

## COL·LECCIÓ DE PROBLEMES

Departament de Llenguatges i Sistemes Informàtics



**FIB**

Facultat d'Informàtica  
de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA



<b>1. Representació de Problemes de Cerca</b>	<b>1</b>
<b>2. Cerca Heurística</b>	<b>5</b>
<b>3. Cerca Local</b>	<b>15</b>
<b>4. Jocs</b>	<b>33</b>
<b>5. Satisfacció de restriccions</b>	<b>43</b>
<b>6. Representació del Coneixement: Sistemes de producció</b>	<b>53</b>
<b>7. Representació del Coneixement: Frames/Ontologies</b>	<b>61</b>
<b>8. Sistemes Basats en el coneixement: Enginyeria del Coneixement</b>	<b>75</b>
<b>9. Sistemes Basats en el Coneixement: Raonament Aproximat</b>	<b>93</b>
9.1. Redes Bayesianas . . . . .	93
9.2. Lógica difusa . . . . .	97
<b>10.Processament del Llenguatge Natural</b>	<b>103</b>
<b>11.Questions d'examen</b>	<b>123</b>
11.1. Búsqueda . . . . .	123
11.2. Representación . . . . .	132

En l'elaboració de la col·lecció de problemes d'IA han participat els professors:

M<sup>a</sup> Teresa Abad Soriano  
Javier Béjar Alonso  
Núria Castell Ariño  
Luigi Ceccaroni  
Juan Manuel Gimeno Illa  
Lluís Màrquez Villodre  
Horacio Rodríguez Hontoria  
Miquel Sànchez i Marré  
Ramon Sangüesa Solé  
Luís José Talavera Méndez  
Jordi Turmo Borrás  
Javier Vázquez Salceda

Responsable de la publicació: Javier Béjar (bejar@lsi.upc.edu)

Esta obra está bajo una licencia  
Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual de Creative Commons.

Para ver una copia de esta licencia, visite  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/es/>  
o envíe una carta a

Creative Commons,  
559 Nathan Abbott Way, Stanford,  
California 94305,  
USA.

Planificación clases de problemas:

Día	Tema	Problemas
14/2	Representación de problemas de búsqueda	1 al 6
24/2	Búsqueda heurística	20,5,11 (A*)
3/3	Búsqueda heurística IDA* + Búsqueda local	20, 5 (IDA*)+ 2,3,8,13 (BL)
10/3	Búsqueda local	2,3,8,13
17/3	Juegos + Sat Restric	3, 11 (J) + 20, 3 (SR)
24/3	Cuestiones Busqueda (Cap 11)	6, 9, 13, 19
31/3	Cuestiones Busqueda (Cap 11) + Sis Produccion	6, 9, 13, 19 (CB) + 18 (SP)
7/4	Cuestiones de Frames (cap 11) + Frames	2, 4, 9 (CF) + 2, 7 (F)
14/4	Frames	2,7
28/4	Ontologías de prob Ing. del con	7, 16, 18
5/5	Ingeniería del conocimiento	7, 16, 18
12/5	Razonamiento aproximado	11, 2.3 (RB), 1, 4 (LD)
19/5	Apuntes de gramáticas lógicas	
26/5	Problemas de TLN	1, 5, 15

## 1. Representació de Problemes de Cerca

1. Tenemos un tablero de 3x3 casillas como el de la figura

N		N
B		B

En cada esquina tenemos un caballo de ajedrez, dos caballos negros y dos blancos. Deseamos intercambiar los caballos negros con los blancos.

- a) Define que elementos forman el estado, el estado inicial y cual es estado final o que propiedades ha de cumplir. Estima el tamaño del espacio de estados.
  - b) Define las características de los operadores para realizar la búsqueda (condiciones de aplicabilidad y función de transformación), evalúa cual sería el factor de ramificación (aproximadamente).
  - c) ¿Importa el camino o sólo el estado final? ¿la solución ha de ser óptima?
2. Dispones de dos jarras de agua, una de 4 litros y otra de 3 litros. Tiene un grifo que te permite llenar totalmente las jarras de agua, necesitas obtener exactamente 2 litros en la jarra de cuatro litros
    - a) Define que elementos forman el estado, el estado inicial y cual es estado final o que propiedades ha de cumplir. Estima el tamaño del espacio de estados.
    - b) Define las características de los operadores para realizar la búsqueda (condiciones de aplicabilidad y función de transformación), evalúa cual sería el factor de ramificación (aproximadamente).
    - c) ¿Importa el camino o sólo el estado final? ¿la solución ha de ser óptima?
  3. Si recuerdas el procedimiento de validación por resolución en lógica de enunciados, puedes validar cualquier razonamiento a partir de la transformación de sus premisas y la negación de la conclusión a forma normal conjuntiva. El algoritmo mas sencillo (pero no muy eficiente) de validar un razonamiento es aplicar la regla de la resolución (desempolva tus apuntes de ILO) sistemáticamente entre las cláusulas hasta conseguir derivar una contradicción.
    - a) Define que elementos forman el estado, el estado inicial y cual es estado final o que propiedades ha de cumplir. Estima el tamaño del espacio de estados.
    - b) Define las características de los operadores para realizar la búsqueda (condiciones de aplicabilidad y función de transformación), evalúa cual sería el factor de ramificación (aproximadamente).
    - c) ¿Importa el camino o sólo el estado final? ¿la solución ha de ser óptima?
    - d) Piensa en el mecanismo de resolución lineal y vuelve a responder a los apartados a y b
  4. Si piensas en el juego del tetris, este consiste en cubrir la máxima área de un rectángulo de NxM sin dejar huecos (o dejando los mínimos posibles) utilizando un conjunto ordenado de piezas con todas las posibles formas construibles utilizando cuatro cuadrados (siete piezas distintas)
    - a) Define que elementos forman el estado, el estado inicial y cual es estado final o que propiedades ha de cumplir. Estima el tamaño del espacio de estados.
    - b) Define las características de los operadores para realizar la búsqueda (condiciones de aplicabilidad y función de transformación), evalúa cual sería el factor de ramificación (aproximadamente).
    - c) ¿Importa el camino o sólo el estado final? ¿la solución ha de ser óptima?

5. Continuando con el juego del tetris este utiliza como piezas todas las formas posibles usando cuatro cuadrados de manera que cada cuadrado tenga al menos un lado contiguo a otro cuadrado. Supón que quieres calcular todas las formas posibles que se pueden construir con  $N$  cuadrados.
  - a) Plantéalo como un problema de búsqueda en espacio de estados definiendo los estados y los operadores necesarios para realizar la búsqueda (evidentemente no hay una única manera de plantear el problema, define las que se te ocurran y evalúa sus diferencias)
6. Dada una permutación de números de 1 a  $n$  queremos ordenarla utilizando el menor número de operaciones de inversión de un intervalo, donde una inversión de intervalo se define a partir de un par de posiciones  $(i, j)$  y su efecto es invertir el orden en el que están todos los números entre esas posiciones.
  - a) Define que elementos forman el estado, el estado inicial y cual es estado final o que propiedades ha de cumplir. Estima el tamaño del espacio de estados.
  - b) Define las características de los operadores para realizar la búsqueda (condiciones de aplicabilidad y función de transformación), evalúa cual sería el factor de ramificación (aproximadamente).
7. Existen múltiples problemas clásicos sobre grafos que se pueden plantear como una búsqueda en espacio de estados. La gracia de estos problemas es que muchos problemas reales se pueden transformar a éstos. Intenta plantear los siguientes:

El viajante de comercio: Un viajante de comercio desea visitar un conjunto de ciudades partiendo de una dada y acabando en ésta, sin repetir ninguna y recorriendo el mínimo de distancia (se supone que dispone de un mapa que indica las conexiones entre ciudades y sus distancias)

El k-viajante de comercio: Ahora el viajante quiere obtener  $k$  caminos de mínima longitud que comiencen y terminen en una ciudad y que en los  $k$  caminos cada ciudad aparezca como mínimo en un camino (es decir, entre los  $k$  caminos recorreremos todas las ciudades)

El Cartero chino: Un cartero (chino) desea poder repartir el correo por su zona en el mínimo tiempo posible, para ello necesita obtener un recorrido que pase por todas las calles al menos una vez (se supone que tenemos el mapa de todas las calles de la zona) (también se puede plantear la misma variante de  $k$  caminos)

Máximo Clique: Un clique es un grafo en el que cada vértice está conectado con el resto de vértices del grafo (o sea que es un grafo completo). El problema consiste en encontrar para un grafo el mayor subgrafo que sea un clique.

Mínimo k-árbol de expansión mínima: Dado un grafo en el que cada arista tiene un peso se trata de encontrar el subgrafo sin ciclos (árbol) que contenga  $k$  aristas y que tenga el mínimo peso.

Mínimo árbol de Steiner: Dado un grafo completo (todos los vértices conectados con todos), donde cada arco tiene un peso, y un subconjunto de vértices del grafo, obtener el grafo de coste mínimo que contenga el conjunto de vértices (el grafo puede contener más vértices, la gracia es conectar unos vértices específicos con el mínimo coste)

Coloreado de grafos: Dado un grafo y  $k$  colores, asignar a cada vértice del grafo un color de manera que dos vértices conectados no tengan el mismo color.

- a) Define que elementos forman el estado, el estado inicial y cual es estado final o que propiedades ha de cumplir, estima el tamaño del espacio de estados. Piensa que puede haber diferentes formas de plantear el problema.
  - b) Define las características de los operadores para realizar la búsqueda (condiciones de aplicabilidad y función de transformación), evalúa cual sería el factor de ramificación (aproximadamente).
8. Otros problemas típicos que se pueden plantear como búsqueda en espacio de estados son los que involucran horarios, piensa en los siguientes problemas:

Tienes que distribuir un conjunto de cursos de diferentes niveles ( $m$  cursos por cada nivel,  $n$  niveles) en un horario semanal (5 días) en un aula sabiendo que todos los cursos son de una hora, pero que no



quieres que haya mas de  $k$  cursos de un nivel cada día Generaliza el problema suponiendo que tienes  $g$  grupos de cada curso y  $a$  aulas y no quieres que haya dos cursos iguales a la misma hora Supón que tienes que hacer tu horario cuatrimestral y dispones de  $m$  asignaturas, cada una de ellas con  $n$  grupos y quieres elegir un subconjunto  $k$  de ellas ( $k < m$ ) sin que se solapen sus horarios

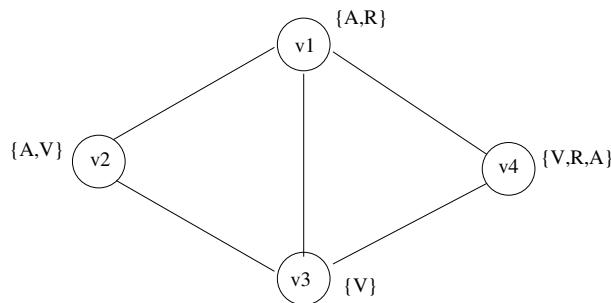
- a)* Define que elementos forman el estado, el estado inicial y cual es estado final o que propiedades ha de cumplir, estima el tamaño del espacio de estados. Piensa que puede haber diferentes formas de plantear el problema.
  - b)* Define las características de los operadores para realizar la búsqueda (condiciones de aplicabilidad y función de transformación), evalúa cual sería el factor de ramificación (aproximadamente).
9. El problema del club de golf. Tenemos un club de golf con 32 jugadores, todos ellos juegan una vez a la semana en grupos de 4 personas. Queremos obtener los emparejamientos para el mayor numero de semanas de manera que un jugador no este en el mismo grupo que otro jugador mas de una vez.
  - a)* Define que elementos forman el estado, el estado inicial y cual es estado final o que propiedades ha de cumplir, estima el tamaño del espacio de estados. Piensa que puede haber diferentes formas de plantear el problema.
  - b)* Define las características de los operadores para realizar la búsqueda (condiciones de aplicabilidad y función de transformación), evalúa cual sería el factor de ramificación (aproximadamente).



## 2. Cerca Heurística

- El problema del coloreado de grafos consiste en etiquetar con un color cada vértice del grafo, de forma que no haya dos vértices adyacentes con el mismo color. Este problema se puede resolver por medio de búsqueda.

- Describe los pasos que seguiría un algoritmo  $A^*$  para encontrar una solución al coloreado del siguiente grafo:

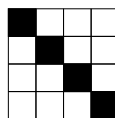


en donde los vértices son  $V1, V2, V3$  y  $V4$  y los colores posibles para cada vértice se indican entre llaves (A:azul, R:rojo, V:verde). El estado inicial tiene todos los vértices sin color asignado. Un estado  $S'$  es sucesor de otro  $S$  si  $S'$  contiene la asignación de colores de  $S$  más la asignación de un color al vértice más pequeño sin colorear de  $S$  (es decir, los vértices se instancian en el orden  $V1 \rightarrow V4$ ). La función heurística es:

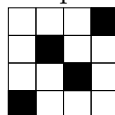
$h(s) = \text{número de vértices sin color en } s + 2 \times \text{número de vértices adyacentes con el mismo color en } s$

- ¿Es admisible la función heurística? Razona la respuesta.
  - Sugiere otro algoritmo que solucione este problema de forma más eficiente que  $A^*$
- El problema de las  $n$ -reinas consiste en colocar  $n$  reinas de ajedrez en un tablero  $n \times n$  de forma que no se ataquen entre sí (no haya dos reinas en la misma fila, columna o diagonal). Para resolver este problema se propone utilizar un algoritmo de búsqueda heurística, con los siguientes elementos:

Dimensión:  $n = 4$ , Estado inicial:



Estado sucesor: dado un estado  $S$ , un sucesor se obtiene eligiendo un par de reinas de  $S$  e intercambiando sus columnas (manteniendo sus filas). Por ejemplo, un estado sucesor del estado inicial es el siguiente, en donde se han intercambiado las reinas de la primera y última fila.



Función heurística:  $h(s) = \text{número de pares de reinas que se atacan en el estado } S$ .

- Mostrar como soluciona el problema el algoritmo  $A^*$ . ¿La función  $h$  es admisible?
  - Mostrar como soluciona el problema el algoritmo  $IDA^*$ .
  - ¿Qué algoritmo funciona mejor? ¿Por qué?
- Aplicar l'algoritme  $A^*$  per a trobar un camí solució del graf descrit a la taula:

	b	c	d	e	h
a	10	4			3
b			10		4
c			12	2	12
d					0
e	2		4		4

on els nodes de les files són els nodes-pares i els nodes de les columnes els nodes-fills. El node a és l'inicial i el final és d. Cada casella de la taula indica el cost de l'arc que uneix els dos nodes corresponents. La darrera columna indica el valor de la funció heurística (h).

- Mostrar l'arbre de cerca generat per l'algoritme, indicant l'ordre d'expansió dels nodes, reobertures de nodes tancats, etc. Quin és el camí trobat? Quin és el seu cost? és l'òptim?
- Es verifiquen les condicions d'admissibilitat? Justifiquen la resposta.
- Fer el mateix amb l'algoritme IDA\*.

4. Disponemos de un casillero con cuatro monedas colocadas de la siguiente forma:

A	R	A	R	
---	---	---	---	--

El anverso de la moneda está representado por A y el reverso por R. Son posibles los siguientes movimientos:

- Desplazamiento (coste=1): Una moneda puede ser desplazada a la casilla contigua si ésta se encuentra vacía.
- Giro (coste=1): Cualquier moneda puede ser girada sin ninguna condición adicional. Sólo una cada vez.
- Salto (coste=2): Una moneda puede saltar sobre su vecina si a continuación hay una casilla vacía, es decir, sólo es posible saltar por encima de una moneda. Cuando una moneda salta, cae realizando un giro. Un ejemplo de salto (coste=2) es pasar del estado AR\_RA al estado ARRR\_

Deseamos obtener la situación final siguiente:

	R	A	R	A
--	---	---	---	---

Dada la función heurística  $h(n) = p_2 + p_3 + p_4 + p_5 + dv$

donde  $p_i$  vale 0 si la casilla  $i$  contiene la asignación correcta respecto del estado final y vale 1 en caso contrario y  $dv$  es la distancia del blanco respecto a la posición final (casilla 1).

Por ejemplo,  $h(\text{estado inicial}) = 1 + 4 = 5$

- Resolver el problema aplicando A\*. Indica claramente el orden de expansión de los nodos, el tratamiento de nodos duplicados, los valores de las funciones, el camino obtenido y su coste.
- El camino obtenido es de coste óptimo? El heurístico usado es admisible? Por qué?
- Resolver el problema aplicando IDA\*. Indica claramente el proceso en cada nivel: orden de expansión de los nodos, nodos duplicados... Se obtiene un camino de coste óptimo?

5. Tenemos cinco monedas dispuestas de la siguiente forma:

A   R   A   R   A

El anverso de la moneda está representado por A y el reverso por R. Se considera un movimiento (de coste 1) el dar la vuelta a dos monedas contiguas.

Deseamos obtener la situación final siguiente:

R R R A R

Dada la función heurística  $h(n)$  = número de monedas mal colocadas,

- Resolver el problema aplicando  $A^*$ . Indica claramente el orden de expansión de los nodos, el tratamiento de nodos duplicados, los valores de las funciones, el camino obtenido y su coste.
  - ¿El camino obtenido es de coste óptimo? ¿El heurístico usado es admisible? ¿Por qué?
  - Resolver el problema aplicando IDA\*. Indica claramente el proceso en cada nivel: orden de expansión de los nodos, nodos duplicados ¿Se obtiene un camino de coste óptimo?
6. Supón que tenemos un computador en el que varias instrucciones se pueden ejecutar a la vez. La unidad que ejecuta las instrucciones puede ejecutar en paralelo instrucciones de tres tipos: A, B y C. La instrucción A tarda 3 ciclos de reloj, la instrucción B tarda 2 ciclos y la instrucción C tarda 1 ciclo. Esta unidad es capaz de ejecutar en un paso tantas instrucciones como quepan dentro de una ventana de 3 ciclos de reloj, de manera que se puede utilizar para ejecutar a la vez varios procesos (hilos de ejecución). Por ejemplo, si tenemos estos 3 hilos de instrucciones H1(ABC) H2(BCA) H3(CCC) como estado inicial, la unidad podría ejecutar las instrucciones de la manera que aparecen en la tabla:

	A	B	C	
1 <sup>er</sup> paso	H1	H2	H3	Se ejecuta la instrucción A del primer hilo en paralelo con la B del segundo hilo, las dos primeras C del tercer hilo y finalmente la C del segundo hilo respetando así la precedencia de instrucciones del segundo hilo.
	H1	H2	H3	
	H1		H2	

Estado actual: H1(BC), H2(A), H3(C)

	A	B	C	
2 <sup>o</sup> paso	H2	H1	H3	Se ejecuta la instrucción A del segundo hilo en paralelo con la B del primer hilo, la tercera C del tercer hilo y finalmente la C del primer hilo respetando así la precedencia de instrucciones del primer hilo.
	H2	H1		
	H2		H1	

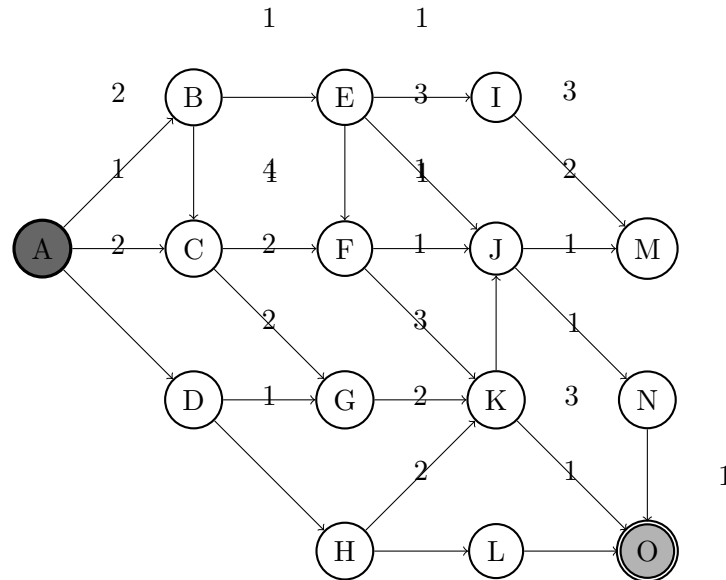
La secuencia de ejecución sería: 1er paso : [(A,H1),(B,H2),(C,H3),(C,H3),(C,H2)],  
2o paso: [(A,H2),(B,H1),(C,H3),(C,H2)]

La idea es secuenciar varios hilos en paralelo en tiempo de compilación, de manera que el número de pasos de ejecución sea el mínimo. La búsqueda consiste en determinar qué conjunto de instrucciones y de que hilos se pueden ejecutar en cada paso de la unidad de ejecución. En caso de que se pueda elegir entre varias instrucciones iguales en un paso, el orden de exploración se seguirá escogiendo la instrucción según el orden de los hilos.

Los hilos a compilar serán: H1(ABAC) H2 (CABA) H3(ACBA)

- Utiliza el algoritmo del  $A^*$  para encontrar la secuencia de menos pasos para estos hilos de ejecución (indica claramente el orden de expansión de los nodos). Considera que el coste de cada paso es 1. Como heurístico para la búsqueda utiliza el siguiente:  
 $h_1(n)$  = número de instrucciones del hilo con más instrucciones pendientes
- El heurístico no es admisible ¿Por qué? ¿La solución es óptima?
- Supón el heurístico:  
 $h_2(n)$  = número de instrucciones A que quedan por ejecutar  
¿Sería admisible este heurístico?
- Utiliza ahora el algoritmo del IDA\* con este nuevo heurístico para hacer la exploración (realiza cada iteración por separado indicando el orden de expansión de los nodos)

7. Dado el siguiente grafo donde cada arco indica su coste y la tabla que indica la estimación del coste  $h$  hasta la solución, indica cual sería el árbol de búsqueda que se obtendría mediante el algoritmo de A\* e IDA\* para encontrar el camino entre el nodo A y el nodo O. Haz la generación de los nodos siguiendo el orden alfabético e indica claramente las repeticiones de los nodos y los cambios de coste que aparezcan. ¿Es la función heurística admisible?



Nodo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
$h(\text{nodo})$	6	5	6	6	3	5	5	4	8	3	2	1	5	1	0

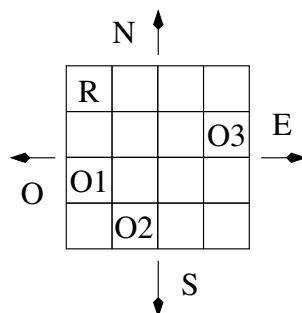
8. El tablero de la izquierda de la figura muestra la configuración inicial y queremos obtener la configuración final que muestra el tablero de la derecha. Para ello disponemos de dos movimientos:
- 1) Las letras A y C pueden desplazarse en dirección horizontal y vertical a cualquier posición vacía adyacente con coste 1 y pueden saltar sobre otra letra hasta una posición vacía con coste 2.
  - 2) Las letras B y D pueden desplazarse en diagonal a cualquier posición vacía adyacente con coste 1 y pueden saltar sobre otra letra hasta una posición vacía con coste 2.



Durante los saltos no puede haber cambio de dirección.

- a) Aplica el algoritmo A\* para resolver el problema utilizando la siguiente función heurística:  
 $h_1(n) = \sum d_i + \sum p_i$ , donde  $d_i$  es la distancia mínima en pasos de una letra hasta la posición final y  $p_i$  vale 1 si la posición final de la letra  $i$ ésima está ocupada por otra letra y 0 en cualquier otro caso.
- Indica el valor de  $f$  para cada nodo, el orden de expansión de los nodos y para cada nodo expandido da la lista de nodos abiertos entre los cuales se ha seleccionado éste (para facilitar la legibilidad, etiqueta todos los nodos con letras minúsculas y presenta esta lista aparte del grafo de búsqueda). ¿Cuál es el camino solución encontrado? ¿Es óptimo?
- Orden de generación de sucesores: Estudiar los movimientos posibles de las letras por orden alfabético y para cada letra considerar primero desplazamientos y luego saltos.

- b) Haz la búsqueda utilizando el algoritmo IDA\*. ¿Cuál es el camino solución encontrado?
- c) ¿Es  $h_1$  admisible? Justifica la respuesta.
- d) Dada la solución que has encontrado con el IDA\*, ¿es óptima?
- e) Si el heurístico fuera:  $h_2(n) = \sum d_i$ , donde  $d_i$  es la distancia mínima en pasos de una letra hasta la posición final ¿Sería esta función menos informada que  $h_1$ ? ¿Es admisible? Justifica la respuesta.
9. Deseamos hallar la ruta que ha de seguir un robot para recoger un conjunto de objetos en una habitación. La situación es la que se presenta en la figura. El robot sólo se puede desplazar en vertical y en horizontal. En cada movimiento sólo se desplaza una casilla. Cada vez que el robot llega a la casilla donde hay un objeto lo recoge y lo lleva consigo.



- a) Utiliza el algoritmo del A\* para hallar el camino que permite al robot recoger los 3 objetos en orden usando la función heurística:

$$h_1(n) = \sum d_{rj}$$

Donde  $d_{rj}$  es la distancia en movimientos del robot al objeto  $j$ . Considera que, cuando el robot recoge un objeto, su distancia pasa a ser 0 y que el objeto se mueve con el robot una vez recogido. Para hacer la expansión de los nodos utiliza el orden N-S-E-O tal como se indica en la figura. Indica el orden de expansión de los nodos. ¿El camino encontrado es óptimo?

- b) Supón que el heurístico es:

$$h_2(n) = d_{r1} + d_{12} + d_{23}$$

Donde  $d_{r1}$  es la distancia en movimientos del robot al objeto O1,  $d_{12}$  es la distancia en pasos del objeto O1 al objeto O2 y  $d_{23}$  es la distancia del objeto O2 al objeto O3. Utiliza de nuevo el algoritmo del A\* para hallar la solución. Para hacer la expansión de los nodos utiliza el orden N-S-E-O tal como se indica en la figura. Indica el orden de expansión de los nodos. ¿El camino encontrado es óptimo?

- c) Los heurísticos usados son admisibles? Podemos afirmar que uno es más informado que el otro? Razona las respuestas.
- d) Haz de nuevo la búsqueda utilizando el algoritmo del IDA\* y el heurístico  $h_1$ . Indica el orden de expansión de los nodos. ¿El camino encontrado es óptimo?

10. Tenemos un tablero de tres columnas en el que las fichas se introducen por arriba. Cada columna puede contener como máximo 2 fichas. El tablero de la izquierda de la figura muestra la configuración inicial y queremos obtener como configuración final el tablero de la derecha. Para ello disponemos de un movimiento:

- Una ficha se puede mover desde una columna a otra cualquiera siempre que esté en la cima de la columna y que no sobrepase la capacidad de la columna destino. El coste de este movimiento es 1.



- a) Aplica el algoritmo A\* para resolver el problema utilizando la siguiente función heurística:

$h(n) = \sum v_i$  donde  $v_i$  vale 0 si la ficha  $i$  está en la columna correcta y 1 si no lo está.

Usa como orden de generación de los nodos el siguiente:

- Primero movimientos de las fichas negras y segundo de las blancas
- A igualdad de color, hacer los movimientos eligiendo las fichas de izquierda a derecha
- A multiplicidad de movimientos, seguir también el orden de izquierda a derecha Indica: El valor  $f$  para cada nodo, el orden de expansión de los nodos y, para cada nodo expandido, da la lista de nodos abiertos entre los cuales se ha seleccionado (para facilitar la legibilidad, etiqueta todos los nodos con letras minúsculas y presenta esta lista aparte del grafo de búsqueda)

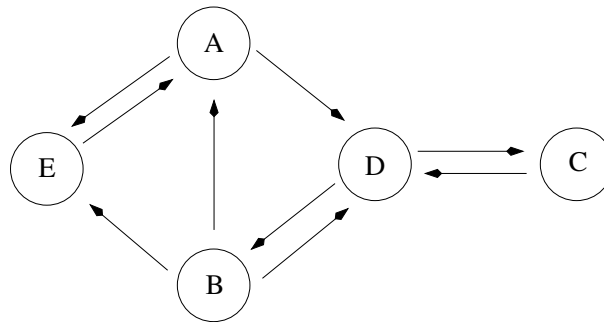
- b) ¿Es  $h$  admisible? ¿Por qué?

- c) Ahora supón el siguiente heurístico:

$h_2(n) = \sum v_i$  donde  $v_i$  vale 0 si la ficha  $i$  está en la columna correcta, 2 si está en la columna opuesta y 1 si está en la columna central.

Sin rehacer la búsqueda, ¿es este heurístico más informado que el otro? ¿Por qué?

11. Dado el siguiente grafo



- a) Buscar, aplicando A\*, un recorrido que pase por todos los nodos empezando y acabando por el nodo A. Sólo es posible pasar de un nodo X a un nodo Y si existe el arco  $X \rightarrow Y$ . Se permite pasar más de una vez por el mismo nodo. En cada iteración indica el orden de expansión de los nodos.

Utiliza como función heurística el número de nodos nuevos pendientes de visitar. Orden de generación de sucesores: orden lexicográfico.

- b) ¿El camino encontrado es óptimo? Justifica formalmente la respuesta.

- c) Repite la búsqueda utilizando el algoritmo IDA\*

12. Tenemos el siguiente rompecabezas con la configuración de la figura

N	N	N	B	B	B
---	---	---	---	---	---

y disponemos de una única regla, dos fichas se pueden intercambiar si están adyacentes, considerando que los dos extremos son adyacentes (es un tablero circular).

El objetivo es obtener la siguiente configuración:

B	B	N	B	N	N
---	---	---	---	---	---

- a) Aplica el algoritmo A\* para resolver el puzzle usando la siguiente función heurística

$h(n) = \text{número de posiciones diferentes entre el estado actual y la configuración final.}$

ORDEN: Al expandir los nodos considera los movimientos secuencialmente, empezando por el de más a la izquierda.

Indica el orden de expansión de los nodos y la gestión de duplicados.



- b) Resuelve el mismo problema aplicando el algoritmo del IDA\*. Indica el orden de expansión de los nodos y la gestión de duplicados.
- c) ¿Es admisible el heurístico? ¿Por qué?

13. Un problema en genética es averiguar si dos cadenas de ADN son similares o no. Para ello se intentan alinear los símbolos de las secuencias y asignar una puntuación al alineamiento. El problema es que hay muchas maneras de alinear dos secuencias y sólo interesa la mejor.

Para simplificar el problema, vamos a suponer que tenemos secuencias con solamente dos símbolos: A y B. El alineamiento de dos secuencias se hace símbolo a símbolo de izquierda a derecha. Como es posible que las dos secuencias sean de longitud diferente, se pueden introducir símbolos blancos durante el alineamiento para compensarlo, de manera que al final del alineamiento las dos cadenas tengan la misma longitud. Podemos haber introducido símbolos blancos en ambas cadenas.

Tenemos dos operaciones:

- 1) Crear un emparejamiento entre dos símbolos de la secuencia. El coste de esta operación es cero si los dos símbolos coinciden y uno, si no coinciden.
- 2) Añadir un blanco en una secuencia, de manera que avanzamos un símbolo en una de las secuencias y la otra la alargamos con este blanco. El coste de esta operación es dos.

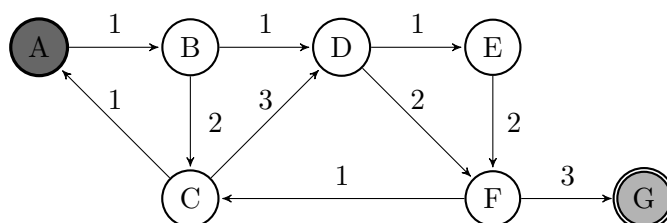
Por ejemplo, si tenemos las secuencias AABB y BAA, podríamos alinear los dos primeros símbolos, de manera que estaríamos en el estado (A|ABB, B|AA) con coste uno ya que los símbolos no coinciden (la barra vertical | indica hasta donde llega el alineamiento que llevamos), o podríamos añadir un hueco en la primera secuencia, de manera que estaríamos en el estado (\_|AABB, B|AA), con coste dos.

- a) Aplicar el algoritmo A\* para alinear las secuencias AB y BAAB, usando como función heurística  $h(n) = |\text{longitud del trozo de la secuencia 1 por alinear} - \text{longitud del trozo de la secuencia 2 por alinear}|$

Al expandir los nodos, en el caso de añadir blancos, primero se añadirá a la primera secuencia y después a la segunda. Indica el orden de expansión de los nodos y la gestión de duplicados, si procede.

- b) Resuelve el mismo problema aplicando el algoritmo del IDA\*. Indica el orden de expansión de los nodos y la gestión de duplicados, si procede.
- c) ¿Es admisible el heurístico? ¿Por qué?

14. Dado el siguiente grafo donde cada arco indica su coste y la tabla que indica la estimación del coste  $h$  hasta la solución, indica cual sería el árbol de búsqueda que se obtendría mediante el algoritmo de A\* e IDA\* para encontrar el camino entre el nodo A y el nodo G. Haz la generación de los nodos siguiendo el orden alfabético e indica claramente las reexpansiones de los nodos y los cambios de coste que aparezcan. ¿Es la función heurística admisible?



