª sesión	3ª sesión
<b>A1-A2</b>	27,78%	52,38%	86,96%
<b>B</b>	16,67%	23,81%	13,04%
<b>C-D-E-F</b>	55,56%	23,81%	0%

Podemos observar que el porcentaje de grupos de las categorías A aumenta claramente, de igual forma que disminuyen y desaparecen los grupos de las categorías C-D-E-F.

Los grupos de la clase A1 producen resultados correctos. La diferencia fundamental con el grupo A2 ha sido identificar la suboptimidad de la estrategia OCD, lo cual responde a un proceso deductivo más claro y estructurado. Veamos algunas de las características específicas de los informes de A1:

- Diseño manual de datos para refutar la estrategia OCD.
- Mayor uso de la ejecución intensiva para tener evidencia, frente a la generación uno a uno de los juegos de datos.
- Calidad de la justificación de las estrategias propuestas, incluyendo la simetría de ODC y OCF.
- Mejor estructuración del informe:
  - Menos redundancias.
  - Frecuente uso selectivo de la tabla abreviada o de resumen.

- Frecuente uso de capturas, en muchos casos selectivas (p.ej. de contraejemplos o con un estado inicial y final).

El grupo B se encuentra en una situación intermedia con respecto a la viabilidad de sus modelos mentales. Un problema común es presentar evidencias insuficientes para descartar algunas estrategias, p.ej. no comparan resultados entre estrategias o incluyen capturas sin resultados de todas las estrategias.

El resto de grupos (C-D-E-F) presentan modelos mentales inviables. Es de destacar que, incluso tras identificar las estrategias óptimas en el enunciado de la segunda práctica, no suelen lograr resultados viables.

Otros resultados interesantes son:

- Gran influencia del ejemplo del enunciado sobre la experimentación realizada en la primera sesión. El resto de datos suelen generarse aleatoriamente. En la segunda sesión son frecuentes los datos de tamaño pequeño diseñados manualmente.
- Las preguntas formuladas durante las sesiones al profesor hacen ver que el conocimiento de la materia es superficial, incluso para el grupo A1.
- Todos los grupos presentan problemas de estructuración de los informes, como redundancias o datos inútiles. Puede deberse a un conocimiento superficial del método experimental.
- Tras indicarles las estrategias óptimas, todos los grupos de las categorías viables (A2 y B) encontraron contraejemplos, bien diseñados manualmente, bien realizando un alto número de ejecuciones (probablemente con la ejecución intensiva. Sin embargo, la mayoría de grupos con modelos inviables son incapaces de corregirlos.
- La asistencia ha sido irregular a lo largo de las sesiones.

Los resultados obtenidos han provenido de realizar varias mejoras a lo largo de las sesiones:

- Mayor tiempo dedicado en clase a la experimentación.
- Modificación del enunciado y los modelos de informe.
- Sesión de introducción en el laboratorio al asistente interactivo GreedEx.
- Mejoras de los asistentes interactivos, tanto en el apoyo a la experimentación como en la exportación de evidencias.
- Producción de materiales docentes sobre el método experimental y el asistente interactivo GreedEx

También podemos señalar varias conclusiones sobre los métodos de investigación utilizados:

- El análisis de informes se ha revelado como un potente método para identificar malentendidos. Su principal problema es el tiempo que conlleva, sobre todo la primera vez que se realiza.
- Las entrevistas son un método complementario muy útil, ya que permiten aclarar frases o evidencias poco claras. Deben realizarse poco tiempo después de las sesiones, para poder acceder a los alumnos fácilmente y de forma justificada para ellos. Su principal dificultad radica en que el análisis debe

realizarse rápidamente, lo cual no es fácil. En nuestro caso, deberían ser entrevistas más estructuradas.

- Las observaciones permiten conocer más sobre el proceso de resolución. Sin embargo, nuestro modelo de observaciones fue poco útil. Habría que ir hacia observaciones más frecuentes, incluso grabaciones en vídeo o registros de actividad (*logs*).