Nodo	A	B	C	D	E	F	G
$h(\text{nodo})$	3	4	3	4	3	3	0

15. Dada la siguiente configuración inicial del tablero:

N	N	B	B	
---	---	---	---	--

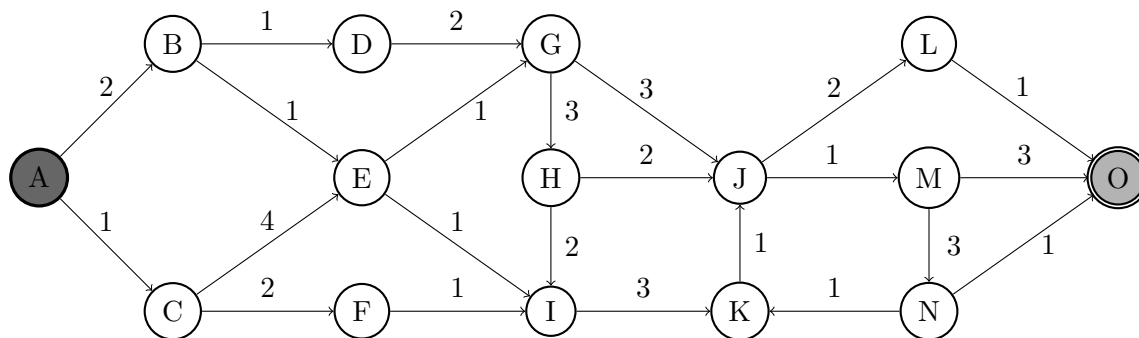
donde hay dos piezas negras (N), dos blancas (B) y una posición vacía, y teniendo en cuenta las siguientes reglas:

- (i) Una pieza puede moverse a la posición adyacente vacía con coste 1.
- (ii) Una pieza puede saltar per encima de otra (sólo una) para colocarse en la posición vacía con coste 1. Si la pieza que salta es de distinto color que la saltada, esta última cambia de color.

Queremos conseguir que todas las piezas del tablero sean negras. La posición final de la casilla vacía es indiferente.

- a) Muestra el árbol de búsqueda generado por el algoritmo A\* indicando el orden de expansión de los nodos, el tratamiento de los duplicados, la solución encontrada y el coste de la misma. Utiliza como heurístico:  $h(n) = \text{número de piezas blancas}$
- b) Justifica la admisibilidad o no del heurístico utilizado.
- c) Considera ahora el siguiente heurístico:  $h_2(n) = \text{número de piezas blancas} - c$  donde  $c$  vale 1 si el espacio es adyacente a una pieza blanca y vale 0 en caso contrario. Justifica su admisibilidad o no.
- d) Razona si  $h_2(n)$  es más informado que  $h(n)$ .

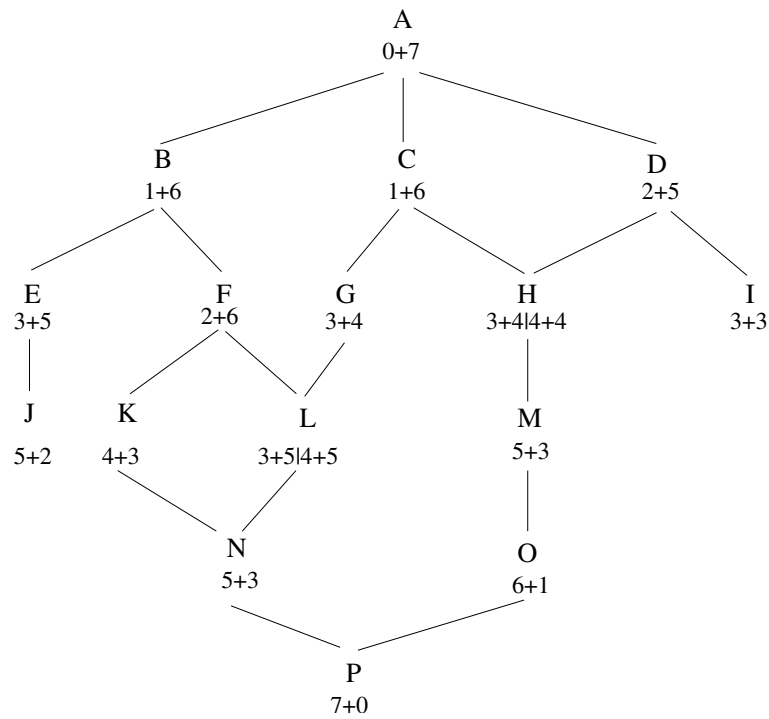
16. Dado el siguiente grafo donde cada arco indica su coste y la tabla que indica la estimación del coste  $h$  hasta la solución, indica cual sería el árbol de búsqueda que se obtendría mediante el algoritmo de A\* e IDA\* para encontrar el camino entre el nodo A y el nodo O. Haz la generación de los nodos siguiendo el orden alfabético e indica claramente las reexpansiones de los nodos y los cambios de coste que aparezcan. ¿Es la función heurística admisible?



Nodo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
$h(\text{nodo})$	6	5	6	6	3	5	5	4	8	3	2	1	5	1	0

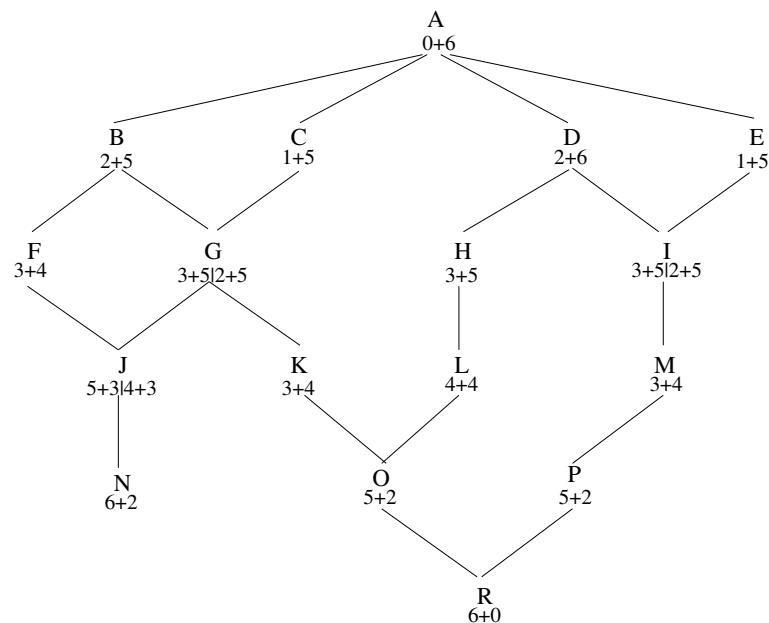
17. Dado el árbol de búsqueda que aparece en la figura indica cual sería el recorrido que haría el algoritmo A\* e IDA\* ¿la función heurística es admisible?

En el árbol la función heurística esta descompuesta en la  $g$  y la  $h$ . Cuando en un nodo aparecen dos valores el orden corresponde a la rama por la que se ha llegado al nodo.



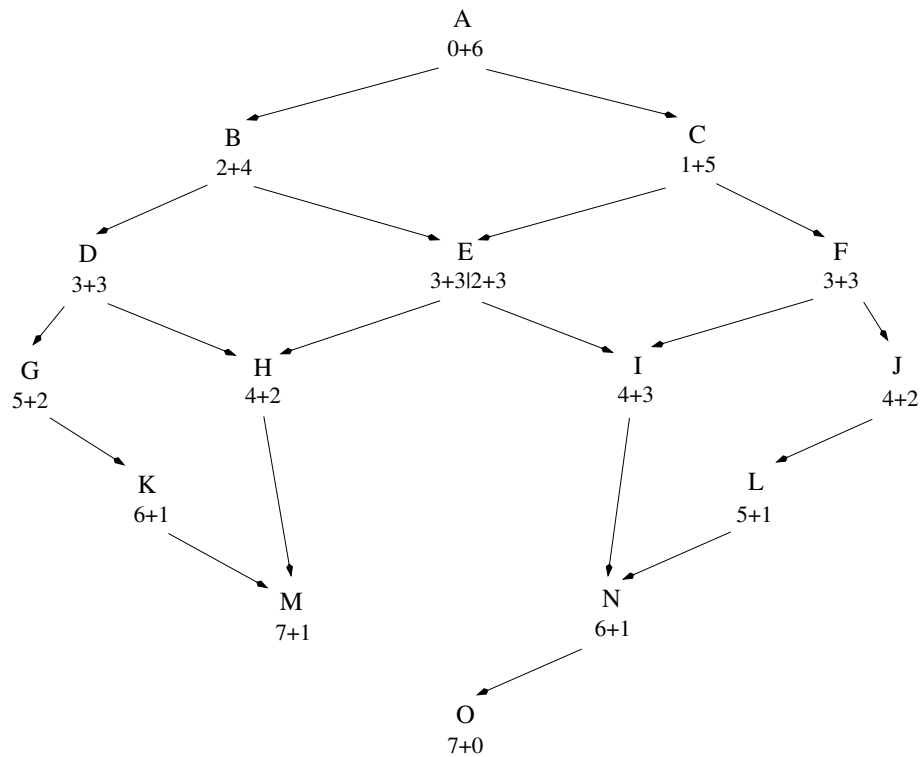
18. Dado el árbol de búsqueda que aparece en la figura indica cual sería el recorrido que haría el algoritmo A\* e IDA\* ¿la función heurística es admisible?

En el árbol la función heurística esta descompuesta en la g y la h. Cuando en un nodo aparecen dos valores el orden corresponde a la rama por la que se ha llegado al nodo.



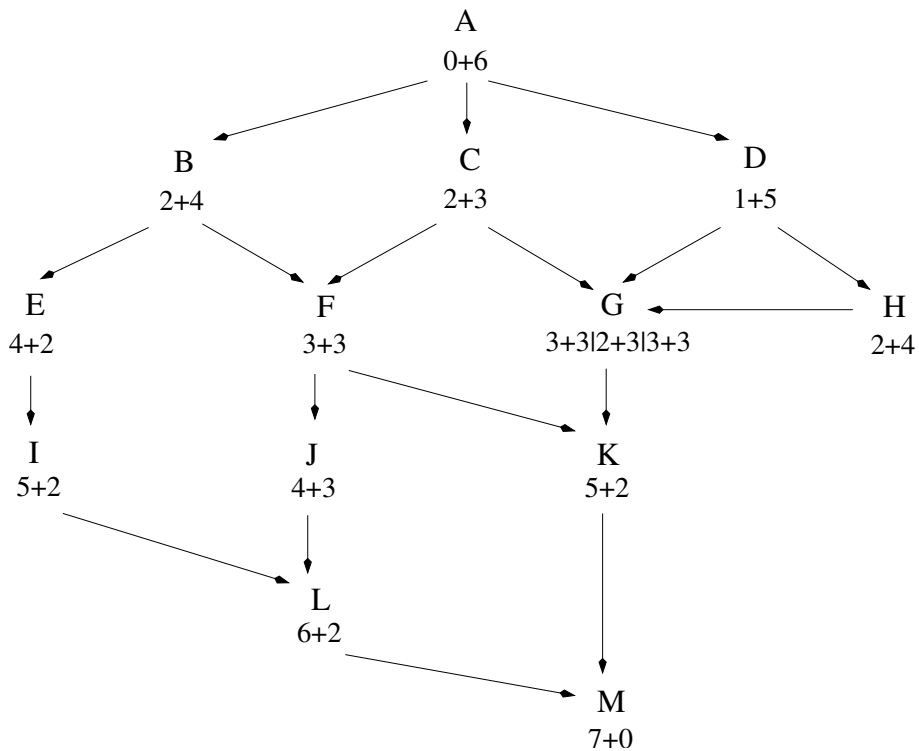
19. Dado el árbol de búsqueda que aparece en la figura indica cual sería el recorrido que haría el algoritmo A\* e IDA\* ¿la función heurística es admisible?

En el árbol la función heurística esta descompuesta en la g y la h. Cuando en un nodo aparecen dos valores el orden corresponde a la rama por la que se ha llegado al nodo.



20. Dado el árbol de búsqueda que aparece en la figura indica cual sería el recorrido que haría el algoritmo A\* e IDA\* ¿la función heurística es admisible?

En el árbol la función heurística esta descompuesta en la g y la h. Cuando en un nodo aparecen dos valores el orden corresponde a la rama por la que se ha llegado al nodo.



1. Existen problemas en los que dado el tamaño de su espacio de búsqueda es imposible plantearse encontrar la solución óptima. Para este tipo de problemas se han diseñado algoritmos de búsqueda local (hill-climbing, simulated annealing, algoritmos genéticos)

Estos son ejemplos de este tipo de problemas:

- a) El viajante de comercio:

Un viajante de comercio desea visitar un conjunto de ciudades partiendo de una dada y acabando en ésta, sin repetir ninguna y recorriendo el mínimo de distancia (se supone que se dispone de un mapa que indica las conexiones entre ciudades y sus distancias)

- b) Mínimo k-árbol de expansión mínima:

Dado un grafo en el que cada arista tiene un peso, se trata de encontrar el subgrafo sin ciclos (árbol) que contenga  $k$  aristas y que tenga el mínimo peso

- c) Mínimo árbol de Steiner:

Dado un grafo completo (todos los vértices están conectados con todos), donde cada arco tiene un peso, y un subconjunto de vértices del grafo, obtener el grafo de coste mínimo que contenga el conjunto de vértices (el grafo puede contener mas vértices, la gracia es conectar unos vértices específicos con el mínimo coste)

- d) Bin packing en una dimensión:

Disponemos de un conjunto de contenedores y un conjunto de paquetes que colocar en ellos. Los contenedores son todos iguales y se pueden llenar hasta cierta altura. Los paquetes tienen las mismas dimensiones en su base que los contenedores, pero diferentes alturas, siempre por debajo de la altura de los contenedores. El problema consiste en: dado un conjunto de paquetes saber cual es el mínimo conjunto de contenedores necesario para transportarlos.

- e) Knapsack problem:

También conocido como el problema de la mochila. Dado un conjunto de objetos con cierto volumen y cierto valor y un contenedor con una capacidad fija, hallar el conjunto de objetos que nos debemos llevar para maximizar la ganancia.

- f) Weighted max-cut:

Dado un grafo con pesos en los arcos, partirlo en dos grafos de manera que se maximice la suma total de los arcos de los dos subgrafos

Responde para cada problema los siguientes apartados:

- Determina que elementos forman el estado y estima el tamaño del espacio de búsqueda
  - Dado que los algoritmos que se pueden utilizar suelen partir de una solución, busca métodos con los que se puede encontrar la solución de partida (no tiene por que ser buena)
  - Define lo necesario para solucionar el problema mediante el algoritmo de hill-climbing (función heurística, operadores de cambio de estado)
  - Define lo necesario para solucionar el problema mediante algoritmos genéticos (representación del estado, función de calidad, operadores de cruce y mutación)
2. La conocida cadena de supermercados Karpabo desea introducirse en una nueva ciudad y para ello ha de decidir qué locales son los más adecuados para instalar sus supermercados. Para ello disponemos de un mapa de la ciudad que nos indica  $L$  posibles locales donde podemos colocar un total de  $S$  supermercados (obviamente  $L > S$ ). Además también disponemos del número de supermercados competidores que hay alrededor de cada local en el que se puede ubicar un supermercado.

El objetivo es colocar todos los supermercados de manera que se minimice la competencia alrededor de cada supermercado y que se maximice la suma de las distancias entre ellos (obviamente disponemos de una tabla con sus distancias).

En los siguientes apartados se proponen diferentes alternativas para algunos de los elementos necesarios para plantear la búsqueda (solución inicial, operadores, función heurística, ...). El objetivo es comentar la solución que se propone respecto a si es correcta, es eficiente, o es mejor o peor respecto a otras alternativas posibles. Justifica tu respuesta.

- a) Se plantea solucionarlo mediante Hill-Climbing. Como solución inicial se parte de la solución vacía. Como operadores se usa el colocar un supermercado en un local vacío y quitar un supermercado de un local. Como función heurística se usa la suma de las distancias de los locales de cada uno de los  $S$  supermercados al resto, multiplicado por la suma de los supermercados competidores de cada supermercado.
  - b) Se plantea solucionarlo mediante Hill-Climbing utilizando como solución inicial el colocar aleatoriamente los  $S$  supermercados y usando como operadores de búsqueda mover un supermercado al local vacío más cercano respecto a su posición actual. Como función heurística se usa la suma de las distancias de los locales de cada uno de los  $S$  supermercados al resto más la suma de los supermercados competidores de cada supermercado.
  - c) Se plantea solucionarlo mediante Hill-Climbing utilizando como solución inicial el colocar los supermercados consecutivamente hasta colocar los  $S$  y para cada supermercado colocarlo en el local que esté a máxima distancia respecto al local donde se colocó el supermercado anterior. Se plantean como operadores mover un supermercado a cualquier local vacío cuya suma de distancias al resto de supermercados sea mayor que la suma de distancias del local actual. Como función heurística se usa la suma de los supermercados competidores de cada supermercado dividida por la suma de las distancias de los locales de cada uno de los  $S$  supermercados al resto.
  - d) Se plantea resolverlo mediante algoritmos genéticos. Para representar el problema utilizamos una tira de  $L$  bits y como población inicial generamos aleatoriamente  $n$  individuos donde en cada uno hay exactamente  $S$  bits a 1. La función heurística es la suma de distancias de cada supermercado al resto más una constante por la suma de la competencia de cada local. Como operadores usamos un operador de cruce que intercambia aleatoriamente la mitad de los bits de cada individuo de la pareja cruzada y un operador de mutación que intercambia aleatoriamente dos posiciones de la tira de bits cumpliendo que en una sea un bit a 1 y en la otra un bit a 0.
3. La International Telecommunications Union (ITU) es un agencia de Naciones Unidas que regula el uso de las tecnologías de la telecomunicación y entre otras cosas coopera en la asignación de órbitas para satélites. El incremento del uso de satélites de todo tipo ha llevado a buscar métodos automáticos para asignar posiciones en órbitas que mantengan la seguridad de los satélites y la calidad de su funcionamiento.

Para solucionar el problema, se ha dividido la órbita geosincrónica en regiones donde se asignarán las posiciones orbitales de los satélites. Obviamente, una región del espacio tiene un volumen. Se quiere resolver el problema para cada región.

Hay  $S$  diversos tipos de satélites especializados que se desean poner en órbita (televisión, telefonía, científicos, militares, ...). Para cada satélite se tienen dos informaciones, el espacio de seguridad (volumen necesario para que el satélite pueda navegar con el mínimo riesgo de colisión y pueda alimentar sus paneles solares) y el coste de alquiler de la órbita que cobra la ITU al dueño del satélite (este precio depende de cada satélite y no es una función del espacio de seguridad).

Las restricciones que tiene la ITU son que la suma del volumen que han de ocupar los espacios de seguridad de los satélites ha de cubrir como mínimo  $1/3$  del volumen de la región si se quieren cubrir las necesidades existentes, pero no puede superar los  $2/3$  si no se quieren tener problemas con otros lanzamientos que deben atravesar la órbita geosincrónica o con la basura espacial. También se ha de cubrir un cupo mínimo  $m_i$  para cada tipo de satélites. El objetivo del problema es maximizar la ganancia que obtiene la ITU con el alquiler de órbitas.

En los siguientes apartados se proponen diferentes alternativas para algunos de los elementos necesarios para plantear la búsqueda (solución inicial, operadores, función heurística, ...). El objetivo es comentar la solución que se propone respecto a si es correcta, es eficiente, o es mejor o peor respecto a otras alternativas posibles. Justifica tu respuesta.

- a) Se plantea usar Hill-climbing, como solución inicial consideramos que asignamos aleatoriamente al menos la mínima cantidad de satélites para cubrir la cuota de cada tipo hasta ocupar 1/3 del volumen de la región. Disponemos del operador **añadir-satélite()** que comprueba el posible exceso de ocupación en la región y del operador **quitar-satélite()** que comprueba la posible infra-ocupación de la región. Como heurística usamos la suma para todos los satélites en la solución del producto entre el espacio de seguridad del satélite y el coste de alquiler del satélite.
  - b) Se plantea usar Hill-climbing, como solución inicial ordenamos los satélites descendientemente por el coste del alquiler y vamos añadiendo los satélites en ese orden hasta llenar 2/3 del volumen. Como operador utilizamos cambiar un satélite de un tipo por otro del mismo tipo que no esté ya en la solución. Como función heurística usamos la suma del espacio de seguridad de todos los satélites en la solución multiplicado por la suma del coste del alquiler de todos los satélites.
  - c) Se plantea usar algoritmos genéticos. Un individuo es una tira de bits cuya longitud es el número total de satélites que tenemos. Si el bit está a 1 significa que el satélite está en la solución y si está a 0 es que no lo está. La población inicial se genera creando individuos que tengan a 1 los bits de los  $m_i$  satélites con mayor coste de alquiler de cada tipo. Como operadores se usan los habituales de cruce y mutación. Como función heurística usamos la suma del coste de alquiler de todos los satélites en la solución.
4. Después de los incendios del verano se nos plantea el problema de repoblar las áreas afectadas. Dada un área concreta de cierto número de hectáreas decidimos volver a repoblarla, para ello dividimos el área en una cuadrícula de  $N \times M$  y nos planteamos cuanto plantar en cada área.

Podemos decidir un factor de repoblación para cada elemento de la cuadrícula ( $Fr(i)$ ) que va de 0 a 3 (0 significa ninguna repoblación, 1 significa plantar  $A$  árboles, ..., 3 significa plantar  $3 \times A$  árboles). Disponemos un máximo de  $K \times A$  árboles para plantar, pero no queremos plantar menos de  $I \times A$  árboles.

Además queremos minimizar el riesgo de incendio del área. Este es una función del factor de repoblación de un elemento de la cuadrícula y todos los elementos adyacentes, de la siguiente manera:

$$R(i) = \sum_{\forall j \text{ adyacente a } i} Fr(i) \times Fr(j)$$

El objetivo es encontrar una solución que plante el máximo número de árboles (entre los límites  $I \times A$  y  $K \times A$ ) y con el mínimo riesgo de incendio.

Una posible solución a éste problema se puede obtener mediante el uso de algoritmos de búsqueda local. En los siguientes apartados se proponen diferentes alternativas para algunos de los elementos necesarios para plantear la búsqueda (solución inicial, operadores, función heurística,...). Comenta muy brevemente la solución que se propone respecto a si es correcta y si es mejor/peor respecto a otras alternativas posibles. Justifica tus respuestas.

- a) Usar Hill Climbing. Para ello generamos una solución inicial en la que todas las áreas tienen factor de repoblación 0. Los operadores son aumentar o disminuir el factor de repoblación de un área. La función heurística que queremos optimizar es:

$$h'(n) = \sum_{i=1}^{M \times N} R(i) - \sum_{i=1}^{M \times N} Fr(i)$$

- b) Usar Hill Climbing. Para ello generamos una solución inicial en la que asignamos secuencialmente factor de repoblación 1 a cada elemento de la cuadrícula hasta llegar a la cantidad mínima de árboles que hemos de plantar. Los operadores son aumentar el factor de repoblación siempre que este no sea 3 o disminuir el factor de repoblación de un área siempre que no sea 0. La función heurística que queremos optimizar es:

$$h'(n) = \left( \sum_{i=1}^{M \times N} Fr(i) - K \right) - \frac{1}{\sum_{i=1}^{M \times N} R(i)}$$

- c) Usar algoritmos genéticos. Para representar una solución generamos una tira de  $2 \times M \times N$  bits (con 2 bits codificamos el factor de repoblación). Como solución inicial utilizamos la misma que en el apartado anterior. Como operadores utilizamos los operadores habituales de cruce y mutación. La función heurística que queremos optimizar es:

$$h'(n) = \sum_{i=1}^{M \times N} R(i) \times \sum_{i=1}^{M \times N} Fr(i)$$

5. Un elemento necesario para construir edificios son las varillas metálicas para el hormigón armado. Cuando se realiza una gran construcción hacen falta un gran número de varillas de diferentes longitudes. A partir de los planos de construcción se pueden calcular cuantas varillas van a ser necesarias y de qué longitudes. En la fabricación de varillas metálicas el proceso más sencillo es tener máquinas que hacen varillas de una longitud fija ( $l$ ) y luego tener máquinas para cortar esas varillas para adaptarse a los pedidos (ninguna varilla del pedido será de longitud mayor que  $l$ ).

El problema que nos planteamos es, dado un pedido que nos indica un conjunto de longitudes y para cada longitud cuantas varillas son necesarias, obtener como debemos cortar las varillas que fabricamos de manera que desperdiciemos la menor cantidad posible de material.

En los siguientes apartados se proponen diferentes alternativas para algunos de los elementos necesarios para plantear la búsqueda (solución inicial, operadores, función heurística,...). Comentar cada apartado indicando si los elementos de la propuesta son correctos, eficientes en coste, mejor/peor que otras alternativas propuestas o si hay alternativas mejores. Justifica tus respuestas.

- a) Se plantea aplicar Hill-climbing usando como solución inicial asignar en orden creciente de longitud varillas del pedido a varillas a cortar, cuando la suma de las longitudes de las varillas asignadas a una varilla superan su longitud se pasa a la siguiente varilla a cortar. Como operadores se usan mover una varilla del pedido de una varilla de corte a otra y quitar una varilla de corte que no tiene varillas de pedido asignadas. Como función heurística se usa la suma de las longitudes de las varillas a cortar.
- b) Se plantea aplicar Hill-climbing usando como solución inicial ir asignando al azar varillas del pedido a varillas a cortar, cuando la suma de las longitudes de las varillas asignadas a una varilla superan su longitud se pasa a la siguiente varilla a cortar. Como operadores se usan intercambiar dos varillas de pedido entre dos varillas a cortar siempre que no se supere la longitud de ninguna de las varillas a cortar y quitar una varilla de corte que no tiene varillas de pedido asignadas. Como función heurística se usa la diferencia entre la longitud total de las varillas del pedido y la longitud total de las varillas a cortar con varillas asignadas.
- c) Se plantea utilizar algoritmos genéticos. Para la representación de una solución se decide asignar un número a cada varilla del pedido que se corresponderá con la varilla a cortar que tiene asignada, este valor irá de 1 al número de varillas que hay en el pedido. Con la codificación en binario de la concatenación de estos números en un orden específico tenemos la codificación de una solución. Como mecanismo para generar la población inicial se utiliza escoger al azar la varilla a cortar asignada a cada varilla del pedido dentro de los valores  $[1, \text{num varillas pedido}]$ . Como operadores genéticos se usan los operadores de cruce y mutación habituales. La función heurística será el número de varillas a cortar distintas que hay en la codificación de la solución.



6. Se han descubierto  $A$  fuentes de contaminación en un parque natural y se quieren colocar  $B$  (donde  $B < A$ ) aparatos de descontaminación para mejorar la situación. Para ello se dispone de un mapa del parque que indica la posición de la estación de trenes donde se han almacenado todos los aparatos y de los  $A$  lugares donde se necesita colocar los aparatos de descontaminación. Además también se dispone del nivel de contaminación que hay alrededor de cada fuente, de un mapa de los desplazamientos (dirigidos) posibles de los aparatos en el territorio y del coste de cada desplazamiento. Cada aparato puede eliminar por completo la contaminación de una fuente, independientemente de su nivel.

El objetivo es colocar los aparatos de manera que se minimice la contaminación total en el parque y el coste del recorrido (suma de desplazamientos) que harán los aparatos en el sentido “estación  $\rightarrow$  fuente de contaminación”.

En los siguientes apartados se proponen diferentes alternativas para algunos de los elementos necesarios para plantear la búsqueda (solución inicial, operadores, función heurística). Hay que comentar la solución que se propone respecto a si es correcta, es eficiente, y es mejor o peor en comparación con otras alternativas. Y hay que justificar todas las respuestas.

- a) Se plantea solucionar el problema mediante Hill-Climbing, partiendo de una solución inicial sin ningún aparato y con un operador que coloca un aparato en una fuente de contaminación determinada, controlando que el número de los aparatos colocados sea como máximo  $B$ .
  - b) Se plantea solucionarlo mediante Hill-Climbing, partiendo de una solución inicial con  $B$  aparatos colocados aleatoriamente, y utilizando como función heurística la suma de los costes de desplazamiento de la estación a cada una de las  $B$  fuentes.
  - c) Se plantea solucionarlo mediante Hill-Climbing, partiendo de una solución inicial con  $B$  aparatos colocados aleatoriamente, y utilizando como función heurística la suma de los costes mínimos de los recorridos “estación  $\rightarrow$  fuente de contaminación” multiplicada por la suma de los niveles de contaminación en correspondientes a los  $B$  aparatos.
  - d) Se plantea solucionarlo mediante Hill-Climbing, partiendo de una solución inicial alcanzada colocando los  $B$  aparatos ordenadamente según el coste mínimo “estación  $\rightarrow$  fuente de contaminación” y empezando con el que tiene coste menor. Se plantea como operador mover un aparato a cualquier fuente cuyo producto de “coste mínimo estación  $\rightarrow$  fuente” por “nivel de contaminación” sea menor que el actual.
  - e) Se plantea solucionarlo mediante algoritmos genéticos: se usan individuos de  $A$  bits y como población inicial se generan  $n$  individuos donde en cada uno hay exactamente  $B$  bits a 1. La función de idoneidad es la suma de los costes mínimos “estación  $\rightarrow$  fuente de contaminación” más la contaminación total residual del parque multiplicada por una constante. Como operadores se usan los habituales de cruce y mutación.
7. Los propietarios del hotel “Bienestar” trabajan habitualmente con  $N$  tour-operadores para los cuales deben reservar siempre un conjunto de habitaciones. A principios de año, cada operador realiza su petición de habitaciones para todo el año. Las peticiones son consideradas como el número máximo a reservar, pero los propietarios saben que no tienen habitaciones suficientes para cubrir todas las peticiones de todos los tour-operadores. Por esta razón, internamente tienen definido un número mínimo a asignar a cada tour-operador. Este número les permite mantener las buenas relaciones. A partir de aquí asignarán a los tour-operadores un número de habitaciones que estará entre el mínimo interno y la petición real recibida.

Para asignar las habitaciones, los propietarios tienen varias restricciones a respetar. Por un lado, hay un número mínimo de habitaciones que queda siempre bajo la gestión directa del hotel. Por otro lado, se quiere maximizar los beneficios obtenidos de las habitaciones reservadas a los tour-operadores, teniendo en cuenta que los beneficios  $B_i$  son distintos dependiendo del tour-operador y el beneficio por habitación gestionada por el hotel es  $B_H$ . Adicionalmente, se quiere maximizar la “calidad de la ocupación” para lo cual tienen asignado a cada tour-operador un índice  $Q_i$  que cuantifica la calidad de los turistas que suelen venir a través del operador en cuestión. Este índice se asociará a cada habitación reservada para ese operador. El propio hotel tiene también un índice  $Q_H$ .

En los siguientes apartados se proponen diferentes alternativas para algunos de los elementos necesarios para plantear la búsqueda (solución inicial, operadores, función heurística,...). Comentar cada apartado indicando si los elementos de la propuesta son correctos, eficientes en coste, mejor/peor que otras alternativas propuestas o si hay alternativas mejores. Justifica tus respuestas.

- a) Se plantea aplicar Hill-climbing usando como solución inicial asignar el mínimo de habitaciones a cada tour-operador. Se define como operador asignar una habitación a alguien distinto del que la tiene asignada (tour-operador/hotel), siempre y cuando el nuevo tour-operador tenga mejor  $Q$  y se respeten todos mínimos. Se plantea como función de evaluación la suma total de los beneficios obtenidos de cada habitación.
- b) Se plantea aplicar Hill-climbing usando como solución inicial asignar el mínimo de habitaciones a cada tour-operador y del conjunto de habitaciones no asignadas apartar el mínimo para el hotel y asignar el resto al tour-operador que nos da mayor beneficio. Se define como operador asignar una habitación a un tour-operador distinto del que la tiene asignada. Se plantea como función de evaluación la suma total de los beneficios obtenidos por habitación más la suma del índice  $Q$  de cada una de ellas.
- c) Se plantea usar algoritmos genéticos donde la representación de la solución es una tira de bits donde hay  $(N + 1)$  secuencias bits. Para cada tour-operador y el hotel tenemos asociadas una secuencia de bits que representa el número de habitaciones asignadas. Cada secuencia de bits ha de ser suficiente para codificar en binario el número total de habitaciones del hotel. Como solución inicial se asigna el mínimo de habitaciones a cada tour-operador y el resto al hotel. Los operadores a usar son los habituales de cruce y mutación. Se propone como función de evaluación:

$$h(n) = \sum_{i=1}^N num\_habitaciones_i \frac{B_i}{Q_i} + num\_habitaciones_H \frac{B_H}{Q_H}$$

La función valdrá infinito cuando no se cumplan los mínimos.

8. Una compañía de telecomunicaciones debe distribuir un conjunto de antenas de comunicaciones  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ , para ello tiene que ubicar un conjunto de  $R$  arrays de antenas en la ciudad.

Cada una de las  $n$  antenas viene descrita por una potencia  $P(a_i) \in \{1Mw, 2Mw, 5Mw\}$ , y su respectivo ancho de banda  $B(a_i) \in \{5Mbps, 15Mbps, 30Mbps\}$ , o sea, tenemos antenas de 3 tipos diferentes. En el conjunto de antenas  $A$  tenemos un número no determinado de antenas de cada tipo.

Cada array de antenas está compuesto por tres mástiles con una distancia de 2 metros entre cada mástil, en cada mástil podemos ubicar secuencialmente 3 antenas, cada antena está separada un metro de la siguiente, o sea, nos caben 9 antenas por array y las posiciones están numeradas del 1 al 9. En un array de antenas no podemos colocar más de 5 antenas del mismo tipo.

1. La compañía quiere la mayor eficiencia en la gestión de los arrays de antenas. El ancho de banda total necesario  $AB$  es menor que el ancho de banda de la suma de las antenas, por lo tanto quiere que el número arrays de antenas realmente usado sea el menor posible, pero superando el ancho de banda mínimo  $AB$ .
2. Queremos que cada array esté a su máxima ocupación respetando la restricción de que no puede haber más de 5 antenas de cada tipo en un array.
3. El ancho de banda efectivo de un array de antenas depende de las interferencias que hay entre antenas, queremos minimizar las interferencias totales entre las antenas. Podemos calcular el total de interferencias entre antenas de un array como:

$$I(array_k) = \sum_{\forall a_i, a_j \in array_k} \frac{P(a_i)P(a_j)}{d(a_i, a_j)}$$

donde  $d(a_i, a_j)$  es la distancia euclídea entre dos antenas del mástil.

Una posible solución a éste problema se puede obtener mediante el uso de algoritmos de búsqueda local. En los siguientes apartados se proponen diferentes alternativas para algunos de los elementos necesarios para plantear la búsqueda (solución inicial, operadores, función heurística,...). Comenta muy brevemente la solución que se propone respecto a si es correcta y si es mejor/peor respecto a otras alternativas posibles. Justifica tus respuestas.

- a) Usar Hill-climbing. Como solución inicial se colocan al azar todas las antenas que quepan en los  $R$  arrays. Como operadores se utilizan `añadir_antena(antena,array,posición)`, aplicable si la posición está libre y `quitar_antena(array,posición)`, aplicable si hay una antena en la posición. Como función heurística optimizamos:

$$h_1(n) = \left( \sum_{\forall array_i} \sum_{\forall a_j \in array_i} B(a_j) - AB \right) + \sum_{\forall array_i} I(array_i)$$

- b) Usar Hill-climbing. Como solución inicial se ordenan las antenas según su ancho de banda, se ordenan arbitrariamente los arrays y se van recorriendo iterativamente llenándolos completamente con antenas respetando que no haya mas de 5 antenas del mismo tipo y hasta sobrepasar el ancho de banda mínimo  $AB$ . Como operador se utiliza `intercambiar_antenas(array0, arrayD, pos0, posD)`, los arrays pueden ser el mismo (cambiamos dos antenas dentro de un array), para realizar el intercambio debe haber antenas en las posiciones indicadas. Como función heurística optimizamos:

$$h_2(n) = \sum_{\forall array_i} I(array_i) \times |array|$$

siendo  $|array|$  el número de arrays que tienen antenas.

- c) Usar Algoritmos Genéticos. Asignamos números consecutivos a todas las posiciones de los arrays de antenas, de manera que tenemos las posiciones numeradas de 1 al  $R \times 9$ . Con la representación en binario de este número construimos una tira de bits concatenando las posiciones donde está ubicada cada una de las  $n$  antenas de las que disponemos. Como solución inicial colocamos tres antenas de cada tipo en cada array hasta superar el ancho de banda  $AB$ . Como operadores utilizamos los operadores habituales de cruce y mutación. Como función heurística optimizamos:

$$h_3(n) = \sum_{\forall array_i} I(array_i) \times \sum_{\forall array_i} \sum_{\forall a_j \in array_i} B(a_j)$$

9. Tenemos una pequeña flota de  $C$  camiones que utilizamos para repartir mercancías y cada día tenemos que determinar qué ruta ha de seguir cada camión para abastecer un conjunto de ciudades por todo el país. El objetivo es que todos los camiones acaben la jornada aproximadamente a la misma hora, por lo que el número de kilómetros que ha de recorrer cada camión ha de ser muy parecido, y que recorran en total el mínimo número de kilómetros.

Disponemos de un mapa de carreteras que nos dice la distancia en kilómetros entre cada ciudad donde hemos de dejar nuestra mercancía, suponemos que todos los camiones parten de la misma ciudad y han de volver a ella al final del día, cargan al principio de la jornada todo lo que han de repartir, han de pasar sólo una vez por cada ciudad.

Una posible solución a éste problema se puede obtener mediante el uso de algoritmos de búsqueda local. En los siguientes apartados se proponen diferentes alternativas para algunos de los elementos necesarios para plantear la búsqueda (solución inicial, operadores, función heurística,...). Comenta muy brevemente la solución que se propone respecto a si es correcta y si es mejor/peor respecto a otras alternativas posibles. Justifica tus respuestas.

- a) Usar Hill Climbing. Como solución inicial asignamos al azar a cada camión un número aproximadamente igual de ciudades, recorriéndolas en orden también al azar. Como operadores usamos el

intercambiar dos ciudades entre los recorridos de dos camiones e intercambiar las posiciones de dos ciudades en el recorrido de un camión. La función heurística es la siguiente:

$$h(n) = \sum_{i=1}^C \left( \frac{LR_i}{\sum_{j=1}^C LR_j} - \frac{1}{C} \right)$$

donde  $LR_i$  es la longitud del recorrido del camión  $i$ .

- b) Usar Hill Climbing. Como solución inicial asignamos todas las ciudades a un camión, estableciendo el recorrido inicial mediante una estrategia avariciosa de manera que intentemos minimizarlo. Como operadores usamos el mover una ciudad del recorrido de un camión a otro e intercambiar las posiciones de dos ciudades en el recorrido de un camión. La función heurística es la siguiente:

$$h(n) = \prod_{i=1}^C LR_i$$

- c) Usar Hill climbing. Como solución inicial escogemos las  $C$  ciudades más cercanas a la ciudad origen como la primera ciudad a visitar por cada camión, como segunda ciudad en el recorrido de cada camión escogemos la más cercana a la primera que no esté ya asignada, y así sucesivamente hasta asignar todas las ciudades. Como operadores usamos el mover una ciudad del recorrido de un camión a otro, intercambiar las posiciones de dos ciudades en el recorrido de un camión e intercambiar dos ciudades entre los recorridos de dos camiones. La función heurística es la siguiente:

$$h(n) = \frac{C \cdot (C - 1)}{2} - \sum_{i=1}^C \sum_{j=i+1}^C \frac{LR_i}{LR_j}$$

- d) Usar algoritmos genéticos. Donde cada ciudad está representada por tantos bits como sean necesarios para codificar el valor  $C$ , la tira de bits contiene concatenados los bits de todas las ciudades, es decir, representamos en la tira de bits el número del camión que ha de recorrerla. Como operadores utilizamos los operadores habituales de cruce y mutación.

10. La sala de cine “Lo nunca visto” desea realizar una planificación estratégica de las películas a proyectar durante un año (52 semanas) siguiendo varios criterios comerciales. Cada película tiene asociada varias informaciones relevantes para este problema: tipo (infantil/adulto), previsión de beneficio semanal, índice de calidad. La programación anual debe contener al menos un 15 % de películas infantiles y un 40 % de películas para adultos. Se desea maximizar el beneficio anual de proyección de películas, pero sin dejar de lado la calidad. Por este motivo, el índice global de calidad no debe ser inferior a una cota predeterminada ( $Q$ ). En el caso de que una película deba proyectarse más de una semana, dichas semanas deberán ser consecutivas. Las estrategias comerciales exigen que una película no se proyecte más de 8 semanas.

Teniendo en cuenta el escenario descrito, comenta brevemente las diversas propuestas que se describen en los apartados siguientes. Valora si son correctas o no, si son eficientes o no, si son mejores o peores que otras alternativas. Justifica tus respuestas.

- a) Usar un Hill-climbing. Como estado inicial asignamos aleatoriamente una película distinta a cada una de las 52 semanas. Como operador usamos Asignar-película (título, num-semana), que sustituye la película asignada una semana por otra nueva o por alguna de las ya asignadas a otras semanas.
- b) Usar un Hill-climbing. Como estado inicial asignamos dos películas infantiles (4 semanas cada una) y seis películas para adultos (4 semanas cada una), el resto de las semanas se asigna aleatoriamente. Como operador usamos el mismo del apartado a.
- c) Usar un Hill-climbing. Partimos del mismo estado inicial del apartado b con el control adicional de que el índice de calidad no sea inferior a  $Q$ . Al operador de asignación le añadimos como

condiciones de aplicabilidad que mantenga las proporciones mínimas de películas infantiles y para adultos, que ninguna película supere las 8 semanas y que se respete la cota inferior  $Q$ . Como función heurística usaremos  $h1'(n)$ : la suma de la previsión de beneficio semanal para cada película proyectada multiplicada por el número de semanas asignado.

- d) Usar un Hill-climbing. Como heurístico usaremos  $h2'(n)$ :  $h1'(n) +$  suma del índice de calidad de cada película proyectada multiplicado por el número de semanas asignado.
- e) Usar algoritmos genéticos. Cada individuo se representa mediante 52 tiras de bits. La longitud de la tira de bits es suficiente para codificar el número de identificación de todas las películas. Como población inicial se generan  $n$  individuos con los criterios de estado inicial descritos en b y c. Como función de fitness usamos  $h3'(n)$ :  $h1'(n) +$  (suma del índice de calidad de cada película proyectada multiplicado por el número de semanas asignado -  $Q$ ). Como operadores usamos el operador de cruce habitual, pero trabajando siempre con tiras completas de bits (la identificación de una película), es decir, un punto de cruce nunca parte el identificador de una película.

11. Una empresa chocolatera tiene planteado el siguiente problema, desea comercializar una nueva caja de bombones que cumpla cierto conjunto de características: el precio ha de ser el mínimo posible, el beneficio que se obtenga ha de ser el máximo posible, ha de tener un peso limitado (no mas de 500 g, ni menos de 400 g) y ha de estar compuesta de una combinación de los diferentes tipos de bombones que fabrica, estos pertenecen a  $K$  tipos diferentes, cada uno de ellos con un precio, un peso y un beneficio por bombón diferentes. La caja ha de contener no más de  $N$  y no menos de  $M$  bombones de cada tipo.

Una posible solución a éste problema se puede obtener mediante el uso de algoritmos de búsqueda local. En los siguientes apartados se proponen diferentes alternativas para algunos de los elementos necesarios para plantear la búsqueda (solución inicial, operadores, función heurística,...). Comenta muy brevemente la solución que se propone respecto a si es correcta y si es mejor/peor respecto a otras alternativas posibles. Justifica tus respuestas.

- a) Se plantea solucionarlo mediante Hill-climbing utilizando como solución inicial una caja vacía y como operadores añadir y quitar bombones en la caja sin pasar los límites máximo y mínimo de número de bombones. Como función de evaluación de las soluciones la suma de precios de los bombones menos la suma del beneficio de los bombones.
- b) Se plantea solucionarlo mediante Hill-climbing utilizando como solución inicial llenar la caja de bombones de un solo tipo hasta llegar al peso mínimo y como operadores añadir un bombón sin pasar del peso máximo y cambiar un bombón por otro de un tipo distinto. La función de evaluación es la suma del precio de los bombones multiplicada por la suma de los beneficios.
- c) Se plantea solucionarlo mediante Hill-climbing utilizando como solución inicial asignar un número aleatorio de bombones de cada tipo dentro del rango  $[M, N]$ . Como operadores tenemos cambiar un bombón de un tipo por otro de otro tipo siempre que se mantengan las cantidades máximas y mínimas por tipo y no se violen las restricciones de peso. Se plantea utilizar como función de evaluación de las soluciones la suma del beneficio de los bombones de cada tipo que pasa de  $M$  unidades dividida por la suma de precios de los bombones de cada tipo que pasa de  $M$  unidades.
- d) Se plantea utilizar algoritmos genéticos donde la representación de la solución es una tira de bits donde hay  $K \cdot N$  bits donde el bit determina si el bombón está o no en la caja. Las soluciones iniciales se obtienen llenando la caja con  $M$  bombones de cada tipo. Se usan los operadores habituales de cruce y mutación. La función de evaluación es la suma de los precios penalizando la solución con el valor  $+\infty$  cuando el peso está por encima o por debajo de los límites de peso o se violan los límites de número de bombones por tipo.

12. Nos queremos dedicar a revender tiempo de cómputo para cloud computing y para ello hemos montado una empresa que recibe solicitudes para usar ese tiempo. Tenemos un sistema de pre reserva que nos permite saber las solicitudes para un mes completo. Cada petición nos indica un día y hora de inicio y un tiempo de uso en horas, indicando además la prioridad de la petición (de 1 a 3, siendo 1 la mínima prioridad). Una petición ha de ejecutarse completamente, sin interrupciones y usando exclusivamente

una CPU. Nosotros compramos el tiempo de cómputo en una CPU durante un mes a  $M$  y cobramos el tiempo de cómputo a  $prioridad \times P$  por hora, con el compromiso de que si no servimos la petición, ésta se servirá seguro el mes siguiente a solo  $P$  por hora independientemente de su prioridad inicial. Nos planteamos saber cuantas CPUs debemos alquilar nosotros para poder obtener el mayor beneficio posible.

En los siguientes apartados se proponen diferentes alternativas para algunos de los elementos necesarios para plantear la búsqueda (solución inicial, operadores, función heurística,...). Comentar cada apartado indicando si los elementos de la propuesta son correctos, eficientes en coste, mejor/peor que otras alternativas propuestas o si hay alternativas mejores. Justifica tus respuestas.

- a) Se plantea aplicar Hill-climbing, para crear la solución inicial suponemos que necesitamos tantas CPUs como peticiones nos han llegado, de manera que asignamos cada petición a una CPU diferente. Como operador usamos fusionar dos CPUs, que consiste en combinar las peticiones de dos CPUs en una sola eliminando la CPU sobrante. Como función heurística consideraremos que alquilaremos las CPUs en la solución que tengan más del 90 % de ocupación ( $CPU90$ ), por lo tanto minimizaremos la función:

$$h(n) = (N_{CPU} \times M) - \sum_{\forall p_i \in CPU90} prio(p_i) \times P \times long(p_i) + \sum_{\forall p_i \in \overline{CPU90}} 3 \times P \times long(p_i)$$

donde  $N_{CPU}$  es el número de CPUs usadas en la solución,  $CPU90$  es el conjunto de CPUs ocupadas a más del 90 % y  $\overline{CPU90}$  es su conjunto complementario.  $long(p_i)$  es la longitud en horas de la petición.

- b) Se plantea aplicar Hill-climbing, para crear la solución inicial suponemos que necesitamos tantas CPUs como peticiones de prioridad 3 nos han llegado, de manera que asignamos a cada petición de máxima prioridad una CPU diferente y al resto de peticiones les asignamos una CPU ficticia  $CPU_f$ . Como operadores usamos mover una petición de una CPU a otra (si la CPU destino no es la ficticia solo se puede hacer si no hay conflicto con otra petición de la CPU) y eliminar una CPU que no tiene ninguna petición asignada. Como función heurística consideraremos que alquilaremos las CPUs en la solución que no sean la ficticia, por lo tanto minimizaremos la función:

$$h(n) = (N_{CPU} \times M) - \sum_{\forall p_i \notin CPU_f} prio(p_i) \times P \times long(p_i) + \sum_{\forall p_i \in CPU_f} prio(p_i) \times P \times long(p_i)$$

donde  $N_{CPU}$  es el número de CPUs que no son la ficticia,  $CPU_f$  es el conjunto de peticiones que están en la CPU ficticia.

- c) Se plantea usar algoritmos genéticos, como representación escogemos un orden arbitrario y representamos cada petición con un número en binario que es la CPU que tiene asignada, suponemos que ese número es un valor entre el número de peticiones de prioridad 3 y el numero de peticiones total, añadimos un valor adicional para representar una CPU ficticia como en el apartado anterior. Para generar una solución se van generando al azar valores entre los límites mencionados y se asignan consecutivamente a las peticiones de la siguiente manera, con un 50 % de probabilidad se le asigna el valor y con un 50 % de probabilidad se le asigna la CPU ficticia. Utilizamos los operadores habituales de cruce y mutación. La función heurística es la misma que en el apartado anterior.

13. El comité local de la federación de ajedrez necesita establecer un calendario para la competición anual. En una competición hay  $C$  diferentes categorías dependiendo de la edad y del nivel de los jugadores. En cada categoría participan un número  $J_c$  de jugadores, lo cual significa un número  $R_c$  de rondas eliminatorias (obviamente  $\log_2(J_c)$ ). La competición ha de durar un máximo de 15 días, para cada día de competición se disponen de  $F$  franjas horarias, en una franja solo se puede jugar una partida de ajedrez. Obviamente se han de jugar todas las partidas de la competición.

El calendario ha de cumplir un conjunto de restricciones:

- El número de días necesarios para realizar la competición ha de ser el mínimo posible.
- El conjunto de rondas correspondientes a cada categoría se ha de celebrar en el mínimo número de días posible.
- En un día se pueden jugar como máximo  $P$  partidas de una categoría.
- Entre dos partidas de una misma categoría en un mismo día debe haber como mínimo dos franjas horarias de separación y como máximo cinco.
- Debe haber como mínimo un día de separación entre dos rondas de una categoría.

En los siguientes apartados se proponen diferentes alternativas para algunos de los elementos necesarios para plantear la búsqueda (solución inicial, operadores, función heurística,...). Comenta muy brevemente la solución que se propone respecto a si es correcta, eficiente o mejor/peor respecto a otras alternativas posibles. Justifica tus respuestas.

- a) Usar Hill-climbing. Como solución inicial se utiliza el calendario vacío. Como operadores usamos asignar y desasignar una partida de una ronda de una categoría a una franja de un día. Como función heurística usamos el número de días total en los que hay partidas asignadas más la suma del número de días que ocupan las rondas de una categoría.
- b) Usar Hill-climbing. Como solución inicial se usa el calendario resultante de añadir de manera secuencial las competiciones de cada ronda de la primera categoría manteniendo una distancia de cinco franjas horarias entre cada partida, sin superar las  $P$  partidas diarias y manteniendo un día de separación entre cada ronda. Con el mismo procedimiento se van introduciendo las competiciones del resto de categorías. Como operadores utilizamos mover una partida a una franja no ocupada e intercambiar dos partidas. Como función heurística usamos el número de días total en los que hay partidas asignadas, más la suma del número de días que ocupan las rondas de una categoría, más una constante por el número de franjas que separan en un día las partidas de una misma ronda y categoría.
- c) Usar Algoritmos Genéticos. Asignamos a cada partida a jugar un código binario con la longitud necesaria para representarlas todas, añadimos a la codificación un código con todos los bits a cero. Representamos un calendario como una cadena de bits de longitud igual al producto de  $F$  franjas por 15 días por el número de bits necesarios para representar las partidas. Si una franja no tiene una partida asignada contendrá la codificación a cero, si no tendrá el código de una partida.

Para generar la población inicial usamos el método del segundo apartado cambiando el orden en el que escogemos las categorías. Como operadores genéticos usamos solamente el de cruce por un punto, donde el punto de cruce no puede estar en medio de la codificación de una partida. Como función heurística minimizamos el número de franjas vacías entre dos partidas consecutivas.

14. El ministerio de ciencia y tecnología desea saber como hacer la asignación de ayudas a proyectos de investigación de las  $C$  convocatorias de este año. Cada convocatoria de ayudas tiene un presupuesto a repartir entre las peticiones aceptadas. A estas convocatorias los grupos de investigación pueden presentar peticiones (la misma petición puede presentarse a hasta tres convocatorias distintas, pero solo se puede conceder una vez). Una petición tiene un presupuesto solicitado y el ministerio le asigna una prioridad entre 1 y 3 dependiendo del historial del grupo investigador. Hay un total de  $P$  peticiones. El ministerio quiere asignar la mayor cantidad de dinero posible, pero haciendo que globalmente la proporción de grupos con concesiones de ayuda cumpla las siguientes restricciones: como máximo el 30 % de concesiones ha de ser para los grupos de prioridad 2 y como máximo el 10 % para los de prioridad 3. Obviamente la suma de los presupuestos solicitados de las peticiones asignadas a una convocatoria no puede superar el presupuesto de la convocatoria.

En los siguientes apartados se proponen diferentes alternativas para algunos de los elementos necesarios para plantear la búsqueda (solución inicial, operadores, función heurística, ...). El objetivo es comentar la solución que se propone respecto a si es correcta, es eficiente o es mejor respecto a otras alternativas posibles. Justifica las respuestas.

- a) Usar Hill-climbing, tomando como solución inicial la solución vacía, como operadores tenemos asignar una petición a una convocatoria y desasignar una petición de una convocatoria. Como función heurística usamos:

$$h(n) = \sum_{\forall conv_j} \sum_{\forall pet_i \in conv_j} Presupuesto(pet_i) - \sum_{\forall conv_j} Presupuesto(conv_j)$$

donde  $pet_i \in conv_j$  significa que la petición  $i$  ha sido concedida en la convocatoria  $j$ .

- b) Usar Hill-climbing. Para hallar la solución inicial recorreremos todas las convocatorias y asignamos tantas peticiones de prioridad 1 solicitadas a esa convocatoria como podamos, sin exceder su presupuesto. Como operadores utilizamos asignar una petición a una convocatoria, respetando las restricciones de máximos de peticiones concedidas por prioridad, y mover una petición de una convocatoria a otra. Como función heurística usamos:

$$h(n) = \frac{\sum_{\forall conv_j} \sum_{\forall pet_i \in conv_j} Presupuesto(pet_i)}{\sum_{\forall conv_j} Presupuesto(conv_j)}$$

- c) Usar Hill-climbing. Para hallar la solución inicial recorreremos todas las convocatorias y vamos asignando al azar peticiones solicitadas a esa convocatoria sin exceder su presupuesto. Como operadores utilizamos asignar y desasignar una petición a una convocatoria, respetando las restricciones de máximos de peticiones concedidas por prioridad, y mover una petición de una convocatoria a otra. Como función heurística usamos:

$$h(n) = \sum_{\forall conv_j} \left( Presupuesto(conv_j) - \sum_{\forall pet_i \in conv_j} Presupuesto(pet_i) \right)$$

- d) Usar algoritmos genéticos. Codificamos el problema con  $C \times P$  bits donde cada grupo de  $P$  bits corresponde a una convocatoria de manera que un uno significa que la petición ha sido concedida en esa convocatoria. Las soluciones iniciales las generamos utilizando el método del apartado anterior. Como operadores genéticos usamos los operadores habituales de cruce y mutación. Como función heurística usamos:

$$h(n) = C - \sum_{\forall conv_j} \frac{\sum_{\forall pet_i \in conv_j} Presupuesto(pet_i)}{Presupuesto(conv_j)}$$

15. Una empresa constructora especializada en complejos residenciales desea diseñar cada complejo de acuerdo a unos criterios homogéneos. Del total de superficie disponible habrá siempre una zona comunitaria destinada a zona verde y otros servicios comunes. Esta parte tendrá una superficie mínima y una superficie máxima a ocupar del total del complejo. Los chalets a construir son de  $K$  tipos distintos en función de los metros cuadrados que ocupan y su distribución interior. Cada tipo de chalet tiene asociado un precio y un beneficio en la venta. La relación entre precio y beneficio no es lineal. En cada complejo debe haber un mínimo de chalets de cada tipo, por lo que todos los tipos estarán representados. Entre la zona común y los chalets se ocupará toda la superficie disponible. Y como es habitual la empresa desea obtener el máximo beneficio posible, siempre cumpliendo los criterios mencionados y procurando mantener unos precios ajustados.

En los siguientes apartados se proponen diferentes alternativas para algunos de los elementos necesarios para plantear la búsqueda (solución inicial, operadores, función heurística, ...). Comentar cada apartado indicando si se considera correcta, eficiente, mejor que otra, ... Justifica tus respuestas.

- a) Se plantea usar Hill-climbing usando como solución inicial la superficie total destinada a zona comunitaria. Los operadores disponibles serían añadir y quitar chalet. Se plantea como función de evaluación la suma total de precios de todos los chalets menos la suma total de los beneficios.



- b) Se plantea usar Hill-climbing usando como solución inicial una primera asignación del mínimo de chalets de cada tipo y completar con chalets del tipo de tamaño menor hasta dejar libre la superficie máxima destinada a zona comunitaria. Los operadores disponibles serían añadir y quitar chalets controlando que ningún tipo baje de su mínimo y que la superficie destinada a la zona comunitaria se mantenga entre los límites definidos. Se plantea como función de evaluación la suma total de beneficios de todos los chalets que pasan de los mínimos de cada tipo.
  - c) Se plantea usar Hill-climbing usando como solución inicial la asignación de la superficie máxima a la zona comunitaria y ocupando el resto con chalets todos del mismo tipo. Se plantea como función de evaluación la suma total de precios de todos los chalets que pasan de los mínimos de cada tipo menos la suma total de los beneficios de esos mismos chalets.
  - d) Se plantea usar algoritmos genéticos donde la representación de la solución es una tira de bits donde hay  $K \cdot N$  bits, siendo  $K$  el número de tipos distintos y  $N$  el número de chalets del tipo de superficie menor necesarios para cubrir todo el complejo excepto la zona comunitaria mínima. Cada bit indica si el chalet está o no está en la solución. Los operadores a usar son los habituales de cruce y mutación. Se propone como función de evaluación la suma total de precios de todos los chalets menos la suma total de los beneficios. La función valdrá infinito cuando no se cumplan los mínimos (tanto para la zona comunitaria como por tipo de chalet) y/o cuando la superficie ocupada por los chalets no permita cumplir con el mínimo para la zona comunitaria.
16. Tenemos que planificar la topología de interconexión de un conjunto de routers que están distribuidos por el campus nord, de manera que podamos canalizar todo su tráfico hacia el equipo de comunicaciones que lo reenvía a internet. Para cada router sabemos su localización en el campus (supondremos que tenemos un sistema de coordenadas en el que podemos situar cada router) y el ancho de banda del tráfico directo que debe distribuir (el que no le llega de otros routers). También conocemos las coordenadas del equipo de comunicaciones. Cada router puede estar conectado a otro router o al equipo de comunicaciones exterior directamente (la topología ha de ser un árbol). Disponemos de tres tipos de router (tipos A, B y C) capaces de distribuir hasta cierto ancho de banda máximo cada uno. Para distribuir el tráfico directo hay suficiente con un router de tipo A. El coste de cada router es proporcional al tipo (el tipo B cuesta el doble que el A y el C el doble que el B). Para conectar cada router necesitamos instalar un cable de cierta longitud (supondremos que es la distancia euclídea entre las coordenadas de los dos equipos conectados) el coste de este cable es proporcional a la longitud y se multiplica por el coste del tipo del router que envía por ese cable. El coste del equipo de comunicaciones exterior es fijo y no lo tendremos en cuenta.

El objetivo es decidir el tipo de los routers dependiendo del ancho de banda que deben soportar y la forma de interconectarlos, de manera que se que minimice el coste de la instalación.

En los siguientes apartados se proponen diferentes alternativas para algunos de los elementos necesarios para plantear la búsqueda (solución inicial, operadores, función heurística). Hay que comentar la solución que se propone respecto a si es correcta, es eficiente, y es mejor o peor en comparación con otras alternativas. Y hay que justificar todas las respuestas.

- a) Usar Hill climbing. Como solución inicial conectamos directamente todos los routers al equipo de comunicaciones exterior. Como operadores usamos conectar un router a otro y desconectar un router de otro. La función heurística es la suma de los costes de los routers.
- b) Usar Hill climbing. Como solución inicial calculamos el árbol de expansión mínima de los routers y el equipo exterior y asignamos a cada router el tipo C. Como operador usamos cambiar la conexión de un router o equipo exterior a otro. La función heurística es la suma de los costes del cableado.
- c) Usar Hill climbing. Como solución inicial conectamos cada router con el router más cercano y conectamos aleatoriamente uno de los routers al equipo exterior, asignamos a cada router el tipo A. Como operador usamos cambiar la conexión de un router a otro router o equipo exterior por otra distinta si no superamos su capacidad y cambiar el tipo del router. La función heurística es la suma de los costes del cableado más el coste de los routers.

- d) Usamos algoritmos genéticos. Supondremos que los routers y el equipo exterior están numerados consecutivamente, supondremos que para codificar ese número hacen falta  $n$  bits, la codificación es una tira  $r \cdot n$  de bits, donde  $r$  es el número de routers, cada grupo de  $n$  bits corresponden a un router siguiendo el orden de la numeración. Como operadores usamos los operadores de cruce y mutación habituales. La función heurística la suma de los costes de cada cable dividido por el coste del router que envía por él.

17. Una empresa del mundo del espectáculo gestiona los contratos de  $N$  grupos musicales que se dedican a actuar en las fiestas de los pueblos. Cada grupo musical tiene una tarifa por actuación, de la que una parte se la queda el grupo y otra la empresa. Por otro lado, los municipios celebran sus fiestas patronales en unas ciertas fechas y dedican una parte de su presupuesto festivo,  $X$  euros, a pagar las actuaciones de los grupos musicales. El problema es organizar las giras de los grupos de modo que se cubran las peticiones de los pueblos, en total  $P$  actuaciones (puede haber más de una actuación en un pueblo en días consecutivos), sin pasarse del presupuesto municipal, se maximice la recaudación de la empresa y se minimicen los kilómetros que al cabo de la temporada ha de realizar cada grupo. Además, el mismo grupo no puede actuar más de un día en el mismo pueblo y cuando acaban en un pueblo, se van al siguiente en el que tienen actuación.

En los siguientes apartados se proponen diferentes alternativas para algunos de los elementos necesarios para plantear la búsqueda (solución inicial, operadores, función heurística). Hay que comentar la solución que se propone respecto a si es correcta, es eficiente, y es mejor o peor en comparación con otras alternativas. Y hay que justificar todas las respuestas.

- a) Se propone usar Hill-Climbing. La solución de partida coloca, en orden creciente de fecha, un grupo diferente en cada una de las fechas previstas de actuación y cada grupo se asigna una sola vez. El operador disponible es `poner_grupo` y la función heurística es:

$$h'(n) = \frac{\sum_{\forall grupo_i} Kilometros\_recorridos(grupo_i)}{\sum_{\forall grupo_i} Dinero\_recaudado\_empresa(grupo_i)}$$

- b) Se propone usar Hill-Climbing. La solución de partida se calcula de la siguiente manera: se ordenan los grupos en orden decreciente de beneficio para la empresa y se empiezan a asignar siguiendo ese orden a cada una de las fechas disponibles. Si cuando ya se han colocado todos los grupos una vez todavía quedan fechas sin cubrir, se repite el proceso las veces que sea necesario. Se respeta que el mismo grupo no actúe más de una vez en el mismo pueblo. El operador es `intercambiar_grupo` siempre y cuando no suponga que se supera el presupuesto del municipio y se respete una única actuación por grupo en el mismo pueblo. La función heurística es:

$$h'(n) = \sum_{\forall grupo_i} Kilometros\_recorridos(grupo_i) - \sum_{\forall grupo_i} Dinero\_recaudado\_empresa(grupo_i) * 100$$

- c) Usar Algoritmos Genéticos. Se asigna un identificador binario de longitud  $b$  a cada uno de los grupos, la solución se representa como una tira de  $P \times b$  bits. La solución de partida se calcula de la siguiente forma: Se ordenan los grupos en orden decreciente de beneficio, se toma el primer grupo y se le asigna la primera fecha libre sin pasarse del presupuesto del municipio, luego se busca la siguiente fecha libre en la que pueda actuar el mismo grupo, y tal que suponga un desplazamiento mínimo para el grupo y que no supere el presupuesto del municipio, se le asigna el grupo y se repite el proceso hasta que no queden más fechas posibles para ese primer grupo. Se repite exactamente el mismo proceso para los grupos sucesivos hasta que ya no queden fechas por cubrir o no haya más grupos.

Como operadores genéticos se utiliza solamente el operador de cruce, donde los puntos de cruce no pueden ser dentro de la identificación de un grupo. El heurístico es el siguiente:

$$h'(n) = \sum_{\forall grupo_i} Kilometros\_recorridos(grupo_i) \times \frac{Dinero\_cobrado(grupo_i)}{Dinero\_recaudado\_empresa(grupo_i)}$$

18. El canal musical de televisión clásica *XL Recordings* desea realizar una planificación del contenido a transmitir durante un día. Se ha decidido que durante un día se pueden emitir 200 vídeos y quieren poder determinar qué vídeos han de emitirse y en qué orden. La cadena dispone de una videoteca con  $V$  vídeos de entre los que elegir.

Para cada vídeo conocemos los ingresos por publicidad que genera su emisión y la popularidad del grupo musical del vídeo (valor de 1 a 5).