Por último, pueden proponerse varias mejoras para cursos futuros:

- Rehacer la estructura del informe. Por un lado, conviene pedir un mínimo de información: propuesta de funciones de selección óptimas, resumen de evidencia experimental, justificación de cada estrategia óptima, ejemplos representativos. Sin embargo, también podría interesar que se disponga de información que los grupos suelen descartar: proceso deductivo, número de ejecuciones realizadas, justificación de los tamaños de entrada, explicación de la selección de evidencias.
- Comentar en clase las estrategias y los propios informes de la primera sesión, de forma que los alumnos aprendan de sus errores. Lo ideal sería proponer algún otro ejercicio similar.

## 6 Conclusiones

Hemos presentado tres sesiones de prácticas realizadas en tres cursos académicos sucesivos, en las que los alumnos debían aplicar un método didáctico nuevo para los algoritmos voraces basado en la experimentación con funciones de selección; la experimentación se realizaba mediante dos asistentes interactivos de características similares (SEDA y GreedEx). Para cada sesión se ha detallado el procedimiento, los enunciados y modelos de informes usados para las prácticas, y los resultados de su análisis, así como una discusión de los mismos. Podemos considerar que los resultados han sido positivos. Por un lado, han permitido identificar malentendidos de los alumnos (y en menor medida de los asistentes interactivos). A partir de estos resultados se han realizado intervenciones en el método experimental, los asistentes interactivos, el diseño de clases y prácticas, los métodos de evaluación. Por otro, la evolución de los resultados ha sido claramente positiva, desde una primera sesión con numerosos malentendidos a una tercera sin malentendidos.

En el curso 2010-2011 también se ha realizado una evaluación de eficacia educativa, para comprobar si el énfasis en el descubrimiento de las funciones de selección mejora el aprendizaje de los algoritmos voraces. El análisis de los resultados permitirá comprobar su éxito.

**Agradecimientos.** Este trabajo se ha financiado con el proyecto TIN2008-04301/TSI del Ministerio de Innovación y Ciencia.

## Referencias

1. Velázquez Iturbide, J. Á., Pérez Carrasco, A.: Active learning of greedy algorithms by means of interactive experimentation. En: Proceedings of the 14<sup>th</sup> Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education – ITiCSE 2009, ACM Press (2009) 119-123
2. Velázquez Iturbide, J. Á., Lázaro Carrascosa, C. A., Hernán Losada, I.: Asistentes interactivos para el aprendizaje de algoritmos voraces. IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje, IEEE-RITA 4, 3 (2009) 213-220
3. Debdi, O., Granada, J. D., Velázquez Iturbide, J. Á.: Ayudante interactivo para los algoritmos de Prim y Kruskal. En: Actas de las XVI Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática – JENUI 2010 (2010) 469-477
4. Velázquez Iturbide, J. Á., Debdi, O., Gómez García, D., del Fresno Ramírez, J., Rubio Sánchez, M., Paredes Velasco, M.: Un asistente extensible para la experimentación interactiva con problemas combinatorios. En: Actas del XI Simposio Nacional de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en la Educación – SINTICSE 2010, Pilar Rodríguez (ed.), Ibergarceta Publicaciones (2010) 63-70
5. Velázquez Iturbide, J. Á.: Una evaluación de usabilidad de AMO. Serie de Informes Técnicos DLSII-URJC, 2009-04 (2009). Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos I, Universidad Rey Juan Carlos
6. Velázquez Iturbide, J. Á.: Lázaro Carrascosa, C. A., Pérez Carrasco, A.: Dos evaluaciones de usabilidad de SEDA. Serie de Informes Técnicos DLSII-URJC, 2009-05 (2009). Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos I, Universidad Rey Juan Carlos
7. Velázquez Iturbide, J. Á.: Una tercera evaluación de usabilidad de SEDA. Serie de Informes Técnicos DLSII-URJC, 2010-01 (2010). Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos I, Universidad Rey Juan Carlos
8. Velázquez Iturbide, J. Á., Pérez Carrasco, A.: Experimental inquiry into greedy algorithms. En: Proceedings of the 2<sup>nd</sup> Workshop on Methods and Cases in Computing Education – MCCE 2009 (2009) 1-6
9. Lee, R. C. T., Tseng, S. S., Chang, R. C., Tsai, Y. T.: Introducción al diseño y análisis de algoritmos. McGraw-Hill Interamericana, Méjico (2005)
10. Debdi, O., Velázquez Iturbide, J. Á.: Una evaluación de usabilidad de GreedEx. Serie de Informes Técnicos DLSII-URJC, 2011-01 (2011). Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos I, Universidad Rey Juan Carlos

## Apéndice A: Enunciados y Modelos de Informe de la Primera Evaluación

### Ingeniería Informática Asignatura *Diseño y Análisis de Algoritmos* Curso 2008/2009 Práctica nº 5

#### Objetivo

El objetivo de la práctica es que el alumno analice el uso de varias estrategias para resolver el problema de la selección de actividades mediante un algoritmo voraz.