El objetivo de la cadena es maximizar los ingresos por publicidad, evitando que el número de vídeos con cierto valor de popularidad sea superior al 40 %. Para no aburrir a la gente, no debemos emitir ningún vídeo mas de una vez, tampoco debemos poner demasiado juntos los vídeos de la misma popularidad.

En los siguientes apartados se proponen diferentes alternativas para algunos de los elementos necesarios para plantear la búsqueda (solución inicial, operadores, función heurística). Hay que comentar la solución que se propone respecto a si es correcta, es eficiente, y es mejor o peor en comparación con otras alternativas. Y hay que justificar todas las respuestas.

- a) Usar Hill climbing. Como solución inicial elegimos 40 vídeos de cada popularidad y los colocamos aleatoriamente en la secuencia de emisión. Como operador intercambiar el orden de emisión de dos vídeos. Como función heurística usamos

$$h(n) = \sum_{i=1}^{200} \text{IngresosPublicidad}_i$$

Donde  $\text{IngresosPublicidad}_i$  es la cantidad que se ingresa por publicidad con el vídeo  $i$ .

- b) Usar Hill climbing. Como solución inicial elegimos los 200 vídeos que generan mayores ingresos por publicidad. Como operadores usamos cambiar un vídeo de la solución por otro que no este emitido e intercambiar el orden de emisión de dos vídeos.
- c) Usar Hill climbing. Usamos como operador cambiar un vídeo de la solución por otro que no este emitido, como función heurística:

$$h(n) = \sum_{i=1}^{200} f(\text{IngresosPublicidad}_i)$$

donde  $f(\text{IngresosPublicidad}_i)$  vale 0 si el porcentaje de vídeos de la misma popularidad que el vídeo  $i$  supera el 40 % o  $\text{IngresosPublicidad}_i$  en caso contrario.

- d) Usar algoritmos genéticos. Supondremos que hacen falta  $b$  bits para codificar el identificador de un vídeo. Representamos cada individuo como una tira de  $200 \cdot b$  bits. Como población inicial, generar  $n$  individuos escogiendo 200 vídeos aleatoriamente. Como operadores utilizamos solamente el operador de cruce.

19. Se ha de celebrar un congreso multitudinario en la ciudad y los organizadores del evento han de acomodar a los  $A$  asistentes. Disponen de una lista de hoteles y de cada uno de ellos saben:

- A qué distancia se encuentra del lugar de la celebración del congreso,
- Cuantas habitaciones tiene disponibles y
- El precio de la habitación.

Su problema es encontrar una asignación de las  $A$  personas a hoteles de modo que no se supere el número de habitaciones disponibles en el hotel, se minimice la suma de las distancias recorridas por todos los asistentes y se minimice la cantidad de dinero que la organización va a dedicar al pago de las habitaciones.

Una posible solución a éste problema se puede obtener mediante el uso de algoritmos de búsqueda local. En los siguientes apartados se proponen diferentes alternativas para algunos de los elementos necesarios para plantear la búsqueda (solución inicial, operadores, función heurística,...). Comenta muy brevemente la solución que se propone respecto a si es correcta y si es mejor/peor respecto a otras alternativas posibles. Justifica tus respuestas.

- a) Usar Hill Climbing. Como solución inicial se utiliza una estrategia avariciosa poniendo a las personas en los hoteles más baratos hasta colocarlas a todas. Como operador se utiliza mover una persona de un hotel a otro. La función heurística es el producto entre la suma de las distancias recorridas por todas las personas y la suma de los precios de sus habitaciones.
- b) Usar Hill Climbing. Como solución inicial se distribuyen aleatoriamente todas las personas entre los hoteles. Como operador se utiliza mover un grupo de personas de un hotel a otro, moviendo tantas como quepan en el hotel destino. La función heurística es la suma de las distancias recorridas por todas las personas multiplicada por una constante  $D$  más la suma de los precios de sus habitaciones multiplicada por una constante  $P$ .
- c) Usar Hill climbing. Como solución inicial se utiliza una estrategia avariciosa poniendo a las personas en los hoteles con el cociente precio/distancia más bajo. Como operador se utiliza mover un grupo de personas de un hotel a otro, moviendo tantas como quepan en el hotel destino. La función heurística es la suma para todas las personas del producto entre la distancia recorrida por una persona y el precio de su habitación.
- d) Usar algoritmos genéticos. Representaremos la solución como una tira de bits donde asignamos a cada hotel tantos bits como se necesiten para representar el número máximo de personas que caben. La solución inicial se calcula de la misma manera que en el apartado a). Utilizamos los operadores habituales de cruce y mutación. La función heurística es la suma de las distancias de todos los hoteles que tienen alguna persona, dividida por la suma de los precios de las habitaciones de todas las personas.
20. Parques y Jardines ha de decidir qué plantas va a colocar en un parque de  $X$  Ha. En el almacén tienen  $K$  plantas distintas y de cada planta se sabe la superficie que ocupa ( $s$ ) su coste ( $c$ ) la duración esperada de vida ( $v$ ) y su temporada de auge ( $t$ ). Los valores para la temporada de auge son: TT, PV, OI. Se trata de escoger un subconjunto  $C$  (con  $C \lll K$ ) de plantas diferentes que quepa en el parque de modo que se maximice la superficie que ocupan, se minimice el coste, la vida esperada del conjunto sea mayor de  $T$  años y se garantice la siguiente composición:

- de las de temporada=PV ha de haber un 30 % de las  $X$  Ha como mínimo,
- de las de temporada=OI ha de haber un 20 % como mínimo y
- de las de temporada=TT ha de haber un 10 % como mínimo.

La duración esperada de la vida del conjunto ( $vec$ ) se calcula sumando la vida esperada de cada planta y dividiendo el resultado entre el número de plantas involucradas  $j$ , con  $j = |C|$ , es decir:

$$vec = \frac{\sum_{i=1}^j v_i}{j}$$

Una posible solución a este problema se puede obtener mediante el uso de algoritmos de búsqueda local. En los siguientes apartados se proponen diferentes alternativas para algunos de los elementos necesarios para plantear la búsqueda (solución inicial, operadores, ...). Recuerda que el objetivo es minimizar el valor de la función heurística. Comenta muy brevemente la solución propuesta respecto a si es correcta y si es mejor/peor respecto a otras alternativas posibles. Justifica tus respuestas.

- a) Se propone usar Hill-Climbing. La solución de partida contiene la planta que cubre la mayor superficie de todas. El operador disponible es `poner_planta` y la función heurística es

$$h(n) = \sum_{i=1}^j s_i - \sum_{i=1}^j c_i$$

- b) Se propone usar Hill-Climbing. La solución inicial se obtiene escogiendo plantas secuencialmente hasta que no quepan más. Los operadores de cambio de estado son: `quitar_planta`, siempre y cuando la planta a quitar haga que se cubra el porcentaje mínimo para la temporada de esa

planta, y `añadir_planta`, siempre y cuando la superficie total ocupada no supere  $X$  Ha. La función heurística es

$$h(n) = \left( \sum_{i=1}^j \frac{c_i}{s_i} \right) - (T - vec)$$

- c) Se propone usar Hill-Climbing. La solución inicial se construye de la siguiente manera: se forman 3 grupos de plantas, uno por temporada de auge, y se ordena cada grupo en orden creciente de precio. Sobre cada grupo ordenado, se van tomando plantas hasta que se cubre el porcentaje mínimo de superficie para cada una de las temporadas. Finalmente, se agrupan las plantas no colocadas de los 3 grupos y se van poniendo en la solución las más baratas hasta que no quepan más. El operador de transformación es `sustituir_una_por_otra` que quita una planta de la solución y coloca en su lugar otra que no estaba. Para aplicarlo se ha de cumplir que la solución resultante siempre cubra los mínimos de temporada y la superficie total que ocupe no supere  $X$  Ha.

La función heurística es:

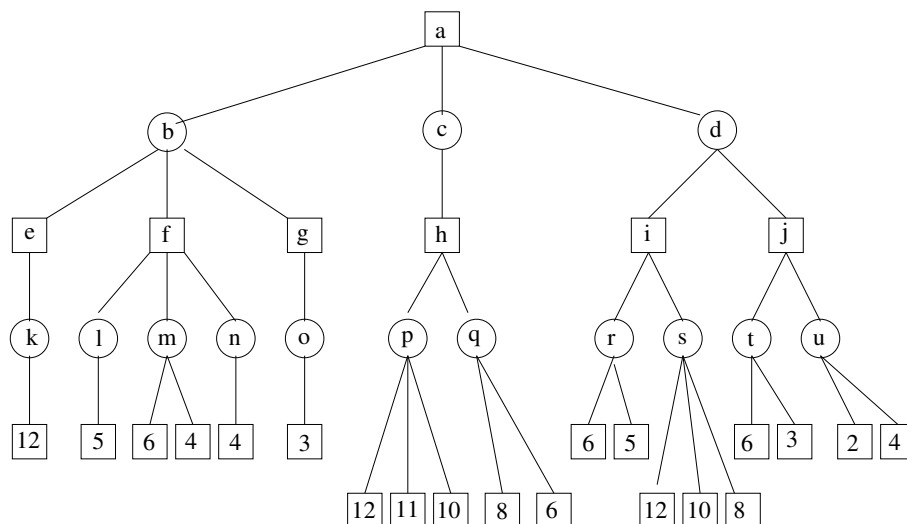
$$h(n) = \left( \sum_{i=1}^j \frac{s_i}{c_i} \right) + (T - vec)$$

- d) Se propone usar un algoritmo genético. Un individuo es una tira de  $K$  bits, y cada bit identifica a una planta. Cada uno de los individuos de la población de partida es una codificación binaria de las diferentes soluciones iniciales que se pueden obtener aplicando el algoritmo propuesto en el apartado c). Como operadores utilizamos los habituales de cruce y mutación. La función de fitness vale  $\infty$  si la superficie ocupada es mayor que  $X$  y en el resto de casos es

$$h(n) = (T - vec) \cdot \left( X - \sum_{i=1}^j \frac{c_i}{s_i} \right)$$

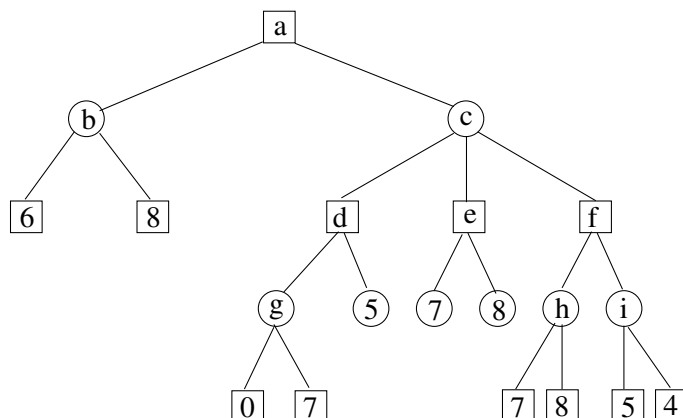


1. La figura següent mostra l'arbre d'un determinat joc, generat fins a una profunditat màxima de 4. Els números que acompanyen als nodes del nivell 4 indiquen el valor de la funció d'avaluació estàtica per cadascun d'ells.

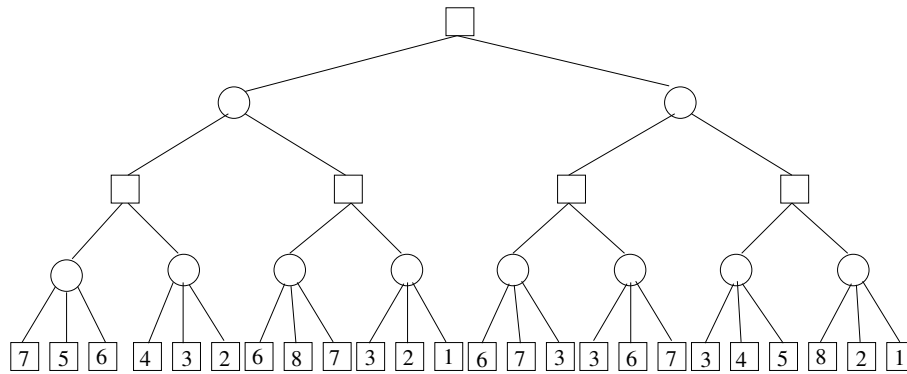


Contesta les següents qüestions:

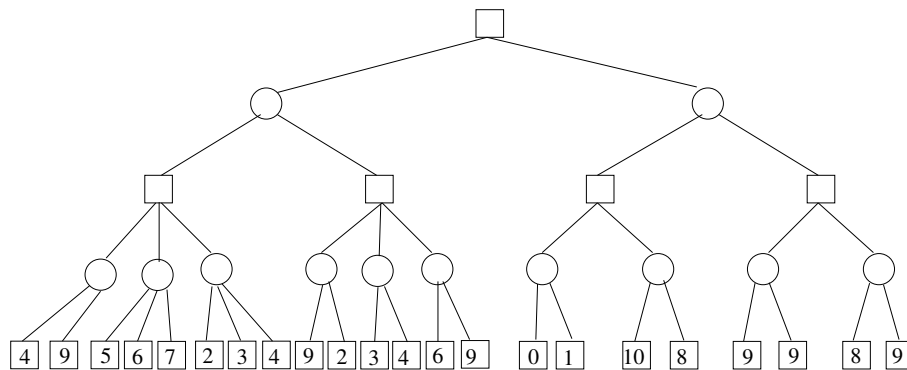
- Seguint el mètode del Minimax, quin seria el valor assignat a cada node de l'arbre?
  - Aplica el mètode Minimax amb poda Alfa-Beta, usant els valors donats a la figura. Mostra el procés seguit, indicant quines són les branques podades i els valors assignats progressivament als nodes (tant els provisionals com el final).
2. Donat aquest arbre on els nodes que mostren un número corresponen a l'avaluació estàtica de l'estat corresponent



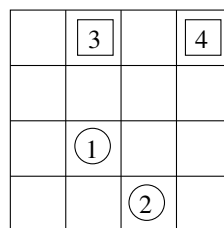
- Apliqueu la poda alfa-beta. Primer d'esquerra a dreta, i després de dreta a esquerra
  - Com canvia el nombre de camins podats? Perquè?
  - Sota quines condicions es podrien ordenar els nodes abans de començar la poda alfa-beta?
3. Aplica el minimax amb poda alfa-beta al següent arbre. Per a cada node explicita l'evolució dels valors alfa i beta. Indica clarament les podes i si es tracta d'una poda alfa o beta.



4. La siguiente figura muestra el árbol de búsqueda de profundidad 4 para un determinado juego para el jugador MAX. Los valores de los nodos terminales indican el valor de la función de evaluación para la posición obtenida en dicho nodo.



- Utiliza el algoritmo Mínimax para decidir qué jugada debe escoger MAX, indicando claramente los valores de la función de evaluación propagados a cada nodo.
  - Repite la exploración del apartado anterior utilizando la poda alfa-beta. Indica claramente la evolución de los valores de alfa y beta y los nodos que se podan.
  - ¿Crees que modificando el orden de generación de nodos podría podarse un mayor número de nodos? Justifica brevemente la respuesta.
5. Donada la següent posició del joc de dames en un tauler de 4 per 4 on nosaltres juguem amb les peces rodones i toca jugar al contrari.



Indica quina seria la valoració que min-max donaria a la jugada del contrari consistent en avançar la peça 3 cap a l'esquerra (en relació a la nostra posició davant el tauler), tenint en compte que:

- la valoració de cada posició es fa sumant peces pròpies i restant peces contràries, en base als següents valors individuals de les peces: 1 peça = 1 punt, 1 dama = 5 punts
- només cal cercar fins a una fondària de 4 jugades (a comptar des de la posició del dibuix). Cal que:
- utilitzis l'algorisme min-max amb poda alfa-beta
- generis els successors d'un estat seleccionant :
- primer les peces etiquetades amb un nombre més baix



- primer el moviment cap a l'esquerra (en relació a la nostra posició davant el tauler).
- dibuixis l'arbre generat indicant, per cada node, l'ordre de visita, el valor min-max calculat, l'evolució dels valors de alfa i beta i els valors propagats a d'altres nodes.

Nota per a aquells que NO saben jugar a dames:

- Moviment: Una peça es pot moure a qualsevol de les caselles adjacents, diagonals del davant (en relació a la posició pròpia davant del tauler).
- Una peça pot matar una peça contrària si aquesta està al davant i pot saltar pel damunt en diagonal (o sigui la posició on va a parar està lliure).
- Coronació: Una peça esdevé dama si es situa en una casella de la darrera fila (en relació a la posició pròpia davant del tauler).
- Moviment de dama: Una dama es pot desplaçar en qualsevol sentit de qualsevol diagonal i en un nombre no restringit de caselles.

6. Supongamos la siguiente posición en un juego de damas en un tablero 4 x 4. Las piezas propias son 1 y 2, las del contrario son 3 y 4. Acabo de jugar y la posición es:

4			
	3		
		2	
			1

Valorar la posición utilizando min-max con profundidad de búsqueda 4 (dos jugadas del contrario y dos propias) a partir de la posición del dibujo. La valoración de una posición se obtiene sumando los puntos de las piezas propias y restando las del adversario. Cada pieza vale 1 punto. Al coronar las piezas se convierten en damas y valen 5 puntos.

El orden de generación de los sucesores es:

- la pieza 1 (3) tiene prioridad sobre la 2 (4)
- Si una pieza tiene más de un movimiento, tiene prioridad el de menor abscisa.

NO se aplicará la regla de la "bufada".

Se pide:

- Utilizar el algoritmo min-max SIN poda dibujando el árbol e indicando para cada nodo el orden de visita y el valor de la posición.
- Hacer lo mismo con el algoritmo min-max CON poda alfa-beta indicando además la evolución de los valores alfa/beta.
- Comparar los resultados, ¿ha habido ahorro en el número de nodos visitados? Nota per a aquells que NO saben jugar a dames veure regles al problema 5.

7. Supongamos la siguiente posición en un juego de damas en un tablero 4 x 4. Las piezas propias son 1 y 2, las del contrario son 3 y 4. Acabo de jugar y la posición es:

4			
	3		
		1	
	2		

Valorar la posición utilizando min-max con profundidad de búsqueda 4 (dos jugadas del contrario y dos propias) a partir de la posición del dibujo. La valoración de una posición se obtiene sumando los puntos de las piezas propias y restando las del adversario. Cada pieza vale 1 punto. Al coronar las piezas se convierten en damas y valen 5 puntos.

El orden de generación de los sucesores es:

- la pieza que pueda comer. Si hubiera más de una, el orden sería (1, 2) o (3, 4)
- la pieza 1 (3) tiene prioridad sobre la 2 (4)
- Si una pieza tiene más de un movimiento, tiene prioridad el de menor abscisa.

NO se aplicará la regla de la "bufada".

Se pide:

- a) Aplicar el algoritmo min-max SIN poda, dibujando el árbol e indicando para cada nodo el orden de visita y el valor de la posición.
  - b) Hacer lo mismo con el algoritmo min-max CON poda alfa-beta indicando además la evolución de los valores alfa/beta.
  - c) Comparar los resultados, ¿ha habido ahorro en el número de nodos visitados? Nota per a aquells que NO saben jugar a dames veure regles al problema 5.
8. Tenemos el tablero que aparece en la figura, en la que el jugador MAX tiene las fichas marcadas como X y el min las fichas marcadas como O. La única ficha que pueden mover los jugadores es la marcada como +. Esta ficha se puede mover hacia la derecha y hacia la izquierda y tiene el efecto de cambiarse con la ficha que ocupa la posición a la que se desplaza y cambiar el signo de esa ficha y de la que pasa a ser su contigua. Por ejemplo, en la configuración XOXO+XOXO, si desplazamos la ficha + hacia la derecha obtenemos la configuración XOXOO+XXO. El objetivo de cada jugador es tener 5 fichas del mismo tipo seguidas.

X	O	X	O	+	X	O	X	O
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Para la evaluación de las configuraciones utilizaremos la siguiente función:

$f'(n) = \text{Suma de los tamaños de los grupos de X mayores que 1} - \text{Suma de los tamaños de los grupos de O mayores que 1}.$

Consideraremos que si la ficha + está entre dos fichas iguales, éstas no forman un grupo. Por ejemplo la evaluación de la configuración XOXOO+XXO sería  $(2 - 2) = 0$ , la evaluación de la configuración XOOOXO+OO sería  $(0 - 3 - 2) = -5$ .

- a) Utiliza el algoritmo minimax con poda alfa-beta para evaluar el primer movimiento que debería hacer el jugador MAX, haz la exploración hasta el nivel 4 (dos jugadas de MAX y dos de MIN). Aplica siempre el mismo orden: primero el movimiento hacia la izquierda y después el movimiento hacia la derecha. Para cada nodo muestra claramente la evolución de los valores alfa y beta. ¿Cuál es el movimiento que debería escoger MAX?
  - b) ¿Cuántos nodos nos ahorramos respecto al uso del algoritmo sin poda?
9. El juego del Othelo se juega en un tablero de NxN como el de la figura y consiste en cubrir todo el tablero con fichas, colocándolas alternativamente, de manera que gane el que más fichas de su color consiga. Las reglas del juego son las siguientes: Para colocar una ficha hay que tener en esa fila, columna o diagonal otra ficha propia que encierre fichas contrarias con la que colocamos. Al colocar la ficha, todas las fichas de color contrario que queden atrapadas entre dos fichas propias cambian su color al nuestro.

El tablero comienza con las fichas que aparecen en la figura.

	N	B	
	B	N	
		B	N

- a) Utiliza el algoritmo de minimax con poda alfa-beta para averiguar qué movimiento deberían hacer las blancas desde la posición inicial. Explora hasta profundidad 2 (un movimiento de las blancas y otro de las negras). Para la evaluación de los estados utiliza la siguiente tabla para asignar valor a cada ficha, el valor de un estado se obtiene sumando los valores de las fichas propias y restando las del contrario.

4	2	2	4
2	1	1	2
2	1	1	2
4	2	2	4

### Orden de generación de sucesores:

Para expandir los nodos supón que el tablero está numerado desde la esquina superior izquierda siguiendo el orden por filas. Expande los nodos siguiendo el orden de esta numeración.

- b) Utiliza el algoritmo MiniMax con poda alfa-beta para averiguar qué movimiento deberían hacer las negras desde la posición escogida por las blancas en el apartado anterior (en caso de empate escoge el primer movimiento que desarrollaste). Explora hasta profundidad 2 (un movimiento de las negras y otro de las blancas). Para la evaluación de las posiciones utiliza la tabla anterior.
10. Tenemos un tablero de 2x2 casillas. A cada casilla le asignamos un valor booleano (cierto/falso). El juego consiste en lo siguiente: dos jugadores se turnan en seleccionar una casilla del tablero. La casilla seleccionada queda eliminada de la partida y modifica el valor de la otra casilla de la misma fila y el valor de la otra casilla de la misma columna. A la casilla de la misma fila se le asigna el resultado de hacer la O lógica entre el valor que contiene y el de la casilla seleccionada. A la casilla de la misma columna se le asigna el resultado de hacer la Y lógica entre el valor que contiene y el de la casilla seleccionada. El juego termina cuando sólo queda una casilla. Empezando moviendo nosotros, ganamos la partida si la última casilla sin seleccionar tiene valor Falso y perdemos si queda con valor Cierto. A partir del siguiente tablero:

C	F
F	C

- a) Aplica el algoritmo MiniMax para decidir qué casilla debemos seleccionar primero.
- b) Repite la exploración aplicando poda alfa-beta.

Orden de generación de sucesores: empieza por la casilla de la esquina superior izquierda y sigue el sentido de las agujas del reloj.

11. El juego del reversi se juega en un tablero de NxN como el de la figura y consiste en cubrir todo el tablero con fichas, colocándolas alternativamente, de manera que gane el que más fichas de su color consiga. Las reglas del juego son las siguientes: Para colocar una ficha hay que tener en esa fila, columna o diagonal otra ficha propia que encierre fichas contrarias con la que colocamos. Al colocar la ficha, todas las fichas de color contrario que queden atrapadas entre dos fichas propias cambian su color al nuestro. El tablero comienza con las fichas que aparecen en la figura.

	N	B	
	B	N	

- a) Utiliza el algoritmo de minimax con poda alfa-beta para averiguar qué movimiento deberían hacer las blancas desde la posición inicial. Explora hasta profundidad 2 (un movimiento de las blancas y otro de las negras). Para la evaluación de los estados utiliza la siguiente tabla para asignar valor a cada ficha, el valor de un estado se obtiene sumando los valores de las fichas propias y restando las del contrario.

4	2	2	4
2	1	1	2
2	1	1	2
4	2	2	4

Orden de generación de sucesores:

Para expandir los nodos supón que el tablero está numerado desde la esquina superior izquierda siguiendo el orden por filas. Expande los nodos siguiendo el orden de esta numeración.

- b) Utiliza el algoritmo MiniMax con poda alfa-beta para averiguar qué movimiento deberían hacer las negras desde la posición escogida por las blancas en el apartado anterior (en caso de empate escoge el primer movimiento que desarrollaste). Explora hasta profundidad 2 (un movimiento de las negras y otro de las blancas). Para la evaluación de las posiciones utiliza la tabla anterior.

12. Tenemos el juego que muestra la figura, que consiste en lo siguiente:

1	2
2	1
1	2
2	1

Cada jugador posee una mitad del tablero, el jugador MAX tiene la mitad superior y el jugador MIN la mitad inferior. Cada jugador escoge en cada turno una de las celdas de su mitad. Cuando se escoge una celda, ésta pasa su valor a sus celdas adyacentes de la siguiente manera: 2 puntos (o 1 si la celda sólo contiene 1) pasan a la celda inferior en el caso de MAX o superior en el caso de MIN, el resto de puntos que queden se reparten, primero un punto a la celda de la izquierda y después un punto a la celda de la derecha, si aun quedan puntos, uno pasa a la celda superior en el caso de MAX o inferior en el caso de MIN. Los puntos que queden se mantienen en la celda elegida. Si se reparten todos los puntos la celda queda con un valor de 0. Se gana cuando se consigue que en la zona del contrario la suma de los valores de las celdas sea igual o superior a 9.

- a) Aplicar el algoritmo minimax con poda alfa-beta dos niveles (una jugada de MAX y otra de MIN) para averiguar cual sería la jugada de MAX a partir de la posición inicial. Para evaluar las posiciones se ha de utilizar la siguiente función:

$V_{\text{posición}} = V_{\text{MAX}} - V_{\text{MIN}}$

$V_{\text{MAX}} = \text{suma de valores de la zona MIN} - \text{suma de diferencias de la zona MAX (valor de celda mayor de } 2 - 2)$

$V_{\text{MIN}} = \text{suma de valores de la zona MAX} - \text{suma de diferencias de la zona MIN (valor de celda mayor de } 2 - 2)$

Por ejemplo:

0	2
3	3
1	0
2	1

$V_{\text{MAX}} = 4 - (1+1) = 2$ ,  $V_{\text{MIN}} = 8 - 0 = 8$ ,  $V_{\text{posición}} = -6$

Para elegir el orden de expansión de los nodos, comenzar por la celda de mayor valor. En caso de empate se escoge la que esté más cerca de la mitad y, en caso de nuevo empate, de izquierda a derecha.

b) A partir de la jugada elegida por MAX, hacer una nueva búsqueda para averiguar cual será la respuesta de MIN.

13. El siguiente juego sobre un tablero 3x4 empieza con las fichas 'X' en la fila 1 y con las fichas 'O' en la fila 4. Un jugador gana cuando consigue colocar todas sus fichas en la fila del contrincante. Dada la siguiente situación del juego, donde le toca jugar al contrincante (fichas 'O'),

	1	2	3
1	X		
2	X		
3	O	X	O
4			O

teniendo en cuenta que:

- Las fichas 'X' avanzan sólo hacia abajo, ya sea en diagonal o en vertical.
- Las fichas 'O' sólo avanzan hacia arriba, de la misma manera.
- Las fichas sólo pueden avanzar una posición en cada turno y siempre a una posición libre. Sin embargo, una ficha puede saltar sobre una o dos fichas contrarias contiguas.

y aplicando los movimientos Estrictamente en el siguiente orden. Selección de fichas: mover primero la ficha más cercana al objetivo que esté más a la izquierda, seleccionar la segunda con el mismo criterio y luego mover la tercera. Orden de selección de movimientos: 1) Saltar. 2) Mover a diagonal izquierda. 3) Mover en vertical. 4) Mover a diagonal derecha.

- a) Aplicar el algoritmo minimax con una profundidad máxima 2 para obtener la valoración de la configuración de la figura. Utiliza la siguiente función de evaluación de estados:  $FAE = V('O') - V('X')$

donde  $V('*')$  es el número de movimientos posibles para las fichas \*. Si no hay posibilidad de movimientos para esas fichas, el valor de  $V('*')$  será  $\infty$ .

- b) Aplicar el algoritmo minimax  $\alpha\beta$  bajo las mismas circunstancias para el mismo propósito.

- c) ¿Cuántos nodos se han podado?

- d) ¿Existe algún orden de aplicación de movimientos diferente al exigido que podría provocar más podas?

14. El siguiente juego sobre un tablero de 3x4 empieza con las fichas 'A' en la fila 1 y con las fichas 'B' en la fila 4. Un jugador gana cuando consigue colocar todas sus fichas en la fila del contrincante. Dada la siguiente situación del juego, donde el contrincante acaba de jugar (fichas 'B'),

	1	2	3
1	A		
2	A	B	A
3			B
4			B

teniendo en cuenta que:

- Las fichas 'A' avanzan sólo hacia abajo, ya sea en diagonal o en vertical.
- Las fichas 'B' sólo avanzan hacia arriba, de la misma manera.
- Las fichas sólo pueden avanzar una posición en cada turno y siempre a una posición libre. Sin embargo, una ficha puede saltar una o dos fichas contrarias contiguas.

y aplicando los movimientos Estrictamente en el siguiente orden. Selección de fichas: mover primero la ficha más cercana al objetivo que esté más a la izquierda, seleccionar la segunda con el mismo criterio y luego mover la tercera. Orden de selección de movimientos: 1) Saltar. 2) Mover a diagonal izquierda. 3) Mover en vertical. 4) Mover a diagonal derecha.

- a) Aplicar el algoritmo minimax con una profundidad máxima 2 para obtener la siguiente jugada a realizar. Utiliza la siguiente función de evaluación de estados:

$$FAE = V('B') - V('A')$$

donde  $V('*)$  es el número de movimientos posibles para las fichas \*. Si no hay posibilidad de movimientos para esas fichas, el valor de  $V('*)$  será  $\infty$ .

- b) Aplicar el algoritmo minimax  $\alpha\beta$  bajo las mismas circunstancias para el mismo propósito. ¿Qué jugada te recomienda ahora?
- c) ¿Cuántos nodos se han podado?
- d) ¿Existe algún orden de aplicación de movimientos diferente al exigido que podría provocar más podas?

15. Tenemos el juego que muestra la figura, que consiste en lo siguiente:

$$1111+1111$$

la única pieza móvil es el + y se puede mover a la derecha o a la izquierda, el efecto que tiene es intercambiarse con el número de la dirección a la que se desplaza y sumar a todas las posiciones que están en el lado del movimiento el número con el que se intercambia. Por ejemplo:

$$1111+1111$$

(Desplazamos + a la izquierda)

$$222+1111$$

(Desplazamos + a la izquierda)

$$44+21111$$

Tomando como referencia todo el tablero y no importando donde está el +, el jugador MAX posee los cuatro números de la izquierda y el MIN los cuatro números de la derecha. Gana el jugador que consigue que sus números sumen más de 50. Aplicar el algoritmo minimax con poda alfa-beta explorando cuatro niveles (dos jugadas de MAX y otras dos de MIN) para averiguar cual sería la jugada de MAX a partir de la posición inicial. Para evaluar las posiciones se ha de utilizar la siguiente función:

$$V_{\text{posición}} = \text{Suma de los números de MAX} - \text{suma de los números de MIN}$$

El orden de expansión es primero los movimientos de la izquierda y después los de la derecha.

16. Una persona está jugando al Conecta-4 en su ordenador. Desde el punto de vista de la máquina, su contrincante es la persona. El juego consta de un tablero de 4 pilas (columnas) de altura 4 (filas). Cada jugador dispone de 8 fichas ('X' para el ordenador y 'O' para la persona). En cada turno de un jugador, éste puede colocar una de sus fichas en una de las 4 pilas siempre y cuando la pila contenga menos de 4 fichas. Una vez colocada una ficha, ésta no se puede volver a mover.

Un jugador gana cuando consigue que 4 de sus fichas queden alineadas en horizontal, en vertical o en diagonal. Suponiendo el siguiente estado del juego en el que le toca jugar al ordenador (X):

O			
X		O	X
X	O	X	O
1	2	3	4

- a) a) ¿Cuál sería el movimiento que haría la máquina si el juego estuviera implementado con un algoritmo minimax de profundidad 2? Representa los pasos seguidos por dicho algoritmo suponiendo que se está utilizando la siguiente FAE:

$$FAE = \text{posibles alineaciones para el ordenador} - \text{posibles alineaciones para la persona}$$

donde una posible alineación significa la existencia de una posibilidad de llegar a conseguir una alineación en lo que queda de juego. Por ejemplo, en el estado dibujado, la persona (O) tiene 4 posibles alineaciones (una en diagonal, una vertical y dos horizontales) mientras que el ordenador (X) tiene dos posibilidades (una en diagonal y una horizontal).

**ORDEN ESTRICTO:** Considera las posibles jugadas recorriendo las columnas de izquierda a derecha.

- b) ¿Cuál sería dicho movimiento si la implementación incorporase podas  $\alpha\beta$  Representa los pasos seguidos por dicho algoritmo de forma separada del apartado (a). Para ello etiqueta con letras mayúsculas (A, ... , Z, AA, ...) cada estado del apartado (a) y utilízalas aquí. ¿Cuántos nodos se han podado?

17. El juego del Nim se juega a partir de varias filas de palillos de las cuales un jugador puede retirar, en un turno, el número que desee de palillos pero de una única fila. El jugador que retira el último palillo pierde.

Podemos representar la configuración de las filas mediante secuencias de enteros. Por ejemplo, (1, 3, 5) indica que hay tres filas con uno, tres y cinco palillos respectivamente.

Se pide:

- a) A partir de la configuración (1, 2, 2), utiliza el algoritmo minimax para averiguar qué movimiento deberíamos realizar primero.
- b) Repite la exploración utilizando la poda alfa-beta. ¿Qué movimiento nos aconseja? ¿Cuántos nodos se han podado?

Orden de generación de sucesores: de izquierda a derecha según el orden indicado en la secuencia de enteros y aplicando todos los movimientos posibles para cada fila antes de pasar a la siguiente. Dentro de cada fila, se comenzará por retirar un palillo, luego dos, y así sucesivamente. Si el estado resultante de la aplicación de un movimiento es una permutación de otro estado hermano anterior, no hay que incluirlo en el árbol (por ejemplo, de (1,2,2) se puede pasar a (1,1,2) y también a (1,2,1), pero este último no se incluirá en el árbol). Estados finales: En el árbol, son estados finales tanto los estados con cero palillos como los estados con un palillo ya que en ambos casos podemos marcar quien es el ganador.

18. Tenemos el tablero que aparece en la figura, en la que el jugador MAX tiene las fichas marcadas como A y el MIN las fichas marcadas como B. Los jugadores pueden mover sus fichas y las del contrario. Los movimientos posibles son dos:

- desplazamiento de una ficha a la casilla libre contigua
- salto de una ficha sobre otra contraria (sólo una) cambiando de signo la ficha contraria, siempre y cuando la siguiente casilla esté libre. Ejemplo: ABA\_BBAB  $\Rightarrow$  A\_BBAB

Restricción: una jugada de desplazamiento no es válida si simplemente está deshaciendo la jugada anterior. Por ejemplo, si un jugador pasa de AB\_BBAB al estado ABB\_BBAB, el otro jugador no puede volver a pasar a AB\_BBAB. El objetivo de cada jugador es tener 4 fichas del mismo tipo estrictamente consecutivas.

A	B	A		B	A	B
---	---	---	--	---	---	---

Para la evaluación de las configuraciones utilizaremos la siguiente función:

$f'(n)$  = tamaño del mayor grupo de As consecutivas - tamaño del mayor grupo de Bs consecutivas.

Ejemplos:

$$f'(ABA\_BAB) = 1 - 1 = 0$$

$$f'(ABB\_BAB) = 1 - 2 = -1$$

- a)* Utiliza el algoritmo minimax con poda alfa-beta para evaluar cual debería ser el primer movimiento del jugador MAX. Haz la exploración hasta el nivel 3 (dos jugadas de MAX y una de MIN). Aplica siempre el mismo orden: movimientos posibles recorriendo el tablero de izquierda a derecha. Para cada nodo muestra claramente la evolución de los valores alfa y beta. ¿Cuál es el movimiento que debería escoger MAX?
- b)* ¿Cuántos nodos nos ahorramos respecto al uso del algoritmo sin poda?



## 5. Satisfacció de restriccions

1. Una empresa de alquiler de vehículos dispone de una flota con las siguientes características:

	Marca	Color	Precio/día
Coche1	Ford	Blanco	30 euros
Coche2	Citroen	Azul	35 euros
Coche3	Mercedes	Gris	60 euros
Coche4	Citroen	Verde	30 euros
Coche5	Seat	Rojo	35 euros
Coche6	Opel	Blanco	35 euros
Coche7	Mercedes	Rojo	35 euros
Coche8	BMW	Negro	60 euros
Coche9	Citroen	Gris	40 euros
Coche10	Seat	Azul	40 euros

La empresa ha recibido la siguiente serie de peticiones que ha de intentar satisfacer:

	Precio/día	Color
Petición1	$\leq 40$ euros	NO Azul
Petición2	$\leq 30$ euros	Azul O Blanco
Petición3	$\leq 60$ euros	NO Gris y NO Negro
Petición4	$\leq 40$ euros	NO Rojo y NO Azul
Petición5	$\leq 60$ euros	Blanco

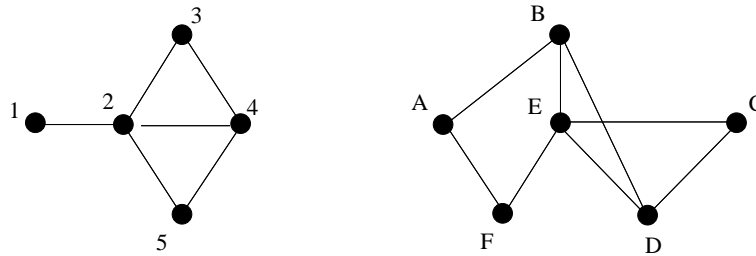
Tenemos la restricción adicional de que no puede haber dos coches de la misma marca. Considera las peticiones como variables, en el mismo orden en que figuran, y los coches de la flota como valores, también en el mismo orden en que se listan.

- Aplica forward-checking para resolver el problema. Desarrolla el proceso hasta el punto en el que encuentres una solución. Indica en cada paso sólo los dominios que se modifican.
  - Aplica backtracking cronológico hasta el segundo backtracking a la variable petición 1.
2. El director de la coral infantil "Veus suaus" tiene que decidir el orden de colocación de los ocho cantores. Debe distribuirlos en dos filas (A, B) de forma que en cada fila queden en orden decreciente de altura, colocando el más alto a la izquierda (posición 1). Además, la altura de cada niño de la fila trasera (A) debe ser superior o igual a la del que tenga delante. Finalmente, no quiere colocar dos hermanos seguidos en la misma fila ni uno delante del otro. La relación de niños y sus alturas es la siguiente:

Nombre	Altura
Esteva Blanco (EB)	1,40
Pedro Costa (PC)	1,60
Ana Costa (AC)	1,50
Juan Costa (JC)	1,30
Oriol Pi (OP)	1,40
María Ruiz (MR)	1,60
Rosa Sánchez (RS)	1,50
Carla Sánchez (CS)	1,30

Considera como variables las posiciones de izquierda a derecha en las filas (A1, A2, A3, A4, B1, B2, B3, B4) y como valores las iniciales de los nombres de los cantores. El orden de recorrido de las variables es el indicado entre paréntesis. El orden de recorrido de los valores es el de la lista anterior.

- a) Aplica forward-checking para resolver este problema. Desarrolla el proceso hasta el punto en el que hay que realizar el primer backtracking a B1.
  - b) Aplica búsqueda en profundidad y backtracking cronológico hasta el primer backtracking a A2.
3. Deseamos utilizar la técnica de satisfacción de restricciones para resolver el problema de comprobar si un grafo está contenido en otro. Dados los dos grafos siguientes:



Deseamos saber si el primer grafo está contenido en el segundo.

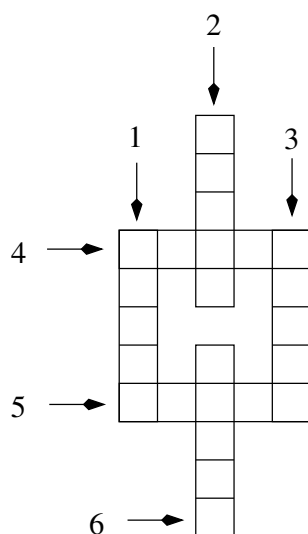
Para resolver el problema debemos asignar a cada nodo del primer grafo un nodo del segundo grafo de manera que las conexiones entre los nodos del primer grafo se respeten en el segundo grafo.

- a) Define los dominios de cada variable (nodos del primer grafo) y aplica las restricciones que creas posibles en cada variable para reducir el número de valores posibles (las que sean evidentes por las características del problema, no apliques arco consistencia).
  - b) Resolver el problema aplicando el algoritmo del forward checking
  - c) Resolver el problema aplicando el algoritmo de backtracking cronológico hasta que la variable 1 tome el valor C
  - d) Si tomamos como variables los nodos del segundo grafo ¿cuales serían los valores de los dominios de estas variables?
4. Dado un vector de cinco posiciones se desea obtener una asignación de letras tal que no haya dos letras consecutivas iguales y que el conjunto sea capicúa.
- Los valores posibles para la posición 1 son A,B,C,D,E.
  - Los valores posibles para las posiciones 2 y 3 son A,B,C.
  - Los valores posibles para la posición 4 son C,D,E.
  - Los valores posibles para la posición 5 son B,C,D,E.

Ejemplos de asignaciones válidas: E-C-A-C-E      D-C-B-C-D

- a) Resolver el problema mediante backtracking cronológico.
  - b) Resolver el problema mediante forward checking.
5. Como cada año, los protagonistas de los más famosos culebrones se reúnen para celebrar la realización de 100 nuevos capítulos de su teleserie. Lamentablemente la rivalidad entre ellos es tal que algunos no se pueden sentar al lado de otros durante la cena de celebración. Nuestros protagonistas son: Carlos Miguel, David Miguel, Carlos David, Juan Miguel, Pedro Miguel, Juan Luis y Juan Carlos. Las restricciones son tales que un Carlos no se puede sentar junto a un Pedro, ni un Juan se puede sentar al lado de otro Juan.

- a) Utiliza el algoritmo de forward checking para dar una solución a la ubicación de estos 7 personajes en una mesa circular (cada comensal sólo tiene dos vecinos, uno a la derecha y otro a la izquierda). Usa para la exploración de los valores el orden en el que están en el enunciado.
- b) Resuelve el mismo problema aplicando el algoritmo de backtracking cronológico.
6. Deseamos resolver el crucigrama de la figura colocando las siguientes palabras: ROLLO, SALVO, SOLAR, ROCAS, OCIOS, SILOS.
- a) Para resolverlo aplica el algoritmo de forward checking utilizando las posiciones para las palabras como variables y las palabras como valores utilizando la numeración para las variables que se indica la figura y explorando las palabras en el orden en que se dan en el enunciado.
- b) Resuelve ahora el problema aplicando el backtracking cronológico.



NOTA: las palabras horizontales se colocan de izquierda a derecha y las palabras verticales de arriba a abajo. No hay palabras escritas al revés.

7. Una petita empresa ha de comprar telèfons mòbils pels seus directius. Han estat mirant preus de companyies telefòniques i es troben amb la següent informació:

Companyia	Tarifa
MultiStaf (MS)	5000
AguaTel (AT)	6000
FunkyTel (FT)	4500
TopeVisión (TV)	3500

Aquesta petita companyia té cinc executius i vol assignar-los un telèfon mòbil a cadascun sota les següents restriccions:

- No pot haver-hi més de dos executius amb la mateixa companyia.
- El cost total de l'assignació de companyies a executius no ha de superar les 21.000 ptes.

Es demana:

- a) Resoldre completament el problema aplicant forward checking.
- b) Desenvolupar l'aplicació del backtracking cronològic fins al punt en que el backtracking ens porta a revisar la primera assignació feta a la segona variable.

NOTA: Per ambdós apartats considereu que els executius es representen per E1, E2, E3, E4 i E5. Els valors possibles són MS, AT, FT, TV i cal considerar-los sempre en aquest ordre.

8. La compañía de aviación “Air Vostrum” debe realizar habitualmente la tarea de configurar la tripulación de los vuelos. El problema actual consiste en organizar parejas de comandante y piloto para cubrir cuatro vuelos: París, Roma, Beijing y Tokio. El personal disponible es:

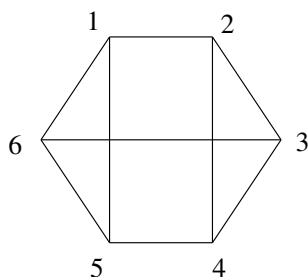
Comandantes			Pilotos		
C1	Pérez	45 años	P1	Asensio	32 años
C2	Benitez	43 años	P2	Martín	35 años
C3	Almansa	40 años	P3	Marín	38 años
C4	Morales	47 años	P4	Casales	40 años

Las normas de la compañía, para vuelos fuera de Europa, impiden que la suma de edades del comandante y el piloto exceda de 75 años. Adicionalmente, los comandantes son muy supersticiosos y no admiten que su piloto tenga como inicial de apellido la misma que ellos. Aplica el algoritmo de forward checking para configurar las cuatro tripulaciones necesarias. Explicita los valores posibles de cada variable en cada paso. Utiliza variables y valores en el orden en que aparecen en el enunciado.

9. El senyors Grífol tenen el problema habitual de cada Nadal i que consisteix en comprar regals per als seus nebots/nebodes. Han de comprar regals per als germans Joan i Maria, per als germans Pere, Ana i Oriol i per en Ramon i en Xavier, ambdós fills únics. Han decidit que compraran dos jocs iguals d'escacs, docs jocs iguals d'experiments de química i tres llibres didàctics iguals. Per a repartir aquests regals entre els nebots han de tenir en compte que, per raons òbvies, no poden donar el mateix regal entre germans, que ni el Joan ni el Xavier poden tenir el mateix regal que l'Oriol i que el Ramon no pot tenir el mateix regal que l'Ana.

NOTA: Utilitza els noms dels nebots en l'ordre en que apareixen a l'enunciat. Els regals s'identifiquen per E1, E2, Q1, Q2, L1, L2, L3 i també cal respectar aquest ordre.

- Dibuixa el graf de restriccions entre les variables.
  - Resol el problema aplicant forward checking. Indica clarament a l'inici i a cada pas el domini de les variables.
  - Inicia el procés de resolució aplicant cerca en profunditat i backtracking cronològic. Desenvolupa el procés fins al moment en que es produeix el segon backtracking cap a Oriol.
  - Creus que el backtracking cronològic trobarà la solució? Justifica la resposta.
10. Una empresa de telefonía móvil quiere colocar seis antenas en una ciudad cuyas posibles ubicaciones están reflejadas por este grafo:



Donde cada arco indica que existe visión directa entre dos posiciones. Las antenas tienen las características siguientes:

Antena	Frecuencia	Potencia
A	20 GHz	1 Mw
B	1.8 GHz	2 Mw
C	20 GHz	3 Mw
D	1.8 GHz	1 Mw
E	20 GHz	1 Mw
F	1.8 GHz	2 Mw

Las restricciones de colocación de las antenas son las siguientes: No se pueden colocar dos antenas consecutivas de la misma frecuencia. No puede haber dos antenas con visibilidad directa cuya suma de potencia sea superior a 4 Mw.

- a) Considerando las posiciones de las antenas como variables y las antenas como los dominios de estas variables, utiliza el algoritmo del forward checking para buscar una solución a la colocación de las antenas usando para la exploración el orden en el que aparecen las posiciones y las antenas en el enunciado. Desarrolla el algoritmo hasta el primer backtracking a la primera variable.
- b) Desarrolla el algoritmo de backtracking cronológico hasta el punto en que deba realizarse el primer backtracking. Para cada asignación que falle indica brevemente el motivo.

11. El responsable del periódico "Noticias frescas" debe confeccionar la primera página de la edición de mañana que consta de cuatro posiciones tal como se ve en la figura

Noticias Frescas 8-junio-2002	
P1	P2
P3	P4

Dispone de siete noticias con las siguientes características:

	Ámbito	Tema
N1:	Nacional	Política
N2:	Nacional	Sucesos
N3:	Internacional	Política
N4:	Nacional	Deportes
N5:	Nacional	Política
N6:	Internacional	Sociedad
N7:	Internacional	Sucesos

Las normas de redacción del periódico imponen las siguientes restricciones:

- Una noticia internacional sólo puede estar en una posición inferior (P3 o P4) si la de justo encima es también internacional.
- Sólo puede haber dos noticias del mismo tema si están en diagonal.
- Una noticia de política y otra de sucesos no pueden estar en la misma horizontal.

Considerando las variables P1..P4 y los valores N1..N7 y respetando el orden numérico, se pide:

- a) resolver el problema de la confección de la primera página aplicando forward-checking
- b) resolver el mismo problema mediante backtracking cronológico.

12. Dos cadenas de televisión desean coordinar sus franjas horarias de manera que el telespectador tenga más donde elegir. Supondremos que cada cadena divide su horario en cuatro franjas, y que en cada franja podemos tener uno de estos tres tipos de programa: Fútbol, Concurso o Película. Tenemos como restricciones:

- No puede haber simultáneamente el mismo tipo de programa en las dos cadenas.
- No puede haber en una misma cadena dos programas seguidos del mismo tipo.

- No puede haber en total más de dos partidos de fútbol o concursos.

Utilizando las franjas horarias como variables y siguiendo el orden: Fr1.1, Fr1.2, Fr1.3, Fr1.4, Fr2.1, Fr2.2, Fr2.3, Fr2.4 (donde el primer número es la cadena y el segundo la franja horaria) y usando para los valores posibles el orden fútbol, concurso, película, utiliza el algoritmo de forward checking para encontrar una solución a este problema.

13. Deseamos construir un circuito ubicando los componentes de manera que las distancias que los componentes permitan su correcto funcionamiento. El circuito sobre el que queremos trabajar es una cuadrícula de 3x3, de manera que cada componente tiene asignado unas coordenadas.

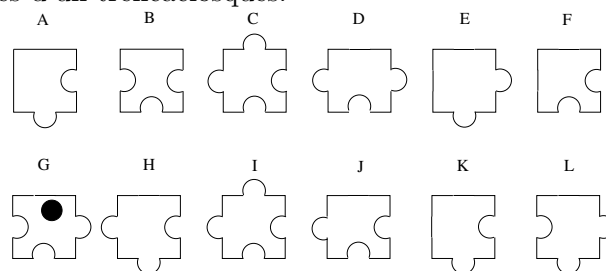
Tenemos que ubicar 4 componentes (A,B,C,D), las restricciones entre ellos son:

- La distancia entre el componente A y B ha de ser mayor o igual a 2
- La distancia entre el componente A y C ha de ser 1
- La distancia entre el componente B y C ha de ser 2
- La distancia entre el componente B y D ha de ser 1
- La distancia entre el componente C y D ha de ser 1

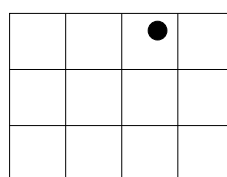
Para calcular la distancia entre dos componentes se usa la función:  $d(a,b)=|ax-bx|+|ay-by|-1$ , donde  $ax$  es el valor de la coordenada  $x$  del componente  $a$ ,  $ay$  es el valor de la coordenada  $y$  del componente  $a$ , ídem para el componente  $b$ . Considera los componentes como variables y las componentes como los valores de estas variables. Como orden de exploración, empieza por la esquina superior izquierda y sigue el orden de izquierda a derecha y de arriba a abajo.

- Utiliza el algoritmo de forward checking para explorar el problema hasta llegar al tercer valor de la variable A
- Utiliza el algoritmo de backtracking cronológico para explorar el problema hasta el primer backtracking a la variable B
- ¿Se puede simplificar el primer problema eliminando valores del dominio de las variables propagando las restricciones? ¿Porqué?
- ¿Se puede aprovechar alguna característica del problema para simplificarlo y probar menos valores en la búsqueda?
- En muchas ocasiones se pueden intercambiar variables y valores en los problemas de satisfacción de restricciones. ¿Cuáles serían los dominios de valores si usáramos como variables las posiciones en lugar de los componentes?

14. Tenim les següents peces d'un trencaclosques:



Les 12 peces han de formar la següent imatge:



Fent servir les següents posicions del trencaclosques com a variables i les peces com a valors (poden efectuar-se rotacions sobre les peces, excepte per la C i la I) :

1	2	3	4
10	11	12	5
9	8	7	6

el domini de cada variable queda inicialment restringit, donades les característiques del puzzle.

- Utilitza backtracking cronològic per completar el trencaclosques.
- Fes-ho ara amb forward checking.

**NOTA:** En ambdós casos, feu servir l'ordre numèric per les variables i l'ordre alfabètic pels valors. Deixa clar quins són els passos donats !!

- Una empresa de consultoria tiene que organizar el trabajo de tres proyectos durante tres días y dispone de cuatro consultores para llevarlos a cabo. Cada consultor puede dedicar un conjunto de horas a cada proyecto, este conjunto de horas está dividido en fracciones (un consultor sólo tiene dos fracciones de dedicación al día), las horas de cada consultor en cada fracción de dedicación son las siguientes:

Consultor	Disponibilidad
C1	2.5
C2	4
C3	3
C4	1.5

Existen las siguientes restricciones de asignación:

- Un consultor no puede trabajar dos días seguidos en el mismo proyecto
- Un consultor sólo puede dedicar dos fracciones de dedicación al día
- El número total de horas dedicadas a un proyecto ha de ser inferior o igual a 8
- Todos los días ha de haber algún consultor asignado a un proyecto

Utilizar los proyectos combinados con los días como variables, asignando valores para todos los proyectos para el primer día, para el segundo día y para el tercer día (P1d1, P2d1, P3d1, P1d2, ...), usa los consultores como valores (C1-C4)

- Resolver el problema aplicando forward checking. En cada paso indica solamente las variables en las que hay algún cambio en su dominio.
- Describe que otras maneras hay de escoger variables y valores para hacer la exploración y que ventajas o inconvenientes tienen.

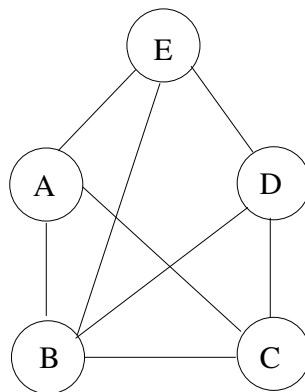
- El club de natació “Dofins mulars” ha d’inscriure per a les properes competicions dos equips de relleus (A i B). Els nedadors a inscriure (amb les seves corresponents edats) són: Manel(10), Oriol(10), Adrià(11), Enric(11), Xavier(12), Pere(12), Joan(13) i Ramon(13). Cada equip està format per quatre nedadors. L’entrenador ha de tenir en compte les següents restriccions:

- La suma d’edats de cada equip no pot ser superior a 46.
- No poden haver-hi en el mateix equip dos nedadors de 10 anys.
- No poden haver-hi en el mateix equip dos nedadors de 13 anys.
- El Pere i el Joan no poden estar en el mateix equip.
- En Xavier i l’Adrià no poden estar en el mateix equip.

Considera els nedadors com les variables del problema i tracta-les en l’ordre en que apareixen els noms a l’enunciat.

- a) Representa les restriccions de la 2 a la 5 mitjançant un graf.
- b) Resol el problema aplicant forward checking. Indica a cada pas només els dominis que es modifiquen. Quan correspongui, indica breument per què cal assignar un nou valor o fer backtracking.
- c) Resol el problema aplicant cerca en profunditat amb backtracking cronològic.
17. Dado el siguiente grafo de restricciones donde cada restricción es una condición de desigualdad y los siguientes dominios para las variables:

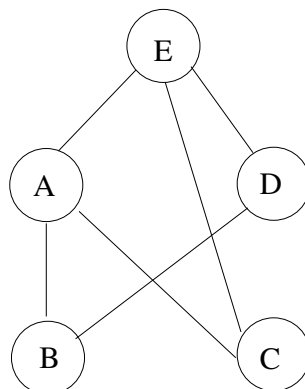
$A=\{1,2,3\}$   
 $B=\{1,2\}$   
 $C=\{2,3\}$   
 $D=\{2,3\}$   
 $E=\{1,2,3\}$



Haz la ejecución del backtracking cronológico hasta el primer backtracking a la variable A y del forward checking hasta encontrar la primera solución

18. Dado el siguiente grafo de restricciones donde cada restricción es una condición de desigualdad y los siguientes dominios para las variables:

$A=\{1,2\}$   
 $B=\{2,3\}$   
 $C=\{1,3\}$   
 $D=\{2,3\}$   
 $E=\{1,3\}$

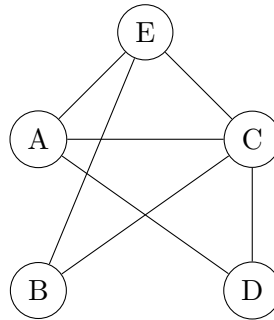


Haz la ejecución del forward checking hasta encontrar la primera solución

19. Dado el siguiente grafo de restricciones donde cada restricción es una condición de desigualdad y los siguientes dominios para las variables:



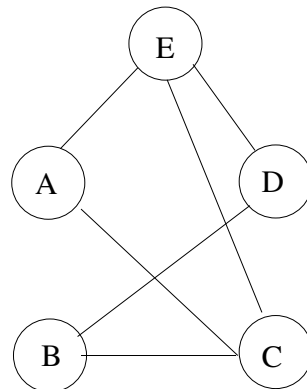
$$\begin{aligned} A &= \{1, 2\} \\ B &= \{2, 3\} \\ C &= \{1, 2\} \\ D &= \{1, 2, 3\} \\ E &= \{1, 2, 3\} \end{aligned}$$



Haz la ejecución del forward checking hasta encontrar la primera solución

20. Dado el siguiente grafo de restricciones donde cada restricción es una condición de desigualdad y los siguientes dominios para las variables:

$$\begin{aligned} A &= \{1, 2\} \\ B &= \{1, 3\} \\ C &= \{1, 2\} \\ D &= \{1, 3\} \\ E &= \{1, 2\} \end{aligned}$$



Haz la ejecución del forward checking hasta encontrar la primera solución



## 6. Representació del Coneixement: Sistemes de producció

- Utilitzant les regles i fets que apareixen a continuació, mostreu com un sistema de producció amb encadenament cap enrera (seguint una estratègia seqüencial en la selecció tant de fets i regles com d'objectius), intentaria demostrar  $R(a)$ .

Base de hechos		Base de reglas
F1. $P(b)$	F5. $S(d,b)$	R1. $P(x) \wedge P(y) \wedge S(x,y) \rightarrow R(y)$
F2. $U(b)$	F6. $Q(a,c)$	R2. $U(x) \wedge T(y) \rightarrow Q(x,y)$
F3. $Q(c,d)$		R3. $Q(x,y) \rightarrow S(y,x)$
F4. $P(a)$		R4. $S(z,x) \wedge S(z,y) \rightarrow Q(x,y)$

- Donades les següents bases de regles i de fets:

Base de hechos		Base de reglas
F1. $P(b)$	F4. $P(c)$	R1. $S(x,y) \rightarrow Q(y,x)$
F2. $S(a,b)$	F5. $Q(a,d)$	R2. $Q(x,z) \wedge Q(z,y) \rightarrow S(x,y)$
F3. $Q(a,c)$		R3. $P(x) \wedge P(y) \wedge Q(x,y) \rightarrow R(x)$

- Seguint encadenament cap endavant, mostreu com un sistema de producció amb estratègia seqüencial en la selecció de les regles arribaria a  $R(c)$ .
  - Fer el mateix considerant que el criteri de resolució de conflictes escull la regla amb més condicions.
- Considera la siguiente base de hechos (donde cada hecho viene acompañado por el momento de su creación) y la siguiente base de reglas:

Base de hechos		Base de reglas
H1. $A(e)$	H4. $P(n)$	R1. $A(x) \wedge A(y) \wedge C(x,y) \rightarrow L(x,y)$
H2. $D(e)$	H5. $A(s)$	R2. $L(x,y) \wedge L(y,z) \rightarrow L(x,z)$
H3. $A(n)$	H6. $C(n,s)$	R3. $D(x) \wedge P(y) \rightarrow C(x,y)$

- Considera el objetivo  $L(e,s)$  y comprueba si es deducible aplicando razonamiento hacia atrás. Utiliza la estrategia de resolución de conflictos: 1º) subobjetivo más reciente, 2º) primer subobjetivo por la izquierda, 3º) regla más específica 4º) hechos en secuencia. Indica claramente para cada iteración el conjunto conflicto, la selección realizada y el resultado de la aplicación de la regla.
  - Considera ahora el objetivo  $L(n,e)$  y comprueba si es deducible aplicando razonamiento hacia delante. Utiliza la estrategia de resolución de conflictos: 1º) regla más general, 2º) instanciación más antigua, 3º) hecho más antiguo en la primera condición. Indica claramente en cada iteración el conjunto de conflicto, la selección realizada y el resultado de la aplicación de la regla. ¿Una estrategia distinta daría mejores resultados?
- Tenemos la siguiente base de reglas y la siguiente base de hechos:

Base de hechos		Base de reglas
H1. $P(a)$		R1. $P(x) \wedge R(y) \rightarrow Q(x,y)$
H2. $P(b)$		R2. $Q(x,y) \rightarrow Q(y,x)$
H3. $R(a)$		R3. $P(x) \wedge P(y) \rightarrow R(y)$
		R4. $Q(x,y) \wedge R(y) \rightarrow P(x)$

- a) Realiza los 4 primeros pasos del razonamiento hacia delante con la estrategia de resolución de conflictos 1) primera regla en secuencia 2) instanciación con hechos más antiguos 3) condición de más a la izquierda con hecho más antiguo. Especifica claramente para cada iteración el conjunto de conflicto, la selección realizada y el resultado de la aplicación de la regla
- b) Realiza los 4 primeros pasos del razonamiento hacia delante con la estrategia de resolución de conflictos 1) regla más específica 2) instanciación con hechos más recientes 3) condición de más a la izquierda con hecho más reciente. Especifica claramente para cada iteración el conjunto de conflicto, la selección realizada y el resultado de la aplicación de la regla
- c) Realiza los 4 primeros pasos del razonamiento hacia delante con la estrategia de resolución de conflictos 1) regla más general 2) instanciación con hechos más antiguos 3) condición de más a la izquierda con hecho más antiguo. Especifica claramente para cada iteración el conjunto de conflicto, la selección realizada y el resultado de la aplicación de la regla
- d) Realiza los 10 primeros pasos del razonamiento hacia atrás para resolver el objetivo  $Q(b,c)$  utilizando como estrategia de resolución de conflictos 1) Objetivos en secuencia 2) reglas en secuencia 3) hechos más recientes. Especifica claramente para cada iteración el objetivo, el conjunto de conflicto, la selección realizada y el resultado de la aplicación de la regla

5. Tenemos la siguiente base de reglas y la siguiente base de hechos:

Base de hechos	Base de reglas
H1. $P(a,c)$	R1. $P(x,y) \wedge R(y) \rightarrow Q(x)$
H2. $Q(c)$	R2. $Q(x) \rightarrow R(x)$
H3. $R(d)$	R3. $Q(x) \rightarrow P(x,y)$
H4. $P(c,d)$	R4. $Q(x) \wedge P(x,y) \rightarrow R(y)$
	R5. $P(x,y) \wedge P(y,z) \rightarrow R(y)$

- a) Realiza los 5 primeros pasos del razonamiento hacia delante con la estrategia de resolución de conflictos 1) primera regla en secuencia 2) instanciación con hechos más recientes 3) condición de mas a la izquierda con hecho más antiguo. Especifica claramente para cada iteración el conjunto de conflicto, la selección realizada y el resultado de la aplicación de la regla
- b) Realiza los 5 primeros pasos del razonamiento hacia delante con la estrategia de resolución de conflictos 1) regla más específica 2) instanciación con hechos más antiguos 3) condición de mas a la izquierda con hecho más antiguo 4) primera regla en secuencia. Especifica claramente para cada iteración el conjunto de conflicto, la selección realizada y el resultado de la aplicación de la regla
- c) Realiza los 5 primeros pasos del razonamiento hacia delante con la estrategia de resolución de conflictos 1) regla más general 2) instanciación con hechos más recientes 3) condición de mas a la izquierda con hecho más recientes 4) primera regla en secuencia. Especifica claramente para cada iteración el conjunto de conflicto, la selección realizada y el resultado de la aplicación de la regla
- d) Realiza la traza del razonamiento hacia atrás para intentar resolver el objetivo  $R(b)$  utilizando como estrategia de resolución de conflictos 1) objetivos en secuencia 2) hechos mas recientes 3) regla más general 4) primera regla en secuencia. Especifica claramente para cada iteración el objetivo, el conjunto de conflicto, la selección realizada y el resultado de la aplicación de la regla

6. Dados la siguiente base de hechos (cada hecho viene precedido por el tiempo en que ha sido establecido) y base de reglas:

Base de hechos	Base de reglas
H1. $P(a)$	R1. $P(a) \wedge Q(e) \rightarrow Q(b)$
H2. $Q(c)$	R2. $P(c) \wedge R(x) \wedge (x < 15) \wedge (y = x - 5) \rightarrow R(y)$
H3. $R(10)$	R3. $Q(b) \wedge R(x) \wedge (x < 5) \rightarrow S(e)$
H4. $P(c)$	R4. $Q(x) \rightarrow Q(e)$

- a) Dado el objetivo  $S(e)$  y suponiendo un mecanismo de razonamiento hacia delante con estrategia de resolución de conflictos: 1º) regla más específica y 2º) instanciación más reciente,
- 1) Indica las 3 primeras iteraciones en la aplicación de las reglas, mostrando para cada una de ellas el conjunto de conflictos, la selección realizada y el resultado de la aplicación.
  - 2) Si detectas algún problema, propón alguna solución.
- b) Dado el objetivo  $R(0)$  y suponiendo un mecanismo de encadenamiento hacia atrás con estrategia de resolución de conflictos: 1º) regla más específica, 2º) subobjetivo más simple y 3º) hechos más antiguos,
- 1) Indica las 3 primeras iteraciones mostrando para cada una de ellas el conjunto de conflictos, la selección realizada y el resultado de la aplicación.
  - 2) ¿Qué pasaría si el objetivo fuera  $R(20)$ ?
7. Supposeu que tenim la següent de fets (fets precedits per l'identificador temporal del moment de creació) i Base de regles:

Base de hechos	Base de reglas
F1. $P(a)$	R1. $P(x) \wedge C(x,y) \rightarrow S(x)$
F2. $Q(c)$	R2. $S(x) \wedge C(x,y) \rightarrow R(x)$
F3. $S(a)$	R3. $S(x) \rightarrow C(y,x)$
F4. $P(c)$	R4. $P(x) \rightarrow C(x,y)$

- a) Donat l'objectiu  $C(a,x)$  i suposant estratègia de raonament cap endavant amb els criteris de resolució de conflictes: 1er.) regla més específica i 2n.) instanciació més recent, mostra les quatre primeres iteracions d'aplicació de les regles. Mostra explícitament cadascun dels conjunts de conflictes que hi ha, la regla finalment seleccionada a cada pas i el resultat d'aplicar-la.
- b) Donat l'objectiu  $(C(x,b) \wedge R(a))$  i suposant estratègia de raonament cap enrera amb criteris de resolució de conflictes: 1er.) subobjectiu (predicat) amb menys paràmetres i 2n.) ordre seqüencial de les regles, mostra les cinc primeres iteracions d'aplicació de les regles. Mostra explícitament cadascun dels conjunts de conflictes que hi ha, els subobjectius pendents a cada iteració, la regla finalment seleccionada a cada pas i el resultat d'aplicar-la.
8. Es frecuente encontrar en las secciones de pasatiempos de los periódicos cosas como "dado un número, normalmente alto, ¿cómo puede expresarse a través de una expresión aritmética sobre un conjunto de números básico?". Este ejercicio se basa en la misma idea: Considerése el siguiente conjunto de hechos y reglas:

Base de hechos	Base de reglas
H1. $par(0)$	R1. $par(x) \rightarrow par(x+2)$
H2. $num(1)$	R2. $par(x) \wedge x > 0 \rightarrow par(x-2)$
H3. $num(17)$	R3. $num(x) \wedge num(y) \rightarrow num(x+y)$
	R4. $num(x) \wedge num(y) \rightarrow num(x*x)$
	R5. $num(x) \wedge par(x) \rightarrow num(x/2)$
	R6. $num(x) \rightarrow num(x*x)$
	R7. $num(x) \wedge num(y) \wedge x > y \rightarrow num(x-y)$

Suponemos que los valores que pueden recibir las variables son números naturales menores que 100. El objetivo es  $num(9)$ . Se pide:

- a) Considerar un sistema de razonamiento dirigido por hechos en el que la resolución de conflictos se lleve a cabo de acuerdo a los siguientes criterios:
- 1) Tendrá prioridad la regla más compleja.