#### Carácter

La sesión es voluntaria. Puede realizarse individualmente o en parejas, salvo el cuestionario que se realizará individualmente.

#### Enunciado

Sea un conjunto  $A$  de  $n$  actividades  $\{a_0, a_1, \dots, a_{n-1}\}$  que necesitan utilizar un recurso común, p.ej. una sala de reuniones. El recurso sólo puede ser usado por una actividad en cada momento. Cada actividad tiene un instante de comienzo  $c_i$  y un instante de finalización  $f_i$ , donde  $0 \leq c_i < f_i < \infty$ . Si se selecciona la actividad  $a_i$ , se desarrolla en el intervalo semiabierto de tiempo  $[c_i, f_i)$ . Las actividades  $a_i$  y  $a_j$  son compatibles si sus intervalos  $[c_i, f_i)$  y  $[c_j, f_j)$  no se solapan, es decir, si  $c_i \geq f_j$  o  $c_j \geq f_i$ .

El *problema de selección de actividades* consiste en determinar un subconjunto de actividades compatibles cuya cardinalidad sea máxima.

Por ejemplo, sea el siguiente conjunto de actividades:

$i$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$c_i$	1	2	0	5	8	5	6	8	3	3	12
$f_i$	4	13	6	7	12	9	10	11	8	5	14

Un subconjunto  $S$  de actividades compatibles es  $\{a_2, a_4, a_{10}\}$ . Sin embargo, no es un subconjunto de cardinalidad máxima, como lo son  $\{a_0, a_3, a_7, a_{10}\}$  y  $\{a_9, a_3, a_4, a_{10}\}$ .

Se pide encontrar una estrategia voraz óptima para este problema. La sesión de laboratorio seguirá el siguiente orden:

1. Utilización del “asistente interactivo para el aprendizaje del problema de la Selección De Actividades” (SEDA) para determinar la estrategia óptima.
2. Complimentación y entrega electrónica de un breve informe siguiendo el modelo disponible en el sitio *web* de la asignatura.
3. Complimentación y entrega de un cuestionario en papel de opinión sobre SEDA.



Ingeniería Informática  
3<sup>er</sup> curso  
Asignatura *Diseño y Análisis de Algoritmos*  
Curso 2008/2009

**Memoria de la práctica nº 5**

**Alumnos:**

**Estrategias óptimas**

Proponga las estrategias voraces (si existe alguna) que considere óptimas para resolver el problema de la selección de actividades

**Justificación de las estrategias óptimas propuestas**

Justifique la propuesta de estrategias voraces realizada. Debe justificarlas de dos formas:

- a) Razonadamente.
- b) Aportando evidencia experimental (resumida).

**Ejemplos que justifican la propuesta de estrategias óptimas**

Detalle los ejemplos utilizados para la evidencia experimental del apartado anterior. Repítase la siguiente estructura tantas veces como sea necesario:

**Ejemplo 1:**

Tabla de datos de entrada:

Tabla de resultados/estrategia:

**Ejemplo 2:**

Tabla de datos de entrada:

Tabla de resultados/estrategia:

**Ingeniería Informática**  
**Asignatura *Diseño y Análisis de Algoritmos***

**Curso 2008/2009**  
**Práctica nº 5 (II parte)**

**Objetivo**

El objetivo de la práctica es que el alumno analice el uso de varias estrategias para resolver el problema de la selección de actividades mediante un algoritmo voraz.

**Carácter**

La sesión es voluntaria. Puede realizarse individualmente o en parejas, salvo el cuestionario que se realizará individualmente.