- 2) A igualdad de a) tendrá prioridad la instanciación con hechos más antiguos en sus premisas, considerando las condiciones de las premisas de izquierda a derecha.
- 3) A igualdad de b) tendrá prioridad la primera regla en secuencia.

Efectuar las 3 primeras iteraciones del proceso detallando en cada iteración explícitamente y completamente el conjunto de conflicto, la regla escogida y el resultado de su aplicación.

- b) ¿Se ha llegado a la solución? En caso contrario, a la vista de como se van aplicando las reglas, realizar una estimación razonada de en cuántas iteraciones se llegaría a la solución (obviamente sin necesidad de efectuar la traza de las iteraciones).
- c) Suponiendo que el coste de aplicación de cada regla fuera 1, ¿se llegaría a una solución óptima (de coste mínimo)?
- d) Considerar ahora un sistema de razonamiento dirigido por objetivos en el que la resolución de conflictos se lleve a cabo de acuerdo a los siguientes criterios:
  - 1) El primer objetivo en secuencia
  - 2) La regla más simple
  - 3) La última regla en secuencia

Efectuar las 3 primeras iteraciones del proceso detallando en cada iteración explícitamente el conjunto de conflicto, el objetivo a resolver, la regla escogida y el resultado de su aplicación.

- e) ¿Se ha llegado a la solución? En caso contrario, justificar si continuando el procedimiento se llegaría a una solución óptima. ¿Qué conclusiones se pueden extraer de las dos estrategias presentadas? ¿Qué estrategia se podría utilizar para garantizar que la solución obtenida fuera óptima?

9. Dadas las siguientes bases de hechos y de conocimientos aritméticos:

Base de hechos	Base de reglas
H1. num(13)	R1. $\text{num}(x) \wedge \text{num}(y) \wedge \text{divexacta}(x,y) \rightarrow \text{múltiplo}(x,y)$
H2. num(4)	R2. $\text{num}(x) \wedge \text{divexacta}(x,2) \rightarrow \text{par}(x)$
H3. num(2)	R3. $\text{num}(x) \wedge \text{no divexacta}(x,2) \rightarrow \text{impar}(x)$
H4. divexacta(4,2)	R4. $\text{par}(x) \wedge (x > 2) \rightarrow \text{par}(x-2)$
H5. divexacta(2,2)	R5. $\text{par}(x) \rightarrow \text{par}(x+2)$
	R6. $\text{num}(x) \wedge \text{múltiplo}(x,2) \rightarrow \text{par}(x)$
	R7. $\text{par}(x) \wedge \text{impar}(y) \rightarrow \text{impar}(x+y)$

Divexacta(x,y) expresa que x dividido por y da resto cero.

Múltiplo(x,y) expresa que x es múltiplo de y.

- a) Aplica razonamiento hacia delante y realiza las cinco primeras iteraciones. En cada iteración indica el conjunto conflicto, la selección realizada y el resultado de la aplicación de la regla. Estrategia de resolución de conflictos: 1) Regla con más condiciones, 2) Instanciación más reciente, 3) Instanciación con hecho más antiguo que satisfaga la primera condición.
- b) Considera el objetivo impar(17) y comprueba si es deducible aplicando razonamiento hacia atrás. Expresa claramente, ya sea mediante árbol o por pasos, para cada iteración el conjunto conflicto, la selección realizada y el resultado. Aplica una estrategia secuencial para la selección de subobjetivos y como estrategia de resolución de conflictos aplica: 1º) selección secuencial de reglas, 2º) preferencia a hechos más recientes.

10. Dadas las siguientes bases de hechos y de conocimientos relativos a personas y concesiones de créditos bancarios:

Base de Hechos	
H1. cliente(P)	H8. salario(P,100.000)
H2. cliente(Q)	H9. posee(R,C1)
H3. cliente(R)	H10. valor(C1,600.000)
H4. pariente(Q,R)	H11. trabajador(S)
H5. rico(Q)	H12. salario(S,200.000)
H6. trabajador(P)	H13. posee(S,C2)
H7. especial(R)	H14. valor(C2,1.000.000)

Base de reglas
R1. cliente(x) $\wedge$ rico(x) $\rightarrow$ crédito(x,y)
R2. cliente(x) $\wedge$ pariente(x,y) $\wedge$ rico(y) $\rightarrow$ rico(x)
R3. pariente(x,y) $\rightarrow$ pariente(y,x)
R4. cliente(x) $\wedge$ posee(x,y) $\wedge$ valor(y,z) $\wedge$ (z>t) $\rightarrow$ crédito(x,t)
R5. cliente(x) $\wedge$ trabajador(x) $\wedge$ salario(x,y) $\wedge$ (y*3 > z) $\rightarrow$ crédito(x,z)
R6. cliente(x) $\wedge$ especial(x) $\wedge$ crédito(x,y) $\rightarrow$ crédito(x, 2*y)

- a) Considera el objetivo crédito (R,2.000.000) y comprueba si es deducible aplicando razonamiento hacia atrás. Expresa claramente, ya sea mediante árbol o por pasos, para cada iteración el conjunto conflicto, la selección realizada y el resultado. Para la selección de subobjetivos da preferencia al subobjetivo más simple (menos argumentos), y como estrategia de resolución de conflictos aplica: 1º) preferencia a la regla con más condiciones, 2º) primera regla en secuencia.
- b) La regla 6 desea expresar que a los clientes especiales se les puede conceder el doble de crédito que a un cliente no especial que tenga las mismas características. Crees que está bien diseñada y su funcionamiento se ajustará a esta definición.
- c) Considera ahora la siguiente base de reglas:

Base de reglas
R1. cliente(x) $\wedge$ rico(x) $\rightarrow$ crédito(x,y)
R2. cliente(x) $\wedge$ pariente(x,y) $\wedge$ rico(y) $\rightarrow$ rico(x)
R3. pariente(x,y) $\rightarrow$ pariente(y,x)
R4. cliente(x) $\wedge$ posee(x,y) $\wedge$ valor(y,z) $\rightarrow$ crédito(x,z)
R5. cliente(x) $\wedge$ trabajador(x) $\wedge$ salario(x,y) $\rightarrow$ crédito(x,3*y)

Aplica razonamiento hacia delante para saber el crédito máximo para las cuatro personas (P,Q,R,S). En cada iteración indica el conjunto conflicto, la selección realizada y el resultado de la aplicación de la regla. Estrategia de resolución de conflictos: 1) Regla con más condiciones, 2) Instanciación más antigua.

11. Considera la siguiente base de hechos (donde cada hecho viene acompañado por el momento de su creación) y la siguiente base de reglas:

Base de hechos	Base de reglas
H1. P(a,b)	R1. P(x,y) $\rightarrow$ P(y,x)
H2. E(a,b)	R2. P(x,y) $\rightarrow$ H(x,y)
H3. E(b,c)	R3. C(x) $\rightarrow$ V(x)
H4. C(a)	R4. H(x,y) $\rightarrow$ S(x,y)
H5. C(b)	R5. V(x) $\wedge$ E(x,y) $\rightarrow$ S(x,y)
H6. C(c)	R6. M(x,y) $\rightarrow$ S(x,y)

- a) Resuelve el objetivo S(b,a) suponiendo el mecanismo de inferencia dirigido por hechos y una estrategia de resolución de conflictos con los criterios: 1º) regla más específica, 2º) primera regla en secuencia, 3º) instanciación con hechos más antiguos. Indica en cada iteración el conjunto de conflicto, la selección realizada y el resultado de la aplicación.

- b) Considera ahora el objetivo  $S(a,c)$ . Suponiendo el mecanismo de inferencia dirigido por objetivos y una estrategia de resolución de conflictos con los criterios: 1º) subobjetivo más simple (menos parámetros), 2º) regla más específica, 3º) primera regla en secuencia, realiza las iteraciones necesarias. Indica en cada iteración el conjunto de conflicto, la selección realizada y el resultado de la aplicación

12. Dadas las siguientes bases de hechos y conocimiento donde los hechos están ordenados por antigüedad,  $x, y$  son variables y  $a, b, c$  son constantes:

Base de hechos	Base de reglas
H1. $T(b,c)$	R1. $T(c,x) \wedge Q(x,c) \wedge U(a) \rightarrow R(c,x)$
H2. $P(a)$	R2. $T(b,x) \wedge S(a) \rightarrow P(x)$
H3. $Q(b,c)$	R3. $P(x) \wedge U(y) \rightarrow R(x,y)$
H4. $T(c,b)$	R4. $S(x) \rightarrow R(x,b)$
H5. $P(c)$	R5. $P(x) \wedge Q(a,x) \rightarrow S(x)$
H6. $Q(a,a)$	R6. $S(x) \wedge P(x) \rightarrow U(x)$
H7. $Q(a,b)$	R7. $R(x,c) \wedge U(y) \rightarrow Q(x,y)$

- a) Considera el objetivo  $R(c,b)$  y comprueba si es deducible aplicando razonamiento hacia atrás. Utiliza las estrategias de resolución de conflictos: 1º) subobjetivo con menos parámetros, 2º) el subobjetivo más reciente, 3º) la regla más general y 4º) la primera regla en orden secuencial. Especifica claramente para cada iteración el conjunto conflicto, la selección realizada y el resultado de la aplicación de la regla.
- b) Considera ahora el objetivo  $R(a,b)$  y aplica razonamiento hacia delante para intentar demostrarlo. Utiliza las estrategias de resolución de conflictos: 1º) la regla más específica, 2º) la primera regla en orden secuencial y 3º) la instanciación con hechos más recientes. Especifica claramente para cada iteración el conjunto conflicto, la selección realizada y el resultado de la aplicación de la regla. ¿Es óptima la solución? En caso de que no, sugiere una estrategia/s de resolución de conflictos alternativa para que lo sea.

13. Dados los siguientes conjuntos de reglas de producción y hechos:

Base de hechos	Base de reglas
H1. $U(b,c)$	R1. $U(x,c) \rightarrow S(x,e)$
H2. $P(a,f)$	R2. $P(x,f) \rightarrow S(x,e)$
H3. $P(f,f)$	R3. $S(x,e) \wedge U(x,h) \rightarrow Q(x,e)$
H4. $P(b,a)$	R4. $S(x,e) \wedge U(x,c) \wedge Q(x,b) \rightarrow Q(x,e)$
H5. $U(f,c)$	R5. $U(x,c) \rightarrow R(x,d)$
H6. $R(a,h)$	R6. $P(b,x) \wedge R(x,h) \rightarrow U(x,h)$
	R7. $R(x,d) \rightarrow U(x,c)$

- a) Considera el objetivo  $Q(a,e)$  y comprueba si es demostrable aplicando razonamiento hacia atrás. Usa las estrategias de resolución de conflictos 1) el subobjetivo más reciente, 2) la regla más específica y 3) la primera regla en orden secuencial.
- b) Muestra las cinco primeras iteraciones resultantes de aplicar razonamiento hacia delante. Utiliza las estrategias de resolución de conflictos 1) la regla más simple y 2) la instanciación con hechos más recientes, 3) la primera regla en orden secuencial.

14. Donats els següents conjunts de regles de producció i fets:



Base de hechos	Base de reglas
F1. $Q(d,b)$	R1. $Q(x,y) \rightarrow S(x,y)$
F2. $Q(a,a)$	R2. $P(x,y,z) \wedge Q(z,a) \rightarrow S(z,y)$
F3. $P(a,b,d)$	R3. $R(x,y) \wedge Q(y,x) \wedge R(y,z) \rightarrow S(x,z)$
F4. $R(a,d)$	R4. $R(x,y) \wedge S(x,y) \rightarrow P(x,d,y)$
F5. $P(a,c,d)$	R5. $R(x,y) \wedge S(x,t) \wedge Q(y,b) \rightarrow P(x,t,z)$
F6. $R(a,c)$	R6. $R(x,y) \wedge P(x,z,y) \rightarrow Q(x,z)$
F7. $S(a,b)$	

- a) Veure si el fet  $s(a,c)$  es deduïble per raonament cap enrera aplicant la seqüent estratègia de selecció de regles, fets i objectius: 1) objectius en ordre seqüencial dels més recentment creats, 2) regla més específica, 3) regla en ordre seqüencial, 4) fets en ordre seqüencial.
- b) Realitzar les 5 primeres iteracions de raonament cap endavant aplicant la següent estratègia de selecció: 1) regla més específica, 2) instanciació més recent (comparació feta per ordre de predicats).

15. Considera la siguiente base de hechos (donde cada hecho viene acompañado por el momento de su creación) y la siguiente base de reglas:

Base de hechos	Base de reglas
H1. $P(a,b)$	R1. $T(x) \wedge P(x,y) \rightarrow S(x)$
H2. $P(b,c)$	R2. $R(x,y) \rightarrow P(y,x)$
H3. $Q(b)$	R3. $P(x,y) \wedge S(y) \rightarrow R(y,x)$
H4. $T(c)$	R4. $P(x,y) \wedge Q(x) \rightarrow R(x,y)$
H5. $S(b)$	

- a) Comprueba si el objetivo  $R(a,c)$  se puede obtener suponiendo un mecanismo de inferencia dirigido por los hechos y una estrategia de resolución de conflictos con los criterios: 1) regla mas general, 2) instanciación con hechos globalmente mas recientes. Indica en cada iteración el conjunto de conflicto, la selección realizada y el resultado de la aplicación.
- b) Considera ahora el objetivo  $R(c,a) \vee S(c)$ . Suponiendo un mecanismo de inferencia dirigido por los objetivos y una estrategia de resolución de conflicto con los criterios: 1) Subobjetivo mas complejo (mas parámetros), 2) Primera regla en secuencia. Realiza las iteraciones necesarias. Indica en cada iteración el conjunto de conflicto, la selección realizada y el resultado de la aplicación.

16. Tenemos la siguiente base de reglas y la siguiente base de hechos:

Base de hechos	Base de reglas
H1. $R(a)$	R1. $R(x) \wedge R(y) \rightarrow P(x,y)$
H2. $R(b)$	R2. $R(x) \rightarrow P(x,x)$
H3. $Q(b)$	R3. $P(x,y) \wedge Q(x) \rightarrow R(x)$
	R4. $P(x,y) \wedge R(y) \rightarrow Q(y)$

- a) Realiza los 3 primeros pasos del razonamiento hacia adelante con la estrategia de resolución de conflictos 1) primera regla en secuencia, 2) instanciación con hechos mas recientes. Especifica claramente para cada iteración el conjunto de conflicto, la selección realizada y el resultado de la aplicación de la regla.
- b) Realiza los 3 primeros pasos del razonamiento hacia adelante con la estrategia de resolución de conflictos 1) regla mas general, 2) instanciación con hechos mas recientes. Especifica claramente para cada iteración el conjunto de conflicto, la selección realizada y el resultado de la aplicación de la regla.
- c) Realiza los 3 primeros pasos del razonamiento hacia adelante con la estrategia de resolución de conflictos 1) regla mas específica, 2) instanciación con hechos mas antiguos. Especifica claramente para cada iteración el conjunto de conflicto, la selección realizada y el resultado de la aplicación de la regla.

- d) Utiliza el razonamiento hacia atrás para resolver el objetivo  $Q(c)$  utilizando como estrategia de resolución de conflictos 1) objetivos en secuencia 2) reglas en secuencia 3) hechos en secuencia. Especifica claramente para cada iteración el conjunto de conflicto, la selección realizada y el resultado de la aplicación de la regla.

17. Considera la siguiente base de hechos (donde cada hecho viene acompañado de su momento de creación) y de reglas:

Base de hechos	Base de reglas	
H1. $R(a)$	R1. $P(x,y) \wedge Q(x) \rightarrow P(x,x)$	R3. $P(x,y) \rightarrow Q(y)$
H2. $Q(b)$	R2. $Q(x) \wedge Q(y) \rightarrow P(x,y)$	R4. $R(x) \wedge Q(y) \rightarrow Q(x)$

- a) Realiza los 4 primeros pasos del razonamiento hacia adelante con la estrategia de resolución de conflictos 1) primera regla en secuencia 2) instanciación con hechos mas recientes 3) condición de mas a la izquierda con hecho mas reciente. Especifica claramente para cada iteración el conjunto de conflicto, la selección realizada y el resultado de la aplicación de la regla.
- b) Realiza los 4 primeros pasos del razonamiento hacia adelante con la estrategia de resolución de conflictos 1) regla mas específica 2) hechos mas antiguos 3) condición de mas a la izquierda con hecho mas antiguo. Especifica claramente para cada iteración el conjunto de conflicto, la selección realizada y el resultado de la aplicación de la regla.
- c) Utiliza el razonamiento hacia atrás para resolver el objetivo  $P(b,a)$  utilizando como estrategia de resolución de conflictos 1) objetivos en secuencia 2) reglas en secuencia 3) hechos en secuencia. Especifica claramente para cada iteración el conjunto de conflicto, la selección realizada y el resultado de la aplicación de la regla.
- d) Utiliza el razonamiento hacia atrás para resolver el objetivo  $Q(c)$  utilizando como estrategia de resolución de conflictos 1) objetivos en secuencia 2) reglas en secuencia 3) hechos en secuencia. Especifica claramente para cada iteración el conjunto de conflicto, la selección realizada y el resultado de la aplicación de la regla.

18. Considera la siguiente base de hechos, en la que cada hecho viene acompañado de su momento de creación, y la de reglas:

Base de hechos	Base de reglas	
H1. $Q(b)$	R1. $Q(x) \wedge Q(y) \rightarrow P(x,y)$	R3. $Q(y) \wedge P(x,y) \rightarrow Q(x)$
H2. $R(a)$	R2. $Q(x) \rightarrow P(x,x)$	R4. $R(x) \rightarrow Q(x)$

- a) Aplica 5 iteraciones de razonamiento hacia delante con la estrategia de resolución de conflictos 1. primera regla en secuencia, 2. instanciación con hechos más antiguos y 3. condición de más a la izquierda con hecho más antiguo.
- b) Realiza 5 iteraciones de razonamiento hacia delante con la estrategia de resolución de conflictos 1. regla más general, 2. instanciación con hechos más recientes y 3. condición de más a la izquierda con hecho más reciente.
- c) Aplica razonamiento hacia atrás para resolver el objetivo  $P(b,a)$  y usa como estrategia de resolución de conflictos 1. objetivos en secuencia, 2. reglas en secuencia, 3. hechos en secuencia.

En cada uno de los apartados anteriores especifica, para cada iteración, el conjunto conflicto, la selección realizada y por qué, y el resultado de la aplicación de la regla seleccionada.

## 7. Representació del Coneixement: Frames/Ontologies

1. El Consorci de Biblioteques de Catalunya ha decidido mejorar su sistema de gestión de bibliotecas y usuarios y quiere representar la información que maneja utilizando un esquema de representación del conocimiento.

El Consorci agrupa a todo tipo de bibliotecas tanto privadas, como públicas (universitarias y municipales). Estas bibliotecas pueden tener documentos de cualquier tipo (genéricas) o estar dedicadas a documentos técnicos y científicos (científico/técnicas) o estar especializadas en ciertos tipos de documentos (libros antiguos, poesía medieval, documentos históricos, ...)

Los usuarios de estas bibliotecas pueden ser especialistas, estudiantes y público en general, teniendo usuarios tanto esporádicos como habituales. Los tipos de documentos que contienen las bibliotecas pueden ser tanto libros, como documentos audiovisuales (videos, CDs, DVDs, cintas de audio,...), con temáticas diversas, como por ejemplo científico/técnica, literatura, arte, divulgación,...

- a) Propón una representación estructurada del dominio mediante frames. Especifica al menos tres atributos para cada uno de los conceptos principales. Especifica completamente el slot **año de publicación** en documento y **aforo** (plazas disponibles) en biblioteca.
  - b) Define la relación **préstamo** entre usuario y documento, representando que cierto documento está prestado en este momento a un usuario, la relación **fondo** entre documento y biblioteca, representando que cierto documento pertenece al fondo bibliográfico de una biblioteca, y la relación **socio** entre usuario y biblioteca, representando que cierto usuario es socio de una biblioteca. Completa la definición de la relación **préstamo** de manera que nadie pueda tener prestado un libro de una biblioteca de la que no sea socio.
  - c) Define el slot **en préstamo** que permita saber el número de libros que una biblioteca tiene prestados a sus socios. Define el slot **muy usado** en documento que sea cierto si el documento ha sido prestado más de 100 veces. Añade a la representación lo que necesites para definir estos slots.
  - d) Define la relación **referencia** entre documentos, representando que un documento cita a otro documento como referencia. Define un slot **referencias** que nos dé la lista de títulos de todos los documentos que referencia un documento. ¿Podríamos heredar el slot **título** de los documentos?
  - e) ¿De qué manera podríamos deducir la siguiente de información de la representación? (no implementes nada, sólo explica detalladamente la forma en que se haría, que añadirías a la representación,...)
    - 1) Usuarios de una biblioteca que tienen prestados libros publicados antes de cierto año
    - 2) Tiempo que lleva prestado un libro a un usuario
    - 3) Número de documentos que citan a un documento
    - 4) Libros que nunca se han prestado
    - 5) Usuarios de cierto tipo que son usuarios de una biblioteca
2. Desde hace un tiempo internet ha visto una iniciativa de web colaborativa donde múltiples personas aportan su opinión sobre un tema. Esta iniciativa se ha bautizado como WikiWiki (termino que viene del Hawaiano y significa rápido). Dentro de esta filosofía de contenidos colaborativos ha aparecido la iniciativa Wikipedia ([www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)), una enciclopedia multiidioma gratuita creada con colaboraciones de todos los usuarios de internet.

Pretendemos organizar la creación de la Wikipedia registrando la información básica para su funcionamiento. La Wikipedia esta a cargo de diferentes personas entre las que tenemos a los autores, que

son los que escriben los contenidos, los revisores, que son los que comprueban que los contenidos introducidos sean correctos y los mantenedores, que son los que se encargan de que la infraestructura que soporta la enciclopedia funcione correctamente. Autores y revisores son capaces de realizar su labor en diferentes idiomas.

El elemento principal de la enciclopedia es el artículo, que puede ser corto (menos de 1000 caracteres) o largo (mas de 1000 caracteres). Cada artículo se identifica por un título y un idioma, y puede tener diferentes versiones marcadas por la fecha en que se ha modificado.

Para poder acceder fácilmente a sus contenidos, la enciclopedia esta organizada por temas y subtemas: matemáticas (álgebra, análisis, estadística, ...), ciencias naturales (física, química, biología, ...), ciencias sociales (historia, sociología, política, ...), ciencias aplicadas (arquitectura, informática, agricultura, ...), arte (pintura, escultura, literatura, ...). Cada tema tiene asociado su codificación en la clasificación de la UNESCO (código de 6 cifras). Un artículo puede estar clasificado en varios temas.

- a) Propón una representació estructurada del domini. Asigna por lo menos tres atributos a cada uno de los conceptos principales. Caracteriza los slots **idioma** y **código UNESCO**.
  - b) Define la relació **escribe** entre autor y artículo, representando que un autor ha escrito el texto de un artículo. Completa la definició de manera que se de a la fecha de modificació del artículo la fecha actual. Define la relació **con\_tema** entre artículo y tema, representando que un artículo es de cierto tema. Define la relació **revisa** entre revisor y artículo, representando que un revisor ha revisado un artículo. Completa la definició de manera que un revisor no revise artículos en un idioma que no conoce y que no revise artículos de los que es el autor.
  - c) Define un método **a\_revisar** en artículo que retorne la lista de artículos que necesitan completar su revisión. Consideramos que la revisión de un artículo está completa si, siendo corto lo ha revisado por lo menos una persona y siendo largo lo han revisado por lo menos 5 personas. ¿Es heredable este método? ¿Porqué?
  - d) Define el slot **experto\_en** en el frame autor como un demon que de la lista de los códigos UNESCO de los temas de los artículos de los que es autor. ¿Se podría usar la herencia de algún modo? Si se puede explica cómo, si no se puede explica porqué.
  - e) ¿De que manera podríamos deducir la siguiente información? (no implementes nada, sólo explica detalladamente la forma en que se haría (slot, método, demon, relació, ...), que añadirías a la representació, ...)
    - 1) Número de artículos de determinado tema que tiene la enciclopedia
    - 2) Fechas de las versiones anteriores de un artículo y sus autores
    - 3) Artículos de cierto tipo que no han sido revisados por nadie
    - 4) Autores que también son revisores
3. L'IRC (Internet Relay Chat) és una de les possibilitats que internet ofereix per tal de relacionar gent de diverses parts del Món. Els components bàsics són els anomenats canals, en els que la gent entra i pot parlar (bé, teclejar i llegir) amb tota la resta de gent que hi ha al canal. Dins de les moltes coses que hi ha al món de l'IRC existeixen unes coses anomenades bots que no són res més que programes que es dediquen a tasques variades. El nostre objectiu és dissenyar un sistema de representació estructurada del coneixement per tal de possibilitar la construcció d'un bot intel·ligent. Per tal de fer-ho, a continuació es descriurà de forma molt simplificada, quins coneixements bàsics sobre l'IRC ha de disposar el bot: Com en la gran majoria de coses d'internet, hi ha dos tipus de màquines: els servidors i els clients (identificats per l'adreça IP, un nom de màquina, sistema operatiu, etc.).
- Qui proveeix els recursos per utilitzar l'IRC són els servidors (dels quals és necessari saber el(s) número(s) de port(s) que permeten). Els servidors d'IRC s'agrupen en xarxes (p.e. Undernet, Dalnet, Hispanet, ...) de les quals, a part del nom, és interessant saber la plana web que tenen, les adreces electròniques dels responsables, etc. A cadascuna de les xarxes es formen diversos canals que s'identifiquen amb un nom. De canals hi ha de dos tipus: els enregistrats i els no-enregistrats. En un canal enregistrat

hi ha una persona que és el manager del canal, varies que en són administradors i d'altres que en són operadors. En els canals no-enregistrats, qui mana és el primer que es connecta (quan t'afegeixes a un canal no enregistrat i abans dit canal estava buit, ets automàticament el responsable del mateix).

Els ordinadors clients són els que utilitzem des de casa (o des d'altres llocs que no esmentaré) per tal de connectar-nos a l'IRC. Cada usuari es connecta des del seu ordinador i s'identifica dins de l'IRC amb un nom, anomenat nick. D'un usuari normalment també és interessant conèixer l'adreça de mail, el nom real, etc. Cada usuari, via el seu ordinador es connecta a un servidor d'una xarxa concreta i, una vegada connectat, pot accedir a tots els canals de la xarxa (els canals pertanyen a la xarxa i no als servidors que formen part de la mateixa).

Es demana:

- a) Dissenyar un sistema de representació estructurada del coneixement i indicar, per cada concepte, els atributs que el caracteritzen (no cal definir completament cada atribut).
  - b) Caracteritzar completament les relacions entre servidor i xarxa, entre client i usuari, entre client i servidor i entre servidor i usuari.
  - c) L'adreça IP d'un usuari coincideix amb la del client que està utilitzant. Definir completament l'slot IP i modifiqueu el que calgui per a que dita deducció pugui realitzar-se.
  - d) Definir un demon que implementi la funció /server que és la que utilitza un usuari per tal de connectar-se a un servidor. Dit demon ha de comprovar que no hi hagi cap altre usuari amb el mateix nick a la xarxa a la que pertany el servidor.
  - e) Definir un demon que implementi la funció /list tal que permeti, per a cada usuari, saber els noms dels canals als quals pot accedir en un moment donat.
4. Els membres del grup de recerca TALP de la UPC estan posant en marxa un sistema automàtic d'informació telefònica sobre el servei de trens. Per a desenvolupar aquest projecte es necessita representar el coneixement del domini. En concret, volem representar informació sobre les línies (origen, destí, longitud, etc. ) i els diferents tipus de línies (rodalies, regionals, grans-línies -nacionals, internacionals-), sobre els trens (nom, composició/categoria, serveis, etc.) i els diferents tipus de trens (tramvia, intercity, ràpid, exprés, Talgo, Euromed), sobre els punts d'aturada (estacions i baixadors) i les persones que treballen a l'empresa (maquinistes, revisors, taquillers, cambrers,...). Es demana:
- a) Proposa un sistema de representació estructurada del coneixement per aquest domini indicant els diferents conceptes així com les relacions taxonòmiques entre ells. Indica dos o tres atributs per a cada concepte. Caracteritza completament un atribut **tipus-línia** del frame **línia**.
  - b) Caracteritza la relació que permeti connectar un tren amb la línia on dona servei. Aquesta relació ha de permetre inferir el tipus de línia per a cada tren en servei. Què passaria si fós possible que un tren donés servei a més d'una línia?. Revisa la caracterització de **tipus-línia**.
  - c) Caracteritza la relació c.1) entre línia i punt d'aturada per on passa i la relació c.2) entre tren i punt d'aturada on para. El procés serà sempre primer definir una línia i després assignar-hi trens, per tant a la relació c.2) cal definir un demon que doni un missatge d'error en cas de que estiguem connectant un tren amb un punt d'aturada que no pertany a la línia on el tren dona servei.
  - d) Defineix un mètode amb un paràmetre que ens permeti saber el nom dels trens d'un determinat tipus que paren en un punt d'aturada concret i per cadascun d'aquests trens el tipus de línia i l'origen i el destí de la mateixa. Situa adequadament aquest mètode.
  - e) Caracteritza la relació entre maquinista i tren que condueix. Aprofitant tot el que tens definit fins ara, caracteritza la relació entre maquinista i punt d'aturada.
5. Els propietaris de l'agència de viatges *Més enllà* han decidit reorganitzar tota la informació de la que disposen per tal de tenir-la més integrada. D'una banda, volen mantenir informació de les empreses amb qui treballen (Majoristes turístics, cadenes hoteleres, empreses de lloguer d'autocars, empreses de lloguer de guies, etc.), sobre algunes de les persones lligades a aquestes empreses (conductors, guies,

etc.), sobre els treballadors de la pròpia agència i sobre els clients (agrupats per " importants, normals, pesats, a-evitar"). A més d'informació sobre empreses i persones, volen disposar de tota la informació lligada a cadascuna de les propostes de viatge que fan els majoristes. Cada proposta es caracteritza per un origen i una destinació, un preu, unes dates, potser per un itinerari, etc. Les propostes es classifiquen en propostes normals, de promoció i ofertons. L'agència disposarà d'informació particular sobre hotels (òbviament agrupats segons la seva categoria) com ara adreça, números de telèfon i fax, capacitat, serveis disponibles, etc. per tal de poder valorar les propostes de viatge segons els hotels proposats. També disposarà d'informació particular sobre transportistes (aeris -IBERIA, AIR FRANCE, SWIS AIR,...-, ferroviaris -RENFE, SNCF,...-, de carretera -JULIA, ATSA, ENATCAR,...-, etc.) per la mateixa raó.