**Enunciado**

En la primera parte de la práctica 5 se realizó una sesión experimental con el *problema de selección de actividades* en la que se pedía encontrar estrategias voraces óptimas para este problema entre las ofrecidas por el asistente interactivo SEDA.

La solución correcta es que existen dos estrategias óptimas: orden creciente de fin y orden decreciente de comienzo. Se pide a cada grupo de alumnos que realicen lo siguiente:

1. Si no propusieron alguna de las dos estrategias anteriores, deben revisar los datos de su experimento y si es necesario repetirlo. Como resultado, deben identificar y explicar los errores cometidos en el experimento pasado o reafirmarse en su propuesta.
2. Si propusieron alguna estrategia que no es óptima, deben encontrar un contraejemplo que la refute como estrategia óptima.

**Entrega**

Debe enviarse por correo electrónico en la propia sesión de laboratorio, adjuntando el fichero de un nuevo informe (siguiendo el modelo disponible en el sitio web de la asignatura). El mensaje debe enviarse a Antonio Pérez Carrasco (antonio.perez.carrasco@urjc.es) con copia a Ángel Velázquez (angel.velazquez@urjc.es).



Ingeniería Informática  
3er curso  
Asignatura *Diseño y Análisis de Algoritmos*  
Curso 2008/2009

**Memoria de la práctica nº 5 (II parte)**

**Alumnos:**

**Estrategias óptimas no propuestas**

Identifiquen las estrategias óptimas que no propusieron en la sesión anterior (si es el caso). Por cada una debe explicar el resultado propuesto siguiendo el siguiente modelo:

**Estrategia 1:**

Nueva decisión sobre su optimidad:

Explicación del resultado propuesto en la sesión anterior:

**Estrategia 2:**

Nueva decisión sobre su optimidad:

Explicación del resultado propuesto en la sesión anterior:

**Estrategias no óptimas propuestas**

Identifique las estrategias no óptimas que se propusieron en la sesión anterior (si es el caso). Por cada una debe encontrar un contraejemplo que la refute siguiendo el siguiente modelo:

**Estrategia 1:**

Datos de entrada:

Resultado con la estrategia:

Resultado con una estrategia óptima:

**Estrategia 2:**

Datos de entrada:

Resultado con la estrategia:

Resultado con una estrategia óptima:

## Apéndice B: Enunciados y Modelos de Informe de la Segunda Evaluación

### Ingeniería Informática Asignatura *Diseño y Análisis de Algoritmos* Curso 2009/2010 Práctica nº 4 (I parte)

#### Objetivo

El objetivo de la práctica es que el alumno analice el uso de varias estrategias para resolver el problema de la selección de actividades mediante un algoritmo voraz.

#### Carácter

La sesión es voluntaria. Puede realizarse individualmente o en parejas, salvo el cuestionario que se realizará individualmente.

#### Enunciado

Sea un conjunto  $A$  de  $n$  actividades  $\{a_0, a_1, \dots, a_{n-1}\}$  que necesitan utilizar un recurso común, p.ej. una sala de reuniones. El recurso sólo puede ser usado por una actividad en cada momento. Cada actividad tiene un instante de comienzo  $c_i$  y un instante de finalización  $f_i$ , donde  $0 \leq c_i < f_i < \infty$ . Si se selecciona la actividad  $a_i$ , se desarrolla en el intervalo semiabierto de tiempo  $[c_i, f_i)$ . Las actividades  $a_i$  y  $a_j$  son compatibles si sus intervalos  $[c_i, f_i)$  y  $[c_j, f_j)$  no se solapan, es decir, si  $c_i \geq f_j$  o  $c_j \geq f_i$ .

El *problema de selección de actividades* consiste en determinar un subconjunto de actividades compatibles cuya cardinalidad sea máxima.

Por ejemplo, sea el siguiente conjunto de actividades:

$i$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$c_i$	1	2	0	5	8	5	6	8	3	2	12
$f_i$	4	13	6	7	12	9	10	11	8	5	14

Un subconjunto  $S$  de actividades compatibles es  $\{a_2, a_4, a_{10}\}$ . Sin embargo, no es un subconjunto de cardinalidad máxima, como lo son  $\{a_0, a_3, a_7, a_{10}\}$  y  $\{a_9, a_3, a_4, a_{10}\}$ .

Se pide encontrar estrategias voraces óptimas para este problema. La sesión de laboratorio seguirá el siguiente orden:

1. Utilización del “asistente interactivo para el aprendizaje del problema de la Selección De Actividades” (SEDA) para determinar una o varias estrategias óptimas.
2. Cumplimentación y entrega electrónica a Ángel Velázquez ([angel.velazquez@urjc.es](mailto:angel.velazquez@urjc.es)) de un breve informe siguiendo el modelo disponible en el sitio *web* de la asignatura.
3. Cumplimentación y entrega de un cuestionario en papel de opinión sobre SEDA.



Ingeniería Informática  
3<sup>er</sup> curso  
Asignatura *Diseño y Análisis de Algoritmos*  
Curso 2009/2010

**Memoria de la práctica nº 4 (I parte)**

**Alumnos:**

**Estrategias óptimas**

Proponga las estrategias voraces (si existe alguna) que considere óptimas para resolver el problema de la selección de actividades.

**Justificación de la estrategia propuesta** (repítase por cada estrategia propuesta)

**Justificación razonada:** Puede justificarse de manera formal o intuitiva

**Evidencia experimental obtenida con SEDA (resumen):** Resumen de los datos de entrada probados con SEDA y que proporcionan evidencia experimental de la optimidad de la estrategia:

Total de datos ejecutados:

Tabla de resumen global:

**Evidencia experimental obtenida con SEDA (ejemplos detallados):**  
(repítase por cada conjunto de datos de entrada)

Tabla de datos de entrada:

Tabla de resultados con todas las estrategias ejecutadas:

Ejecución de cada estrategia: (opcional, repítase por cada estrategia)  
Incluirá dos visualizaciones de los datos de entrada, una antes y otra después de aplicar la estrategia

**Ingeniería Informática**  
**Asignatura *Diseño y Análisis de Algoritmos***  
**Curso 2009/2010**  
**Práctica nº 4 (II parte)**

**Objetivo**

El objetivo de la práctica es que el alumno analice el uso de varias estrategias para resolver el problema de la selección de actividades mediante un algoritmo voraz.

**Carácter**

La sesión es voluntaria. Cada alumno debe participar en el mismo grupo con el que entregó la primera parte de esta práctica, fuera individual o en pareja.

**Enunciado**

En la primera parte de la práctica se realizó una sesión experimental con el *problema de selección de actividades* en la que se pedía encontrar las estrategias voraces óptimas para este problema entre las ofrecidas por el asistente interactivo SEDA.

La solución correcta es que existen dos estrategias óptimas: orden creciente de fin y orden decreciente de comienzo. Se pide a cada grupo de alumnos que realicen lo siguiente:

1. Si no propusieron alguna de las dos estrategias anteriores, deben revisar los datos de su experimento y si es necesario repetirlo. Como resultado, deben identificar y explicar los errores cometidos en el experimento pasado.
2. Si propusieron alguna estrategia que no es óptima, deben encontrar un contraejemplo que la refute como estrategia óptima.

**Entrega**

Debe enviarse por correo electrónico en la propia sesión de laboratorio, adjuntando el fichero de un nuevo informe (siguiendo el modelo disponible en el sitio *web* de la asignatura). El mensaje debe enviarse a Ángel Velázquez ([angel.velazquez@urjc.es](mailto:angel.velazquez@urjc.es)).

**Evaluación de la práctica**

Se evaluarán ambas partes de la práctica, teniendo en cuenta la corrección de las estrategias propuestas, la claridad y sencillez de las justificaciones, y los informes.