- a) Proposa un sistema de representació basat en frames adequat al domini proposat. Assigna dos o tres atributs a cada frame proposat. Caracteritza l'atribut "de-prestigi" aplicable a les cadenes hoteleres. Caracteritza com a mínim les següents relacions: entre cadena hotelera i hotel, entre proposta i majorista, entre proposta i hotel i entre proposta i transportista.
  - b) Afegeix el que calgui per tal de que el sistema pugui deduir si un hotel és de prestigi o no a partir de la cadena hotelera a la qual pertany. El que proposes funciona correctament quan un hotel passa a ser propietat d'una cadena hotelera diferent?
  - c) Les propostes sempre estan relacionades com a mínim amb un hotel, com a mínim amb un transportista, ocasionalment amb conductors i ocasionalment amb guies. Defineix un atribut a proposta de viatge amb un demon que permeti etiquetar la proposta com "de-risc" o no. Una proposta és de risc si algun dels hotels està qualificat d'informal o si algun dels transportistes està qualificat com no-fiabre o si algun dels conductors assignats (si n'hi ha) està qualificat com non-grato o si algun dels guies assignats (si n'hi ha) està qualificat com non-grato. Afegeix les relacions i atributs que et siguin necessaris.
  - d) Defineix un mètode que tingui com a paràmetre un string indicant un tipus de proposta (normal, promoció, ofertón) i que generi un llistat de totes les propostes d'aquest tipus indicant per a cadascuna: destinació, preu, nom del majorista, nom del/s hotel/s i nom del/s transportista/es. Sitúa adequadament aquest mètode. És heretable?
6. Los gerentes del hospital de San Agapito han decidido renovar su sistema de información y pasarse a algo más moderno. El hospital que gestionan consta de diferentes servicios sanitarios como son las salas (de urgencias, de pediatría, UCI, maternidad), la farmacia, los laboratorios, etc... Todos ellos están ubicados en alguna planta del hospital, con unos horarios, etc. Entre el personal que trabaja en el hospital tienen médicos (pediatras, estomatólogos, cirujanos, etc.), asistentes sanitarios, farmacéuticos, celadores, etc. Además, como es lógico, el hospital tiene pacientes, los cuales tienen también un historial clínico identificado por su DNI que contiene información sobre sus diferentes ingresos y, en particular, la enfermedad por la cual está ingresado actualmente. Se pide:
- a) Proponer un sistema de representación estructurada del conocimiento para este dominio, indicando los diferentes conceptos así como las relaciones taxonómicas entre ellos. Indica dos o tres atributos para cada concepto. Caracteriza completamente el atributo DNI del frame persona.
  - b) Caracteriza la relación entre médico y la sala donde da servicio. Esta relación ha de permitir inferir la ubicación del médico a partir del lugar en que está ubicada la sala. ¿Qué pasaría si un médico pudiera dar servicio en diferentes salas?
  - c) Caracteriza la relación entre paciente y sala en la que está ingresado y la relación entre paciente e historial. Caracteriza la relación entre médico y paciente que visita. Define un demon que compruebe si la enfermedad actual del paciente es compatible con la especialidad del doctor que le atiende (ej. Que un paciente ingresado por una enfermedad cardíaca no sea atendido por un traumatólogo o por un urólogo). Define los nuevos atributos que te sean necesarios.
  - d) A partir de las relaciones ya definidas, caracteriza la relación entre historial clínico y médico que escribe en él. ¿Sería razonable definir por composición la relación entre paciente y médico usando como frame intermedio la sala?

- e) Define un método que reciba como parámetro el nombre de una sala y que permita saber el nombre de los pacientes ingresados en esa sala y el de todos los médicos que han escrito en el historial clínico de esos pacientes. Sitúa adecuadamente este método.

7. El *holding* MegaServeis, S.L. és una agrupació d'empreses de serveis de tota mena: empreses de serveis de missatgeria, empreses de serveis d'informàtica, empreses de serveis de traducció, etc. El conjunt de persones que treballen per al *holding* de manera fixa o per contracte temporal es molt ampli i de professions diverses: administratius, missatgers, traductors, programadors,... Cada empresa té una problemàtica segons els tipus de serveis que ofereix. Ens fixarem en les empreses de traducció. Les empreses de traducció reben encàrrecs de documents a traduir. Aquests documents poden ser de temàtica diversa: científic-tècnics (llibres de text, manuals, articles,...), literaris (novel·les, assaigs,...), oficials (reglaments, butlletins,...), etc. A cada document li assignen dues persones diferents: un traductor i un revisor, ambedós experts en les llengües font i destí de la traducció. Per aquesta raó han de mantenir informació de persones contractables amb indicació de les llengües que dominen. Els documents poden tenir tres estats possibles: rebut, assignat, acabat. Es demana:

- a) Proposar a la gerència de MegaServeis un sistema de representació estructurada del coneixement que permeti gestionar els diferents tipus d'empreses i, en particular, tot el que es descriu per a les empreses de serveis de traducció. Assigna dos o tres atributs a cada concepte.
- b) Caracteritza les relacions entre document i traductor al qual està assignat i entre document i revisor assignat. Aquestes relacions han de tenir un demon que avisi en cas de que el traductor/revisor no sigui expert en alguna de les dues llengües (font i destí) que s'apliquen al document.
- c) Cada document acabat té assignat un valor (1..5) que correspon al grau de satisfacció de l'empresa amb la traducció realitzada. Es defineix el nivell de qualitat d'un traductor com la nota mitjana de tots els documents que ha traduït (independentment de la llengua). Defineix un atribut amb demon per tal de gestionar automàticament aquest nivell de qualitat per a cada traductor. Fora possible deduir el nivell de qualitat d'un traductor per mecanismes d'herència?
- d) Caracteritza la relació entre document i empresa de serveis de traducció que reb l'encarrec. A partir de les relacions definides fins ara, defineix una relació entre traductor i empresa de serveis.
- e) Defineix un mètode amb un paràmetre que ens permeti llistar el títol de tots els documents d'un determinat tipus que s'han encarregat a una empresa. Cada document ha d'anar acompanyat de la següent informació: llengua origen, llengua destí, nom del traductor i nom del revisor. Situa adequadament aquest mètode.

8. El ministerio de telecomunicaciones, deseoso de poder manejar de manera sencilla y eficiente la información correspondiente a todos los medios de comunicación que emiten su señal al aire, quiere usar un sistema de frames para organizarla.

La información que se desea organizar es la siguiente: Actualmente dos tipos de medios informativos emiten su información al espacio radioeléctrico, emisoras de radio y de televisión. Los programas que emiten se pueden clasificar esencialmente en dos, los programas de entretenimiento (variedades, concursos, cine, series, ...) y los programas de información (informativos, debates, reportajes, ...). Estos programas están asignados a las diferentes franjas horarias que forman la parrilla de emisión. Las diferentes franjas horarias estan clasificadas segun el público al que van dirigidos los programas (prime-time, infantil-juvenil, noctámbulos, ...) Cada emisora tiene su personal, que podríamos dividir en el personal técnico, que se encarga de que todo funcione correctamente (técnicos de sonido, cámaras, regidores, ...) y el personal no técnico, que es el que da la cara en los programas (presentadores, corresponsales, humoristas, etc.).

- a) Propón una representación estructurada del dominio, asignando entre uno y tres atributos a los conceptos que aparecen. Define el atributo **país de corresponsalía**, correspondiente a un corresponsal y el atributo **ranking** de un programa que indique su posición en los índices de audiencia según su tipo de programa.

- b) Define las relaciones entre personal y medio, entre personal y programa, entre medio y programa. Un de ellas debe ser compuesta.
  - c) Define un slot **estrella** en presentador, booleano, que sea cierto si el presentador está en un programa que se emite en la franja de prime-time. Añade lo que creas necesario.
  - d) Queremos añadir a los medios un slot ranking que nos indique su posición en función del ranking de sus programas informativos. Usando únicamente las relaciones que hemos definido ¿podemos usar herencia? Justifica la respuesta.
  - e) Implementa un método parrilla, que nos liste para una determinada franja horaria el título de los programas que emite un medio informativo, junto al nombre de las personas que intervienen en él. ¿Dónde deberemos colocar este método?
9. La SGAE (Sociedad General de Autores de España) quiere mantener información sobre el mundo discográfico para poder gestionar de una manera mas eficiente sus asuntos. Para ello ha decidido que la información que ha de organizar es la siguiente: El mundo discográfico esta formado por músicos, que pueden dividirse en solistas, grupos musicales, orquestas (que a su vez pueden ser sinfónicas, melódicas, municipales, ...). Estos músicos son contratados en exclusiva por discográficas de las que hay multinacionales e independientes. Estas discográficas producen los discos de los músicos que se pueden organizar en diferentes géneros (música rock, pop, melódica, clásica, étnica, new age, popular, etc). Estas discográficas a su vez organizan actuaciones para sus músicos, que pueden ser giras o actuaciones puntuales. Se pide:
- a) Propón una representación estructurada del dominio. Asigna al menos tres atributos para cada uno de los conceptos principales. Especifica completamente el atributo género en el frame músico que represente el género musical del músico y el atributo de prestigio en el frame discográfica.
  - b) Caracteriza la relación **contratado** entre músico y discográfica, la relación **graba** entre músico y disco, y la relación **produce** entre discográfica y disco.
  - c) Caracteriza el atributo **caché** (dinero en el que se valora la actuación del músico) en el frame músico de forma que se actualice según el máximo dinero que le han pagado en una actuación, define lo que sea necesario. Si hay más de una manera de solucionar el problema, indica cual te parece la mejor.
  - d) Queremos definir un atributo **de prestigio** en el frame músico a partir de la compañía discográfica que le tiene contratado, ¿podemos usar herencia? Ahora queremos definir un atributo **de platino** que nos diga si un músico ha recibido un disco de platino si alguno de los discos que ha grabado son discos de platino. ¿Podemos usar herencia en este caso?
  - e) A veces las discográficas lanzan al mercado discos que recopilan composiciones de varios músicos. Define el método **potpurri** que retorne la lista de los títulos de todos los discos de este tipo (discos grabados por varios músicos) que han sido producidos por las compañías discográficas, acompañando cada título de los nombres de los músicos que lo han grabado y el género de cada uno de ellos. Sitúa adecuadamente este método.
10. Una empresa logística está interesada en organizar la información de todos sus envíos, por lo que se plantea hacer una representación de la información que interviene en su negocio. La empresa se encarga de realizar envíos que pueden ser de paquetes (grandes y pequeños) o correo. Los envíos los realizan clientes que pueden ser empresas o particulares. Para realizar la recogida y entrega de los envíos utiliza vehículos (camiones, o furgonetas).
- El almacenaje de los envíos está organizado en centros de distribución, que es donde se recogen todos los envíos para ser trasladados a los centros de reparto, que es desde donde se realizan las entregas. El traslado de los envíos puede realizarse a otros centros de distribución con los que tiene conexión de manera que un envío puede pasar por varios centros de distribución hasta llegar al centro de reparto.
- a) Propón una representación estructurada del dominio. Especifica al menos tres atributos para cada uno de los conceptos principales. Especifica completamente el atributo **destino** en el frame envío, **capacidad de almacén** en almacén y **tara** en vehículo.



- b) Define la relación **envía** entre envío y cliente, la relación **asignado** entre vehículo y almacén, la relación **almacena** entre envío y almacén y la relación **recibe** entre envío y cliente.
  - c) Define la relación **conecta** entre almacenes. Define el atributo **hotpotato** de forma que indique, para un almacén, el nombre del almacén que tiene mayor espacio libre de entre los que está conectado. Define la relación **recoge** entre vehículo y envío de manera que compruebe que el peso de los paquetes que ha recogido no superen su tara. En ambos casos, define todo lo que sea necesario.
  - d) Queremos que el envío herede la ubicación del almacén que lo tiene almacenado, define lo necesario para que esto sea posible. ¿Se puede hacer mediante herencia? ¿Sirve la herencia si un paquete es trasladado a otro almacén? Caracteriza el slot ubicación.
  - e) Define el método **reparto** que, para un centro de reparto, haga un listado de los envíos de un determinado tipo, indicando el nombre del cliente que ha de recibirlo y la matrícula del vehículo que lo ha de recoger. Ubica adecuadamente el método. Define lo que creas necesario para que se pueda implementar el método ¿Es heredable este método?
11. Una gran cadena de distribución de ordenadores nos ha encargado que diseñemos para ella una representación del conocimiento que usa su organización de manera que pueda construir un sistema que lo utilice. Esta cadena está organizada en tipos de departamentos que pueden estar ubicados en las diferentes tiendas que tiene. Tenemos los departamentos de ventas, servicio post venta, almacén, y departamento de montaje. Las tiendas están organizadas en sucursales (sólo tienen departamento de ventas), centros de atención (sólo tienen servicio post venta), centros de montaje (sólo tienen almacén y departamento de montaje) y grandes centros (sólo tienen departamento de ventas y servicio post venta). Los ordenadores que vende la cadena se clasifican en portátiles y de sobremesa, éstos a su vez se clasifican en cuatro categorías: servidores, estaciones gráficas, SOHO y hogar.
- Esta cadena tiene dos tipos de clientes: las grandes empresas y los pequeños clientes, que incluyen las pyme, los profesionales liberales y los particulares.
- a) Propón una representación estructurada del dominio. Especifica al menos tres atributos para cada uno de los conceptos principales. Especifica completamente el atributo **número de empleados** en departamento y **potencia** en ordenador.
  - b) Define la relación **vende** entre departamento de venta y cliente, la relación **encarga** entre departamento de venta y de montaje, la relación **monta** entre departamento de montaje y ordenador y la relación **elige** entre cliente y ordenador.
  - c) Define la relación **ubicado** entre departamento y tienda, esta relación ha de comprobar que el tipo de tienda acoge a los departamentos correctos. Define la relación **almacena** entre almacén y ordenador de manera que no se exceda la capacidad de almacenaje del almacén y que el ordenador se almacene en el mismo centro de montaje en el que el ordenador es montado. Define lo que sea necesario.
  - d) Queremos que las tiendas hereden el slot **número de empleados** de los departamentos que tiene ubicados define lo necesario para que esto sea posible. ¿Es la herencia la mejor solución?
  - e) Define el método **pedidos** que liste los ordenadores de un determinado tipo vendidos, indicando los nombres de los clientes a los que se han vendido y el centro de montaje en el que se ha encargado el montaje de cada ordenador. Ubica adecuadamente el método. Define lo que creas necesario para que se pueda implementar el método ¿Es heredable este método?
12. El Institut Català de la Salut (ICS) desea organizar toda la información relativa a sus competencias. Por un lado, desea representar la información de los centros: ambulatorios y hospitales. Existen tres tipos de ambulatorios: centro de asistencia primaria (CAP), centro de especialistas (CE) i centro no reconvertido (CNR). Algunos ambulatorios disponen de un servicio de urgencias y otros no. Los hospitales propios pueden ser generales o comarcales. Los hospitales concertados son hospitales privados con convenio de asistencia con el ICS.

También desea representar información sobre personas tanto de sus trabajadores (médicos, asistentes sociales, ayudantes sanitarios, administrativos, ...) como de los usuarios de la institución. Igualmente necesita representar información geográfica: pueblos, ciudades, comarcas, ...

- a) Propón una representación estructurada del dominio. Especifica al menos tres atributos para cada uno de los conceptos principales. Especifica completamente el atributo **especialidades** de los CE, el atributo **especialidad** de médico y el atributo booleano **privado** de hospital.
  - b) Define la relación **referente** de hospital respecto de los ambulatorios de los cuales es referencia, las relaciones de **pertenencia** entre pueblo/ciudad y comarca y entre hospital comarcal y comarca y la relación de **habitante** entre persona y pueblo/ ciudad. A partir de todo esto, define la relación de **adscripción** entre pueblo y hospital comarcal y la de **ingreso-por-defecto** entre habitante y hospital comarcal.
  - c) Define la relación de **asignado** entre médico y centro/s donde trabaja de forma que se compruebe para los CE que se está asignando un médico cuya especialidad es una de las disponibles en el CE.
  - d) Se desea que el atributo **privado** para un médico se infiera del hospital en el cual trabaja, pero no todos los médicos trabajan en un hospital. ¿Qué modificaciones debes hacer para que esto sea posible? ¿Sirven los mecanismos de herencia?
  - e) Define el método **especialistas** que liste, para un ambulatorio dado, todos los médicos de una cierta especialidad que trabajan en el hospital de referencia del ambulatorio. Para cada médico se desea obtener su nombre, su número de colegiado y sus horarios de visita. Ubica adecuadamente el método. Define lo que creas necesario para que se pueda implementar el método ¿Es heredable este método?
13. Dado el complicado panorama de la solicitud de fondos para la investigación, el ministerio de ciencia y tecnología ha decidido poner a disposición de todos los investigadores la información relativa a los proyectos de investigación y las concesiones de ayudas de los diferentes organismos mundiales. Existen diferentes organismos financiadores que conceden ayuda económica para el desarrollo de proyectos de investigación, entre estos tenemos organismos transnacionales como por ejemplo la Unión Europea u organizaciones dependientes de Naciones Unidas (UNESCO, UNICEF, ACNUR, ...), Organismos gubernamentales (NSF, CNRS, CICyT, CIRIT, ...) o Fundaciones privadas (Empresas, organizaciones sin ánimo de lucro, ...). Estas organismos financiadores conceden ayudas a la investigación en proyectos de diferente temática, como por ejemplo tecnologías de la información y de la comunicación (Inteligencia Artificial, Redes de comunicaciones, Sociedad de la Información,...), física (Altas energías, materiales, astrofísica, ...), salud (lucha contra el cáncer, creación de vacunas, ...), humanidades (historia, política, ...), etc. Son los diferentes grupos de investigación que trabajan para diferentes organismos científicos (centros de investigación transnacionales (CERN, ...), universidades (publicas y privadas) y centros de I+D de la industria) los que proponen, en solitario o coordinadamente entre varios grupos, proyectos a los organismos financiadores.

Se pide:

- a) Propón una representación estructurada del dominio. Asigna al menos tres atributos para cada uno de los conceptos principales. Especifica completamente el atributo **ubicación** para los organismos científicos y el atributo **número de investigadores** para los grupos de investigación.
- b) Define la relación **evalúa** entre organismo financiador y proyecto de investigación, la relación **propone** entre grupo de investigación y proyecto, y la relación **financia** entre organismos financiadores y grupos de investigación.
- c) Define también la relación **concede** entre organismo financiador y proyecto de investigación de manera que compruebe que, si el organismo que concede la financiación es un organismo transnacional, el proyecto esté propuesto por al menos tres grupos de investigación de distintas nacionalidades. ¿Se trata de una relación compuesta? Define en organismo financiador el slot **pre-supuesto comprometido** que calcule el dinero total que ya ha concedido (indica las diferentes maneras de realizar el cálculo).

- d) Queremos que los grupos de investigación hereden el atributo **ubicación** del organismo científico para el que trabajan, define todo lo necesario para que esto sea posible.
- e) Define el método **proyectos financiados** que haga una lista de todos los proyectos concedidos por un organismo financiador, indicando el código de proyecto, el dinero aportado y el nombre y número de componentes de los grupos de investigación que participen. Ubica adecuadamente el método.
14. Una gran multinacional desea organizar la información de su negocio mediante un sistema de representación del conocimiento. Por una parte, existe información sobre clientes, los cuales pueden ser empresas privadas, empresas públicas o particulares (personas a título individual), y empleados (auditores, consultores, financieros). Por otro lado, esta multinacional ofrece dos tipos diferentes de producto, servicios y banca. Entre los servicios ofrece consultoría (informática, legal,... ) y auditoría (financiera, medioambiental,...). La banca incluye préstamos (personales, hipotecas) e inversiones en renta fija y variable (en bolsa, fondos de inversión,... ). Cada empleado tiene asignada una zona donde actúa. Los clientes particulares tienen asociado un grado de fiabilidad entre 0 y 1 según su solvencia.
- a) Propón un sistema de representación estructurada del conocimiento que permita gestionar todos los conceptos expuestos. Indica dos o tres atributos para cada concepto. Caracteriza el atributo **zona** de empleado.
- b) Un empleado puede realizar **ofertas** o **ventas** de productos. Caracteriza ambas relaciones entre empleado y producto. Incluye un demon que avise en caso de que un empleado que no sea financiero pretenda vender un producto que sea de banca.
- c) Cada empleado **contacta** con varios clientes para ofrecer productos. La empresa desea tener una medida del valor potencial de un cliente según las ofertas que ha recibido. Define un slot **valor potencial** que calcule el valor de un cliente a partir del número de ofertas que le han hecho.
- d) Define la relación entre cliente y productos que **compra**. A partir de las relaciones definidas hasta ahora, caracteriza la relación entre empleado y cliente. ¿Es posible deducir la zona de un cliente a partir de la de un empleado por mecanismos de herencia? En caso afirmativo, modifica la representación adecuadamente.
- e) Define un método que permita listar la fiabilidad media de los clientes particulares que han adquirido préstamos personales. Sitúa este método adecuadamente.
15. Una empresa de parkings intel·ligents ens ha encarregat la modernització del control automàtic de cada un dels seus parkings, de manera que des d'una consola externa, el client pugui demanar que li sigui aparcat o retornat el seu vehicle, entre altres serveis automàtics. El director de l'empresa ens informa que els parkings estan destinats a diversos tipus de vehicles: cotxes, furgonetes, motos i bicicletes. Per optimitzar l'espai, els parkings disposen de places grans, mitjanes i petites. Cada una d'elles es localitza en un parking mitjançant un identificador. Una de les tasques que han de controlar els parkings es la gestió automàtica de l'ocupació de les places. Per aquest motiu, han de coneixer quines places lliures estan destinades a la venda i quines al lloguer. S'espera que aquestes places passin a ser privades o contractades (mensualment o ocasionalment). Una vegada s'ha ocupat una plaça, s'ha de coneixer quin serà el preu de manteniment/lloguer que haurà de pagar el seu ocupant per mes/hora. A més a més, cada parking ofereixen diferents tipus de serveis automatitzats als clients, cada un d'ells a diferent preu: rentar, encerar, passar l'aspiradora, inflar les rodes, etc. No obstant, degut a les limitacions dels robots, aquests serveis poden no haver estat realitzats satisfactoriament en opinió dels clients. Amb motiu de millorar-los, el parking ha de coneixer si algun dels tipus de serveis es defectuosos. Com que el director de l'empresa es molt exigent, un tipus de servei es considerat defectuosos si ha rebut alguna queixa. Es demana:
- a) Representar el coneixement necessari per a aquesta aplicació mitjançant frames. Assigna tres atributs a cadascun dels conceptes principals. Especificar totalment el slot preu.
- b) Especificar totalment les relacions entre plaça i parking, entre vehicle i plaça, i entre servei i vehicle. Especificar, també, la relació entre servei i parking a partir de les anteriors.

- c) Especificar el que sigui necessari perquè els parkings puguin comptabilitzar el total de gastos de cada vehicle fins el dia actual (plaça privada o llogada mensualment) o l'hora actual (plaça llogada ocasionalment). S'haurà de tenir en compte que el preu d'una plaça es multiplica per 2 si es mitjana y per 3 si es gran.
- d) Es vol controlar si un parking presenta algún defecte en els seus serveis. Quin mecanisme seria el més adient? Perquè?
- e) Especificar un metode amb un paràmetre que imprimeixi la factura no desglosada d'un vehicle (matricula, nom del propietari, total dels gastos). Especificar, també, un método que llisti totes les factures no desglosades d'un parking. On els localitzaries? Son heretables ?

16. Una gran empresa multinacional desea organizar la información relativa a la gestión de los recursos informáticos de su organización. La descripción de su problemática es la siguiente: La empresa cuenta con personal que utiliza y mantiene los diferentes recursos, este personal se puede clasificar en: usuarios (expertos o noveles), administradores de sistemas y personal de mantenimiento. El personal está organizado en departamentos (contabilidad, recursos humanos, investigación y desarrollo, marketing, informática, dirección), cada departamento tiene una ubicación.

Para organizar el parque informático se piensa en contemplar una clasificación según el sistema operativo de la máquina (Windows, Unix, Mac/OS) y según el uso que se hace (workstation, servidor, ofimática). Estas máquinas proveen diferentes servicios, como por ejemplo servicios de Internet (servicio de web, de ftp) servicio de base de datos, servicio de almacenamiento, ...

- a) Propón una representación estructurada del dominio. Especifica al menos tres atributos para cada uno de los conceptos principales y caracteriza completamente tres de ellos
- b) Las máquinas de la empresa se pueden asignar directamente a usuarios o a departamentos, en ambos casos el uso de la maquina es en exclusiva, caracteriza esta relación. En el caso de máquinas asignadas a departamentos, estas pueden ser usadas por muchos usuarios, pero solo del departamento o solamente por el usuario asignado si esta asignada a un usuario en concreto, caracteriza esta relación ¿Que se le debe añadir a esta relación para que sea coherente con la semántica que se pretende? Añade lo que sea necesario a la representación para que se compruebe que una maquina no esté asignada simultáneamente a una persona y a un departamento.
- c) Las máquinas están ubicadas en el departamento en el que están asignadas o en el departamento al que pertenece la persona que la tiene asignada. Añade a la representación y/o modifica lo necesario para que esta información se pueda obtener mediante el mecanismo de herencia.
- d) Los servidores son proveedores de los diferentes servicios descritos, que son instalados por el personal de administración. Añade lo necesario a la representación para que se pueda obtener para una máquina específica la lista de las personas que han instalado los diferentes servicios que provee esa máquina. ¿que diferencia habría respecto de usar un demon o un método? ¿y si quisiéramos sólo la información de un tipo de servicio concreto?
- e) Supongamos que queremos obtener de la representación un listado de todos los usuarios de cierto tipo que tienen una máquina con cierto sistema operativo, ¿que le deberíamos añadir a la representación para que fuera posible? Caracteriza y/o programa el slot, demon o método que sea necesario.

17. El Ministerio de Ciencia y Tecnología desea organizar toda la información relativa a los proyectos de investigación que financia. El Ministerio distingue entre dos tipos de proyectos: investigación orientada e investigación no orientada. Los primeros, a su vez, se dividen en proyectos de investigación básica y proyectos de investigación aplicada. En el caso de la investigación aplicada hay dos modalidades: con participación opcional de empresas y con participación obligatoria de empresas. Los proyectos tienen un código de identificación, un título, un presupuesto, unos objetivos, etc. Los proyectos pueden ser presentados por un único grupo de investigación (proyecto simple) o por varios (proyecto coordinado). Los proyectos coordinados constan de varios proyectos simples (los subproyectos), cada uno con un grupo de investigación como responsable. Además, uno de estos grupos será el coordinador del proyecto coordinado.

Los participantes pueden ser Empresas y grupos de investigación pertenecientes a Universidades, Centros públicos/privados de investigación, Centros públicos/privados de I+D. Las empresas siempre tienen que participar en proyectos en colaboración con grupos de investigación. Las empresas no pueden actuar como coordinador de proyecto, salvo en el caso de los proyectos de investigación aplicada con participación obligatoria de empresas donde el coordinador ha de ser forzosamente una empresa.

Cada grupo de investigación cuenta con un investigador principal y varios investigadores colaboradores. Cada empresa cuenta con un representante y varias personas adscritas. Cada grupo y cada empresa tienen un código de identificación.

- a) Propón una representación estructurada del dominio. Asigna al menos tres atributos a cada uno de los conceptos principales. Caracteriza las relaciones entre proyecto coordinado y subproyectos, entre proyecto simple y participante responsable, entre proyecto coordinado y participante coordinador y entre persona y grupo de investigación al que pertenece. Caracteriza completamente el slot código de identificación.
  - b) Incorpora lo que sea necesario a las relaciones entre proyecto y participante responsable/coordinador que compruebe que el responsable **HA** de ser una empresa para el caso de proyectos de investigación aplicada con participación obligatoria de empresas y **NO** ha de serlo en cualquier otro caso.
  - c) Un proyecto de cualquier tipo se considera de alto nivel si el participante responsable lo es. ¿Puedes establecer mediante mecanismos de herencia esta inferencia? En caso afirmativo, propónlos. En caso negativo, propón otro mecanismo para poder realizar la inferencia.
  - d) Un proyecto coordinado se considera “conflictivo” si el número de participantes es superior a seis o bien si al menos tres de los participantes son empresas, sea cual sea el número total de participantes. Establece el mecanismo adecuado que permita consultar si un proyecto coordinado es conflictivo o no.
  - e) Diseña un método con un parámetro que permita listar todos los proyectos de investigación orientada que sean de un determinado tipo de los tres posibles. Por cada proyecto, hay que mostrar su código, título, presupuesto, participante responsable/coordinador, investigador principal (o representante) y, en el caso de los coordinados, la identificación de todos los grupos/empresas participantes. Añade lo que sea necesario. Sitúa adecuadamente este método. ¿Es heredable?
18. La empresa de alquiler de vehículos “Los mas guays” desea incorporar un sistema de gestión del conocimiento para incrementar sus beneficios. De momento quiere mantener información sobre sus vehículos en sus tres categorías: turismos (de ciudad, familiar, para grupos), furgonetas (con o sin conductor) y autocares (grande, minibús). La empresa tiene muchas sucursales, la mayoría son de ciudad y algunas son especiales (por ejemplo, las ubicadas en aeropuertos). También dispone de muchos empleados: directores de sucursal, personal administrativo, conductores, ... Dentro de la información a mantener es importante incluir la referida a los clientes, ya sea habituales o esporádicos, para realizar campañas de promoción, estudios de mercado, ... Se pide:
- a) Propón una representación estructurada del conocimiento adecuada para este dominio. Asigna dos o tres atributos a cada frame principal y al menos uno a los demás.
  - b) Caracteriza las siguientes relaciones: entre empleado y sucursal donde trabaja, entre vehículo y sucursal al que pertenece, entre vehículo y sucursal donde está físicamente, entre cliente y vehículo que alquila. Un vehículo no es alquilable si su estado es *en-taller*. Añade lo necesario para que el sistema controle esta incidencia.
  - c) Cuando se alquila una furgoneta con conductor, debe expresarse esta información mediante una relación, caracterízala. ¿cómo caracterizarías la relación entre cliente que la alquila y el conductor?
  - d) Los vehículos son *especiales* si pertenecen a sucursales *especiales*. Establece el mecanismo adecuado para que el sistema pueda inferirlo.
  - e) Una sucursal esta *en-crisis* si el 40 % o más de sus coches están *en-taller*. Establece el mecanismo adecuado para consultar el estado de una sucursal.

f) Define un método que permita listar todos los vehículos de una sucursal, indicando para cada uno de ellos el tipo (T,F,A), la matricula, su estado y el código de identificación de la sucursal donde está localizado o, alternativamente, el nombre de la persona que lo tiene alquilado. ¿Dónde se ubica este método? ¿es heredable?

19. Una compañía de telefonía dispone de una cartera de productos y de diferentes modalidades de contrato para ofertárselas a sus clientes. En concreto los productos que ofrece son telefonía\_fija, telefonía\_móvil, ADSL (con diferentes anchos de banda) e internet\_móvil y las modalidades de contrato son: sólo\_consumo, mínimo+%consumo y tarifa\_plana (todo el día, sólo en una franja horaria determinada y hay varias franjas horarias preestablecidas). Los clientes de la empresa en cuestión son particulares, autónomos y empresas y pueden contratar más de un producto y con modalidades de contrato distintas.