Ingeniería Informática  
3<sup>er</sup> curso  
*Asignatura Diseño y Análisis de Algoritmos*  
Curso 2009/2010

**Memoria de la práctica nº 4 (II parte)**

**Alumnos:**

**Estrategias óptimas no propuestas**

Identifiquen las estrategias óptimas que no propusieron en la sesión anterior (si es el caso). Por cada estrategia no propuesta, deben revisar los datos de su experimento y si es necesario repetirlo. Como resultado, por cada estrategia no propuesta, deben identificar y explicar los errores cometidos en el experimento pasado:

**Estrategia “orden creciente de fin”:**

Explicación:

**Estrategia “orden decreciente de comienzo”:**

Explicación:

**Estrategias no óptimas propuestas**

Identifique las estrategias no óptimas que se propusieron en la sesión anterior (si es el caso). Por cada una debe encontrar un contraejemplo que la refute siguiendo el siguiente modelo:

**Estrategia 1:**

Datos de entrada:

Resultado con la estrategia:

Resultado con una estrategia óptima:

**Estrategia 2:**

Datos de entrada:

Resultado con la estrategia:

Resultado con una estrategia óptima:

...

## **Apéndice C: Enunciados y Modelos de Informe de la Tercera Evaluación**

### **Ingeniería Informática Asignatura *Diseño y Análisis de Algoritmos***

#### **Curso 2010/2011 Sesión de introducción a GreedEx**

##### **Objetivo**

El objetivo de la sesión es que el alumno se familiarice con el sistema GreedEx y experimente con la optimidad de distintas funciones de selección para problemas sencillos.

##### **Carácter**

La sesión es voluntaria. Puede realizarse individualmente o en parejas.

##### **Prerrequisitos**

El alumno debe tener nociones básicas de algoritmos voraces, incluyendo sus elementos y el esquema de código asociado.

##### **Realización:**

GreedEx es un ayudante interactivo para la experimentación y aprendizaje de los algoritmos voraces. Puede descargarse del campus virtual, así como de la página web <http://www.lite.etsii.urjc.es/greedex/> (donde hay más información sobre él).

La sesión consta de varias fases a realizar secuencialmente, que se describen a continuación.

##### **1. En el aula:**

- El profesor realizará una demostración de las funciones principales y aspecto de GreedEx con dos problemas:
  - \* Problema de maximizar el número de objetos.
  - \* Problema de maximizar el peso.
- El profesor presentará conceptos básicos de experimentación y cómo pueden aplicarse a la identificación de funciones de selección óptimas.

##### **2. En el laboratorio:**

- El profesor explicará el objetivo del problema y dónde se encuentra el material para la práctica.
- Los alumnos utilizarán GreedEx para encontrar funciones de selección óptimas para el problema de la mochila.

**Ingeniería Informática**  
**Asignatura *Diseño y Análisis de Algoritmos***  
**Curso 2010/2011**  
**Práctica nº 6**

**Objetivo**

El objetivo de la práctica es que el alumno analice el uso de varias estrategias voraces para resolver de forma óptima el problema de la selección de actividades.

**Carácter**

La sesión es voluntaria. Puede realizarse individualmente o en parejas, salvo el cuestionario que se realizará individualmente.

**Prerrequisitos**

El alumno debe tener nociones básicas de algoritmos voraces, incluyendo sus elementos y el esquema de código asociado.

**Enunciado**

Sea un conjunto  $A$  de  $n$  actividades  $\{a_0, a_1, \dots, a_{n-1}\}$  que necesitan utilizar un recurso común, p.ej. una sala de reuniones. El recurso sólo puede ser usado por una actividad en cada momento. Cada actividad tiene un instante de comienzo  $c_i$  y un instante de finalización  $f_i$ , donde  $0 \leq c_i < f_i < \infty$ . Si se selecciona la actividad  $a_i$ , se desarrolla en el intervalo semiabierto de tiempo  $[c_i, f_i)$ . Las actividades  $a_i$  y  $a_j$  son compatibles si sus intervalos  $[c_i, f_i)$  y  $[c_j, f_j)$  no se solapan, es decir, si  $c_i \geq f_j$  o  $c_j \geq f_i$ .

El *problema de selección de actividades* consiste en determinar un subconjunto de actividades compatibles cuya cardinalidad sea máxima.

Por ejemplo, sea el siguiente conjunto de actividades:

$i$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$c_i$	1	2	0	5	8	5	6	8	3	2	12
$f_i$	4	13	6	7	12	9	10	11	8	5	14

Un subconjunto  $S$  de actividades compatibles es  $\{a_2, a_4, a_{10}\}$ . Sin embargo, no es un subconjunto de cardinalidad máxima, como lo son  $\{a_0, a_3, a_7, a_{10}\}$  y  $\{a_9, a_3, a_4, a_{10}\}$ .

Se pide encontrar funciones de selección voraces óptimas para este problema. La sesión de laboratorio seguirá el siguiente orden:

1. Utilización del “asistente interactivo” GreedEx para determinar una o varias funciones de selección óptimas.
2. Cumplimentación y entrega electrónica a Ángel Velázquez ([angel.velazquez@urjc.es](mailto:angel.velazquez@urjc.es)) de un breve informe siguiendo el modelo disponible en el sitio *web* de la asignatura.
3. Cumplimentación en papel y entrega de un cuestionario de opinión sobre GreedEx.



Ingeniería Informática  
3<sup>er</sup> curso  
Asignatura *Diseño y Análisis de Algoritmos*  
Curso 2010/2011

**Memoria de la práctica nº 6**

**Alumnos:**

**Funciones de selección<sup>1</sup> óptimas**

Proponga las funciones de selección (si existe alguna) que considere óptimas para resolver el problema de la selección de actividades.

Función de selección 1: XXXXX

Función de selección 2: XXXXX

...

**Justificación de la función de selección XXXXX** (repítase por cada función de selección propuesta)

**Justificación razonada:** Se explica en términos coloquiales porqué la función de selección es óptima. Obsérvese que se espera un razonamiento sobre el resultado (óptimo) de aplicar la función de selección, no una explicación de cómo funciona o se ejecuta.

**Evidencia experimental obtenida con GreedEx (resumen):** Resumen de los datos de entrada probados con GreedEx y que proporcionan evidencia experimental de la optimidad de la función de selección:

Tabla de resumen o tabla abreviada:

**Evidencia experimental obtenida con GreedEx (ejemplos detallados):** Se incluye la ejecución detallada del algoritmo con diversas funciones de selección y varios datos de entrada, de forma que sean ilustrativos del comportamiento óptimo de las propuestas y del comportamiento no óptimo de las descartadas.

Tabla de datos de entrada:

Tabla de resultados con todas las funciones de selección ejecutadas:

Ejecución de cada función de selección: (opcional, repítase por cada una)  
Incluirá dos visualizaciones de los datos de entrada, una del estado inicial y otra del estado final tras aplicar la función de selección

---

<sup>1</sup> En GreedEx se denominan “estrategias”.

**Ingeniería Informática**  
**Asignatura *Diseño y Análisis de Algoritmos***  
**Curso 2010/2011**  
**Práctica nº 7**

**Objetivo**

El objetivo de la práctica es que el alumno analice el uso de varias estrategias voraces para resolver de forma óptima el problema de la selección de actividades y se ejercite en su codificación para aplicarlo en situaciones reales.

**Carácter**

La sesión es voluntaria. En caso de realizar la práctica, el alumno debe participar en el mismo grupo con el que entregó la primera parte de esta práctica, fuera individual o en pareja.

**Prerrequisitos**

El alumno debe tener nociones básicas de algoritmos voraces, incluyendo sus elementos y el esquema de código asociado.

**Enunciado**

En la práctica 6, se pedía encontrar las funciones de selección óptimas para el *problema de selección de actividades* entre las ofrecidas por el asistente interactivo GreedEx. La práctica 7 consta de dos apartados:

1. La solución correcta a la práctica 6 es que existen dos funciones de selección óptimas: *orden creciente de fin* y *orden decreciente de comienzo*. Se pide a cada grupo de alumnos que realicen los puntos siguientes (sólo los que corresponda):
  - a. Si el grupo no propuso alguna de las dos funciones de selección anteriores, deben revisar los datos de su experimento (si es necesario, repetirlo). Dado que las funciones de selección son óptimas, habrá algún error en la experimentación pasada o en la elaboración del informe. Se pide que expliquen qué errores han cometido.
  - b. Si el grupo propuso otras funciones de selección, para cada una deben encontrar un contraejemplo que la refute como óptima.
2. Se desea reimplementar el algoritmo disponible en la clase `SelecActividades` del paquete `AlgoritmoVoraces` (en el Campus Virtual) de forma que pueda utilizarse en situaciones reales, es decir, sin suponer que los datos de entrada están ordenados. El algoritmo está basado en la función de selección de *orden creciente de fin*. La cabecera del nuevo método debe ser:

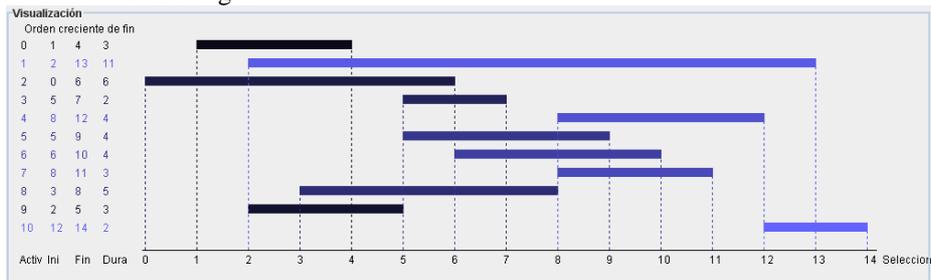
```
public static boolean[] selecActividades (int[] c, int[] f)
```

es decir, dados dos vectores  $c$  y  $f$  con los instantes de comienzo y fin, el método devuelve un vector de booleanos que identifica las actividades seleccionadas.

Por ejemplo, sean las actividades del enunciado de la práctica anterior:

$i$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$c_i$	1	2	0	5	8	5	6	8	3	2	12
$f_i$	4	13	6	7	12	9	10	11	8	5	14

Si se elige orden creciente de fin, las actividades se consideran en el orden indicado en la figura:



es decir, de izquierda a derecha se irán considerando las actividades:

$i$	0	9	2	3	8	5	6	7	4	1	10
$c_i$	1	2	0	5	3	5	6	8	8	2	12
$f_i$	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

quedando seleccionadas las 4 actividades {0,3,7,10}.

### Entrega

Al final de la sesión se enviará por correo electrónico a Ángel Velázquez ([angel.velazquez@urjc.es](mailto:angel.velazquez@urjc.es)) un fichero con el nombre y apellidos de los alumnos, que contenga rellenado el apartado 1 del informe de esta práctica (siguiendo el modelo disponible en el sitio web de la asignatura).

Posteriormente, los alumnos deben completar el informe completo de la práctica. (Conviene guardar copia del apartado 1 desarrollado durante la sesión de laboratorio.) El plazo de entrega del informe completo es el jueves 2 de diciembre de 2010, incluido. Debe enviarse por correo electrónico a Ángel Velázquez.

### Evaluación de la práctica

Se evaluarán ambas partes de la práctica, teniendo en cuenta la corrección y claridad de ambas partes de la práctica.



Ingeniería Informática  
3<sup>er</sup> curso  
Asignatura *Diseño y Análisis de Algoritmos*  
Curso 2010/2011

**Memoria de la práctica nº 7**

**Alumnos:**

## Apartado 1

### Funciones de selección óptimas no propuestas

Si no propusieron alguna de las dos funciones de selección óptimas, deben revisar los datos de su experimento (si es necesario, repetirlo). Dado que las funciones de selección son óptimas, habrá algún error en la experimentación pasada o en la elaboración del informe. Deben explicarse los errores detectados:

#### **Función de selección “orden creciente de fin”:**

Explicación: Sólo deben rellenar este apartado si no propusieron esta función de selección. Debe explicarse porqué no se propuso, dado que esta función de selección siempre produce un valor óptimo.

#### **Función de selección “orden decreciente de comienzo”:**

Explicación: Análoga.

### Funciones de selección no óptimas propuestas

Sólo deben rellenar este apartado si propusieron alguna función de selección no óptima. En ese caso, debe identificarlas y encontrar, para cada una, un contraejemplo que la refute siguiendo el siguiente modelo:

#### **Función de selección XXXXX:**

Datos de entrada (contraejemplo):

Resultado con la función de selección:

Resultado con la función de selección óptima YYYYYY:

#### **Función de selección XXXXX:**

Datos de entrada (contraejemplo):

Resultado con la función de selección:

Resultado con la función de selección óptima YYYYYY:

...

## Apartado 2

### Algoritmo voraz en Java

Debe incluirse el código del algoritmo voraz final, tras tener en cuenta que las actividades no están ordenadas.