- a) Representa una red de frames que describa los conceptos más relevantes que maneja la empresa. Añade 3 slots a los frames más destacados.
- b) Define completamente las relaciones que creas necesarias para que se pueda saber qué modalidades de contrato tienen los clientes, qué productos han contratado y qué modalidad de contrato tiene cada uno de los productos contratados. Es necesario que un cliente tenga contratada telefonía\_móvil para que pueda contratar internet\_móvil. Fijado un cliente, un producto contratado por él no puede tener asociada más de una modalidad de contrato activa (puede tener otras pero ya inactivas). Un cliente no puede cambiar la modalidad de contrato de un producto si no ha cumplido el periodo mínimo de permanencia de su modalidad de contrato anterior. Si se dan las condiciones para cambiar, entonces la modalidad de contrato anterior pasa a estar inactiva. Añade todo lo necesario para que se controle la satisfacción de todas las restricciones anteriores. Para simplificar el problema podéis suponer que pese a que varios clientes pueden tener contratado el mismo producto, a efectos prácticos podemos considerarlos como productos concretos diferentes, es decir, como instancias distintas del mismo producto.
- c) Cuando más de un 80 % de los clientes que tienen contratado el mismo tipo de producto comparten una modalidad de contrato dada, la empresa considera que esa modalidad tiene la categoría de **estrella**. Define lo necesario para averiguar si una modalidad es estrella para un producto y, en caso afirmativo, se listen todos los clientes que la tengan contratada.
- d) El grado de satisfacción de un cliente es una función que depende del número de cambios de modalidad de contrato y del tiempo de permanencia en cada uno de ellos. Describe, sin necesidad de implementar, el procedimiento que usarías para conocer el grado de satisfacción de un cliente ¿tiene sentido plantear la posibilidad de que una modalidad de contrato herede el grado de satisfacción de los clientes que tengan esa modalidad de contrato?

20. Dado el interés que ha suscitado el mercado inmobiliario, el ministerio de hacienda ha decidido crear un sistema inteligente que le permita mantenerlo controlado. Para ello necesita representar el conocimiento que interviene. El mercado inmobiliario está compuesto por usuarios que tienen diferentes roles, nos encontramos con vendedores (que pueden ser promotoras, agencias inmobiliarias, particulares) y con compradores (que pueden ser agencias inmobiliarias, particulares, empresas).

Los inmuebles que se pueden comprar y vender pueden ser viviendas (pisos, casas unifamiliares), locales, edificios, naves industriales, etc. Para la adquisición de estos inmuebles por lo general hay que pedir créditos hipotecarios a interés fijo o variable. Estos son concedidos por entidades financieras, tanto bancos como cajas de ahorros. Se pide:

- a) Propón una representación estructurada del conocimiento adecuada para este dominio. Asigna dos o tres atributos a cada frame principal y al menos uno a los demás. Define completamente los slots **precio de venta** en inmueble e **interés** en crédito hipotecario ¿Hace falta un slot diferente para los diferentes tipos de créditos?
- b) Caracteriza la relación **solicita** entre comprador y crédito hipotecario, la relación **estudia** entre entidad financiera y crédito hipotecario, la relación **concede** entre entidad financiera y crédito

hipotecario y la relación **hipotecado** entre inmueble y crédito hipotecario. Añade y define lo necesario para que no se pueda conceder un crédito que suponga más del 80 % del valor del inmueble que se va a adquirir (explica todas las decisiones que tomes).

- c) Cuando se adquiere un inmueble se ha de comprobar que éste no tenga alguna hipoteca pendiente. Añade y define lo necesario para que no se pueda adquirir un inmueble si su poseedor tiene concedido un crédito que hipoteca el inmueble.
- d) Define el slot **potentado** que sea cierto cuando un particular posee inmuebles no hipotecados con un valor mayor a 3 millones de euros.
- e) Un comprador se puede desgravar parte de lo que paga de hipoteca si ésta supone más de un 50 % del valor de compra de la vivienda. Define un método que permita a hacienda saber qué compradores pueden tener desgravación, la entidad que ha concedido la hipoteca y la dirección del inmueble. ¿Dónde se ubica el método? ¿Es heredable?





## 8. Sistemas Basats en el coneixement: Enginyeria del Coneixement

1. Para los siguientes problemas indica si son problemas de síntesis o de análisis justificando tu respuesta:
  - Determinar la mejor ubicación para un hospital dentro de una ciudad dadas un conjunto de posibles ubicaciones y sus características.
  - Determinar la mejor forma de asignar los horarios del personal de ambulancias de una red de hospitales para que se puedan atender un mínimo de urgencias optimizando los desplazamientos de las ambulancias.
  - Determinar para una lista de operaciones quirúrgicas a realizar y una lista de médicos y personal de quirófano, en qué orden se han de realizar las operaciones y qué personal ha de intervenir, dadas las restricciones de horarios de quirófanos y la urgencia de las intervenciones.
2. El departamento de planificación urbana de la ciudad de Urbópolis ha decidido utilizar un SBC para la planificación de los diferentes elementos de la ciudad.

Para este departamento la ciudad está compuesta por unidades urbanas de tres tipos distintos. El primer tipo son las unidades comerciales que pueden corresponder a comercios mayoristas o comercios minoristas. El segundo tipo son las unidades de servicio al ciudadano tales como colegios públicos, bibliotecas, zonas verdes, polideportivos, hospitales, centros de asistencia primaria, plazas públicas, farmacias y oficinas de servicios públicos. Finalmente, el tercer tipo son las unidades residenciales que pueden corresponder a viviendas unifamiliares, edificios de pisos y manzanas de viviendas.

Las unidades urbanas se pueden ubicar en espacios. Hay espacios de dos tipos. El primero son los solares que pueden clasificarse en bloques (capacidad para un solo edificio), manzanas (capacidad para varios edificios) y grandes áreas (capacidad para grandes instalaciones). El segundo tipo son los locales.

El departamento de planificación tiene la información de todos los espacios que existen en la ciudad. También dispone de la información de qué espacios están vacantes en la actualidad y qué unidades urbanas se han asignado a los espacios ya ocupados. A cada espacio solo se le puede asociar una unidad urbana.

Las unidades urbanas se encuentran dentro de barrios, que es la división más fina en la que el ayuntamiento agrupa las zonas de la ciudad. El barrio tiene información sobre su población, incluyendo su distribución por edades (niños, adultos, ancianos). Los barrios a su vez están agrupados en distritos.

Otro elemento de la ciudad son las vías. Estas se pueden clasificar en grandes vías, avenidas, vías fluidas y vías comunes. Todo espacio tiene una serie de vías con las que está relacionado (aquellas que lo bordean y/o cruzan). Cada vía tiene información de la cantidad de coches por minuto que la recorren. Estas vías estarán relacionadas también con barrios y distritos.

### A) Preguntas de Ontologías/Frames

- a) Propón una representación estructurada del dominio descrito e identifica los atributos más relevantes.
- b) Define todas las relaciones de usuario que consideres necesarias y, en particular, especifica **ubicado\_en** entre unidad urbana y espacio, **situado\_en** entre espacio y barrio, **relacionado\_con** entre espacio y vía.
- c) Propón e implementa un mecanismo adecuado para obtener el total de la población infantil en la ciudad.
- d) Define todo lo necesario para determinar a qué distrito pertenece una unidad urbana y a qué barrios pertenece una vía ¿Es posible asociar números de distrito a barrios y vías usando el mecanismo de herencia? Justifica tu respuesta.

- e) Define lo necesario para obtener un listado de todos los espacios vacantes de la ciudad y de todos los ocupados indicando qué uso se les ha asignado.
- f) Define lo necesario para obtener la relación de todas las unidades urbanas de un tipo dado ubicadas en un distrito.

#### B) Preguntas de IC

- a) El primer objetivo del departamento de planificación es hacer una clasificación de los espacios vacantes de manera que se pueda tener un catálogo que indique qué tipos de usos son adecuados para cada una de ellos. Suponemos que a cada espacio solo se le puede asociar una unidad urbana. Por el conocimiento de los ingenieros urbanísticos, se sabe que las unidades comerciales solo pueden ser ubicadas en locales. Lo mismo sucede con las oficinas de servicios públicos y farmacias que solo pueden ubicarse en locales. Las bibliotecas se pueden colocar en locales si la población del barrio no es muy grande o ya existen otras bibliotecas en el barrio. En caso contrario se ubican en bloques.

Respecto a las unidades residenciales, las viviendas unifamiliares y los edificios de pisos solo se pueden ubicar en bloques y las manzanas de viviendas solo se pueden ubicar en manzanas.

Para el resto unidades de servicio al ciudadano, los colegios, centros de asistencia primaria y plazas solo pueden ubicarse en manzanas y los polideportivos y parques solo pueden hacerlo en grandes áreas.

Para decidir el uso de un espacio se tienen en cuenta además otras características de la zona donde está ubicado ese espacio. Por ejemplo, se tiene en cuenta la densidad de población del barrio (*alta*, *media*, *baja*) globalmente o por tipos de población. También se estima la densidad del tráfico del barrio (*alta*, *media*, *baja*) respecto al número de vías que pasan por él y su densidad.

También se tienen en cuenta las diferentes proximidades (*al lado*, *cerca*, *media*, *lejos*) de las unidades urbanas ya ubicadas en los espacios, tanto a nivel de barrio como a nivel de distrito. Finalmente también se tienen en cuenta el tipo de vías con las que está relacionado el espacio y la densidad de su tráfico.

Por ejemplo, los colegios se deben ubicar en zonas de *alta* densidad de población infantil, donde haya al menos *cerca* bibliotecas y zonas verdes como máximo a *media* distancia del colegio. La densidad del tráfico de las vías *cercanas* ha de ser baja. Todo colegio debe estar a distancia *media* o *lejos* de cualquier otro colegio.

Los centros de asistencia primaria deben ubicarse preferiblemente en zonas de *alta* densidad de población infantil y/o anciana, *cerca* de alguna farmacia, con una densidad de tráfico alrededor *media*, *cerca* de alguna vía fluida y a una distancia *lejos* de otros centros de asistencia primaria.

El problema que se plantea es un problema de análisis y se puede resolver mediante clasificación heurística. Determina cómo se ubicarían los pasos de resolución de este problema en cada una de las fases de esta metodología. Da diferentes ejemplos de reglas para cada una de las fases que muestren como se llegaría a asociar un colegio a un espacio.

- b) Una alternativa para representar el conocimiento de los ingenieros y las normas urbanísticas que permite obtener una propuesta de usos de los espacios vacantes son las redes bayesianas. Como ya se ha mencionado en el apartado anterior, en una manzana podría por ejemplo ubicarse una manzana de viviendas, un colegio, una plaza o un centro de asistencia primaria. Adicionalmente las evidencias recolectadas pueden hacer que alguno de los usos tenga más fuerza que otros. La red bayesiana permitiría representar el proceso de asignación de unidades y sus pesos.

Comenta cómo modelarías el problema con una red bayesiana (qué escogerías como nodos, qué valores tendrían y qué dependencias habría entre los nodos) y da un ejemplo simple de red bayesiana para ilustrarlo.

- c) Determinar los posibles usos de cada uno de los espacios solo es el primer paso del proceso que sigue el departamento de planificación. El siguiente paso es encontrar la mejor forma de ocuparlos. En el caso particular de las unidades de interés ciudadano, se ha de tener en cuenta las unidades

urbanas de ese tipo ya existentes, las diferentes restricciones de ubicación que impone el propio departamento y los recursos de que se disponen.

La ciudad determina que debe haber al menos un centro de atención primaria por barrio, pero no más de diez por distrito. Los centros de atención primaria han de estar lo más *lejos* posible entre si dentro del barrio. Debe haber al menos dos farmacias *cercanas* a cada centro de atención primaria, pero las farmacias del barrio deben estar a una distancia *media* entre ellas. Debe haber al menos un hospital por distrito y deben estar a distancia *media* de los centros de atención primaria.

Debe haber un colegio en un barrio por cada 300 niños, pero éste debe estar a una distancia *media* de otros colegios del barrio y debe estar *cerca* de al menos dos bibliotecas y al menos tres plazas en el barrio. Debe haber a distancia *media* del colegio al menos una zona verde y un polideportivo en el barrio.

El barrio debe tener al menos una zona verde y un polideportivo pero las áreas verdes y polideportivos de cada barrio deben estar a distancia *lejana* entre sí. Cada barrio debe tener al menos 5 plazas que deben estar a distancia *media* entre sí pero no más de 30 por distrito. No debe haber grandes vías *cerca* de colegios, zonas verdes o polideportivos.

Las oficinas de atención ciudadana deben estar *cerca* entre si en el barrio y no debe haber más de 5 por barrio. Debe haber como mínimo una biblioteca por barrio y debe estar *cerca* de alguna oficina de atención ciudadana.

Este problema se puede plantear como un problema de satisfacción de restricciones. Explica cómo se puede resolver con este enfoque. Identifica las variables adecuadas, sus dominios, los diferentes tipos de restricciones entre variables que se necesitan y la estructura de la red de restricciones. Justifica tus respuestas.

### 3. El siguiente problema es un problema de análisis:

“Una labor de los equipos médicos de urgencias en situaciones de emergencia es determinar la prioridad con la que se ha de tratar a los pacientes. Este proceso es denominado *triage*. Los médicos están entrenados para analizar el estado del paciente y clasificarlo en tres grupos: Situación vital, grave pero no vital y heridas menores. Para realizar esta clasificación se utilizan diferentes criterios, pero podríamos reducirlos a tres: cardiovasculares, traumatismos y respiratorios. Cada uno de estos incluye toda una serie de síntomas, como por ejemplo, paro cardíaco, arritmias, tensión arterial, ... para los cardiovasculares, hemorragias, heridas abiertas, cortes, fracturas, ... para traumatismos, obstrucción de vías, perforación pulmonar, colapso pulmonar, ritmo respiratorio, ... para respiratorios”

Explica cómo lo resolverías usando clasificación heurística. Da algún ejemplo de regla para cada una de las fases de esta metodología.

### 4. La FIB desea construir un sistema de recomendación capaz de proponer un conjunto de asignaturas de las que matricularse que se ajuste a las preferencias del alumno, su historial académico y sus restricciones (horarias, de perfil profesional, de dedicación, ...)

La FIB dispone para cada alumno de su expediente académico, que guarda cada convocatoria de examen a la que se ha presentado, con la asignatura, el cuatrimestre, el horario en el que se realizó y su calificación.

Para cada asignatura tiene su número de créditos ECTS, su distribución según teoría, problemas y laboratorio y la carga de horas total de trabajo por cada uno de estos conceptos. También se tiene si es obligatoria, optativa o de libre elección, si es de proyecto, el curso en el que esta ubicada en el plan de estudios, sus prerrequisitos, los temas en los que puede ubicarse, si tiene horarios de mañana y tarde o solo de mañana o de tarde. Como información adicional se tiene también el número de personas matriculadas el cuatrimestre anterior y el porcentaje de aprobados.

Los temas están clasificados según si son generales (programación, ingeniería de software, bases de datos, redes, arquitectura de computadores, matemáticas, física, ...), especializados (lenguajes de programación, inteligencia artificial, cálculo numérico, gráficos, investigación operativa, tratamiento de datos, geometría computacional, lógica, ...) o no informáticos (lúdicas, culturales, divulgación científica,

...). Para cada tema especializado se sabe qué otros temas le son afines, por ejemplo, la gente interesada en inteligencia artificial puede interesarse por el tratamiento de datos o la lógica, o la gente interesada en los gráficos puede interesarle la geometría computacional.

Se dispone también de los perfiles profesionales definidos por la facultad y los temas especializados que están incluidos en cada uno.

Los alumnos pueden indicar algunas de una serie de restricciones como son el número máximo de asignaturas a matricularse, número máximo de horas de dedicación esperadas, número máximo de horas de dedicación a prácticas de laboratorio aceptable, tipo de horarios (indiferente, solo mañana o solo tarde), temas especializados en los que puede estar interesado, interés por completar un perfil, dificultad global aceptable de las asignaturas (todas fáciles, todas difíciles, equilibrado), ...

Como el alumno no tiene por que introducir todas estas restricciones, se pueden complementar/obtener mediante un proceso de análisis y razonamiento sobre el expediente del alumno (número de asignaturas matriculadas por curso, temas de las asignaturas cursadas, cumplimiento de perfiles, éxito en las asignaturas según su dificultad, ...), la normativa académica de la facultad (número máximo de asignaturas/créditos que pueden matricularse, ...), recomendaciones de sentido común en este dominio (cubrir el perfil más completo, no matricularse de muchas asignaturas de proyecto, tener el mismo tipo de horario que el cuatrimestre pasado, ...).

El sistema debe generar varias recomendaciones de matrícula cada una con un conjunto de propuestas de asignatura. Estas deben respetar las restricciones indicadas por el alumno y las que haya obtenido el sistema del análisis de su expediente.

- a) Identifica y enumera qué conceptos forman los datos de entrada y la solución del problema. Representa gráficamente estos conceptos mediante una red de frames incluyendo los atributos mas relevantes y sus relaciones, tanto las taxonómicas, como las no taxonómicas que creas que son necesarias.
- b) Hemos identificado dos problemas. El primero será un problema de análisis que deberá determinar para cada asignatura si se le puede recomendar o no a un alumno según sus características. Para una asignatura recomendable distinguiremos tres grados (alto, bajo, medio) dependiendo de lo bien que consideramos que encaja con las características/necesidades del alumno.  
Para hacer la asociación entre alumno y asignatura hemos determinado un conjunto de características que hemos de abstraer de la información del alumno con una serie de valores, por ejemplo: Dificultad que puede asumir (alta, media), volumen de trabajo que puede asumir (alto, medio, bajo), intereses temáticos (lista de temas), perfil principal (nombre de perfil), interés en perfil (ninguno, medio, alto), tiempo de dedicación (alto, medio, bajo), ...  
Ubica los pasos necesarios para resolver el problema en las fases de la metodología de clasificación heurística y da ejemplos ilustrativos de reglas para cada fase.  
¿Crees que se podría hacer la fase de asociación heurística mediante redes bayesianas? ¿qué se necesitaría? ¿modificaría la forma de determinar los grados de recomendación de una asignatura?
- c) El segundo problema es la construcción de las recomendaciones de matrícula. Es un problema de síntesis que podríamos resolver mediante proponer y aplicar. Define un conjunto de operadores que permitan resolver el problema indicando qué harían, las restricciones globales y específicas que deberían tener en cuenta para aplicarse y los criterios de evaluación que determinan la bondad de cada operador y de la solución.

5. La huelga de guionistas en EEUU ha abierto la puerta a los guiones generados por ordenador, así que se nos ha planteado la posibilidad de diseñar un SBC capaz de generar el esquema del guión de episodios de series de televisión.

Una serie tiene personajes, unos serán los protagonistas y otros los personajes secundarios. Cada personaje tendrá una serie de características, como por ejemplo una personalidad, una clase social, si es bueno o malo, ...

Tendremos un conjunto de temáticas sobre las que podremos generar guiones como por ejemplo ciencia-ficción, acción, drama familiar, comedia de situación, ...

El esquema del guión lo basaremos en secuencias ordenadas de estados por los que pasará cada personaje. Estos estados podrán ser emocionales (triste, alegre, enamorado, enfadado, ...) o físicos (peligro, hambre, herido, muerto, viaje). Esta secuencia de estados la determinaremos a partir del tipo de serie que queramos crear y las características de los personajes principales que intervienen.

El esquema propiamente dicho del guión será una secuencia ordenada de escenas. Estas escenas las clasificaremos en dramáticas (por ejemplo un rescate), humorísticas (un personaje le gasta una broma a otro), acción (una pelea), cotidianas (una familia desayunando), ... Una escena tendrá una duración asociada.

Cada escena estará asociada al conjunto de estados necesarios para aplicarla. Una escena también tendrá asociados unos roles que indican qué personajes han de intervenir en la escena, los roles pueden ser por ejemplo iniciador, participante, receptor, ... Cada personaje estará asociado a una escena a través de un rol.

El objetivo del SBC es crear el guión un episodio con una duración lo mas cercana posible a una dada, pero siempre inferior. Como datos de entrada nos indicarán qué personajes principales aparecen, cuales son sus características, la temática de la serie y detalles sobre la ambientación, como por ejemplo la época, el lugar, ... El episodio se compondrá de una serie de escenas y los personajes que intervienen en cada una de ellas. Todos los personajes principales tendrán que aparecer en algún momento y tendremos que determinar qué personajes secundarios hacen falta, con la restricción de que deberemos añadir el mínimo posible ya que los actores son caros.

- a) Identifica todos los conceptos que forman parte del problema. Representa gráficamente estos conceptos mediante una red de frames incluyendo los atributos mas relevantes y las relaciones tanto taxonómicas como no taxonómicas que creas que son necesarias.
- b) Hemos decidido que el primer subproblema a resolver es el determinar los estados por los que pasará cada personaje. Para hacer mas sencillo el problema hemos escogido un conjunto finito de secuencias de estados típicas y una serie de características propias que las describen. Lo que queremos es asignar una de ellas a cada personaje principal dependiendo de la información de entrada del problema. Estas secuencias se podría refinar con algunas características específicas de los personajes o de la serie.

Por ejemplo, podríamos definir la secuencia *torbellino emocional genérico* que correspondería a la secuencia de estados (triste, enamorado, alegre, engañado, (triste o vengativo)) que podríamos describir por las características (soporta estrés = si, fortaleza emocional = si, fortaleza física = indefinida, aspecto físico = normal), donde se podía definir la elección sobre el último estado dependiendo por ejemplo de si el personaje es bueno o malo.

Este planteamiento encaja con el método de clasificación heurística. Explica lo que se debería hacer en cada una de las fases de esta metodología para resolver el problema tal como se ha explicado. Pon ejemplos sencillos de reglas para cada fase.

- c) El segundo subproblema consiste en construir la secuencia de escenas que encajen lo mejor posible con los estados por los que han de pasar los personajes principales (los estados que no se puedan encajar deberían corresponder a personajes secundarios) y determinar los personajes necesarios para cada escena. Éste es un problema de síntesis que podríamos resolver mediante proponer y aplicar. Define un conjunto de operadores que permitan resolver el problema, indicando que harían, las restricciones globales y específicas que deberían tenerse en cuenta para aplicarse y los criterios de evaluación que determinan la bondad de cada operador.

6. Una compañía aérea desea organizar las asignaciones de puestos que han de desempeñar sus empleados de manera que se puedan cubrir todos los puestos que necesitan para atender los vuelos de la compañía que llegan y salen de un aeropuerto concreto.

El personal de que dispone la compañía se puede clasificar en personal de vuelo y personal de tierra. Para el personal de vuelo hay puestos de piloto y auxiliar de vuelo. Para el personal de tierra hay puestos en facturación de equipajes, venta de billetes, atención al cliente, embarque y reclamación de equipajes. Cualquier persona del personal de tierra puede ocupar cualquiera de los puestos posibles.

Por razones evidentes no ocurre lo mismo con el personal de vuelo. Para el personal de tierra cada puesto se asigna a una persona durante una semana en cualquiera de los tres horarios de trabajo (mañana, tarde y noche). El personal de vuelo es móvil, ya que se desplaza en los vuelos y por lo tanto sólo puede ser asignado a un nuevo vuelo cuando ha regresado del último. Los puestos de tierra están asignados a las diferentes terminales del aeropuerto. En cada terminal hay facturación de equipajes, embarque y atención al cliente, pero solo hay venta de billetes y reclamación de equipajes en una terminal.

Para poder hacer la asignación de personal nos hará falta cierta información para cada persona como por ejemplo cual fue el último puesto que ocupó, cuándo lo hizo, en qué horario, etc.

La compañía ha de cubrir un número específico de puestos, tanto para vuelos como en tierra. Esta asignación deberá cumplir también ciertas restricciones, como por ejemplo que el personal de tierra no pase más de dos semanas en el mismo puesto, salvo si está en reclamación de equipajes, puesto en el que nadie puede estar más de una semana seguida en un mes. Tampoco puede pasar una persona más de un mes en el mismo horario. El personal de vuelo no puede realizar más de un vuelo internacional al mes y no debe ser asignado a más de 7 vuelos al mes.

El objetivo es construir un sistema capaz de obtener una asignación de personas a puestos en el aeropuerto durante un mes para cada uno de los horarios cumpliendo las restricciones comentadas.

- a) Identifica qué conceptos, características, objetivos y soluciones forman el problema. Representa gráficamente los conceptos que has identificado mediante una red de frames y sus relaciones taxonómicas. Incluye en cada concepto al menos dos atributos que sean necesarios para su descripción. Describe completamente mediante el lenguaje de representación de frames vista en clase al menos tres relaciones entre los conceptos que has representado. Indica qué demons podrían ser necesarios en la representación y qué comprobarían (no hace falta que los implementes).
- b) El problema que se pretende resolver ¿es un problema de análisis o de síntesis? ¿Porqué?
- c) ¿Si lo implementáramos mediante un sistema de producción que tipo de razonamiento te parecería el más adecuado para resolverlo? ¿Porqué?
- d) ¿Como descompondrías la solución del problema? Identifica y especifica los subproblemas a resolver y como se encadenarían para construir la solución. Indica si los subproblemas se corresponden con alguna de las metodologías de resolución de problemas que conoces. Escribe para cada problema que identifiques algún ejemplo de las reglas de producción que harían falta para resolverlo.

7. La compañía de traslados *Move-a-ton* quiere desarrollar una herramienta capaz de asesorar a sus clientes respecto a cual es la forma más adecuada de trasladar sus pertenencias de su lugar actual al destino del traslado.

Esta compañía es capaz de realizar diferentes tipos de traslados de contenido desde diferentes tipos de ubicaciones, ya sean viviendas, tanto pisos como casas unifamiliares, como oficinas, ya sea un planta de oficinas o un edificio completo de oficinas. El lugar de traslado se compone de habitáculos, que se pueden clasificar, si son de viviendas, en dormitorio, salón, cocina y baño, o si son de oficinas en oficina, sala de reuniones, habitación de material y habitación multiusos.

Respecto a la ubicación del traslado, es importante saber si tiene ascensor o solo hay un acceso de escaleras. También son importantes los accesos al lugar, por ejemplo saber si está junto a una calle con poco tráfico, o si no se puede cargar delante del edificio sin cortar el tráfico.

Respecto a las cosas a trasladar, se puede estimar el volumen a partir del número de habitáculos que tiene el lugar y las características y número de los objetos que contienen (muebles desmontables, muebles no desmontables, objetos de pequeño tamaño, objetos voluminosos, objetos frágiles). Los muebles no desmontables y los objetos voluminosos no se pueden empaquetar y se debe indicar su peso y su dimensión más larga. Los muebles desmontables y los objetos pequeños se pueden empaquetar y se conoce el volumen aproximado que ocupan empaquetados. Para los objetos frágiles se indica si se pueden empaquetar o no (indicando el volumen en el caso de que sean empaquetables) y si hace falta personal especializado para trasladarlos.

La empresa dispone de diferentes medios de traslado (camiones grandes, furgonetas, contenedores de tren) y personal para realizar el traslado (empaquetadores, cargadores, desmontadores, personal especializado). Un traslado se compone de un conjunto de medios de traslado y el personal necesario.

#### A) Preguntas de Frames

- Propón una representación estructurada del dominio descrito e identifica los atributos más relevantes. Define completamente el atributo **empaquetable?** en objeto, indica si las subclases tienen alguna particularidad respecto a este slot.
- Define las relaciones **formado\_por** entre ubicaciones y habitáculos, la relación **contiene** entre habitáculo y objeto y la relación **traslada** entre personal y ubicación.
- Define el slot **grúa?** en ubicación que sea cierto si hay un objeto no empaquetable que tiene una dimensión mayor de 3 metros o un peso mayor a 100 Kg.
- Implementa un método que calcule el volumen total de todos los objetos empaquetables en una ubicación. ¿Donde habría que ubicar este método?
- ¿Podríamos definir el slot **empaquetable?** en habitáculo de manera que utilizara herencia para que fuera cierto si todos los objetos que hay en el habitáculo son empaquetables? Si no se puede, define lo que sea necesario para tener ese slot con la semántica indicada.

#### B) Preguntas de SBCs

- Para poder obtener la recomendación del traslado el usuario indica también cual es la distancia al lugar del traslado, cual es el tiempo máximo de carga y descarga de los objetos a trasladar (en horas) y el precio máximo que quiere pagar por el traslado.

A partir de esta información y de las características de los objetos que hay que trasladar, el tipo de ubicación y las características de los accesos se quiere obtener una solución que indique si el traslado debe hacerse mediante camiones grandes y/o furgonetas y cuántas hacen falta de cada tipo, si se ha de utilizar también el tren y el tipo de personal que es necesario y el número aproximado de personas de cada tipo.

Se ha determinado que este es un problema de análisis y para solucionarlo se han de abstraer ciertas características de los datos del problema. Hay características que son sencillas de abstraer, como por ejemplo el tipo de traslado: **local** (menos de 10 Km), **regional** (menos de 100 Km) o **larga distancia**; o el presupuesto: **bajo** (menos de 1000 euros), **medio** (menos de 3000 euros) o **alto**; o la duración del traslado: **corta** (menos de 5 horas), **media** (menos de 10 horas), **larga**.

Otras requieren cierto razonamiento, como la complejidad del traslado: **sencilla** en la que la mayor parte de los objetos se pueden empaquetar, no hay que desmontar muchos muebles y no hay objetos voluminosos y frágiles, **normal** en la que hay que hacer bastante desmontaje, hay algunos objetos voluminosos pero no se necesitan grúas y hay algunos objetos frágiles y **difícil** en la que se necesitan grúas y hay bastantes objetos frágiles; el volumen del traslado: **pequeño** si el número de habitáculos es inferior a 5 y no hay objetos voluminosos o muebles no desmontables, **medio** si es una casa unifamiliar o una planta de oficinas y hay pocos objetos no desmontables, **grande** si es una planta de oficinas y hay bastantes objetos no desmontables, **extremo** si es un edificio de oficinas o hay una gran cantidad de objetos no desmontables; la accesibilidad del traslado: **accesible** si se pueden ubicar los medios de traslado cerca de la ubicación y hay ascensor, **medianamente accesible** si hay ascensor, pero no caben todos los objetos voluminosos, **poco accesible** si no se pueden ubicar los medios de traslado cerca de la ubicación y el ascensor no se puede utilizar para la mayor parte de los objetos voluminosos.

A partir de estas características podemos decidir qué tipo de medios de traslado necesitamos y los tipos de personal, por ejemplo para un traslado de volumen grande harán falta camiones, si el traslado es de larga distancia y de volumen grande hará falta usar el tren, si la ubicación es poco accesible es mejor usar furgonetas, ... Si la complejidad del traslado es difícil y es de volumen grande harán falta empaquetadores, cargadores y desmontadores, si el volumen es pequeño con cargadores podría haber suficiente, ...

El número específico de medios de traslado y personal de cada tipo se puede obtener también razonando a partir de las características definidas, por ejemplo a mayor volumen más personal será necesario, a más objetos frágiles o voluminosos más cargadores y personal especializado hará falta, si la duración del traslado ha de ser corta se habrá de incrementar el personal, ...

El problema que se plantea es un problema de análisis y se puede resolver mediante clasificación heurística. Determina cómo se ubicarían los pasos de resolución de este problema en cada una de las fases de esta metodología. Da diferentes ejemplos de reglas relevantes para cada una de las fases.

- b) La parte de asociación heurística se podría resolver mediante el formalismo de redes bayesianas. Las características de una solución se podrían definir de manera que se obtuvieran una serie de valores a partir de los cuales se pudiera hacer mejor la especialización. Por ejemplo se podría definir la necesidad de camiones grandes o furgonetas en tres valores **ninguno o uno, dos o tres y más de tres**, y las necesidades de los diferentes tipos de personal (empaquetadores, cargadores, desmontadores, personal especializado) en **ninguno, hasta 5 personas, hasta 10 personas y más de 10 personas**.

Comenta cómo modelarías el problema con una red bayesiana (qué escogerías como nodos, qué valores tendrían y qué dependencias habría entre los nodos) y da un ejemplo simple de red bayesiana para un subconjunto de las variables para ilustrarlo. ¿Qué ventajas tendría resolver la asociación heurística de esta manera?

8. El restaurant *Aprofita-ho* és un restaurant de prestigi internacional. S'ha guanyat el seu prestigi perquè elabora els seus plats tenint en compte les preferències del client i els ingredients dels que disposa. Així doncs, els menús resultants són al gust del client. el xef té en compte si el client prefereix la carn crua o cuïta, si li a grada el peix, si és vegetarià, si li agraden les verdures poc cuites, si li agraden les amanides, si prefereix les amanides a l'inici o al final, si li agrada la barreja entre dolç i salat, etc. També té en compte els ingredients dels que disposa: ous, pollastre, conill, enciam, endívies, col, patates, llobarro, rap, calamars, tomàquet, ceba, alls, etc. Amb tota aquesta informació, elabora els plats i confecciona el menú més adient per al client.

El xef pertany a la nova fornada de cuiners tecnòcrates, i està força convençut de que es pot informatitzar el procés d'elaboració dels plats i confecció del menú. Encara més, creu que podria ser útil un sistema expert, segons el que va aprendre en un curs de postgrau en Intel·ligència Artificial que va fer a la UPC. Responen a les següents qüestions:

- Identifica qué conceptes formen les dades d'entrada del problema. Representa gràficament aquests conceptes mitjançant una xarxa de frames incloent els atributs més rellevants i les relacions, tant les taxonòmiques com les no taxonòmiques que creguis que son necessaries.
- Identifica els conceptes que formen la solució del problema. Representa gràficament aquests conceptes mitjançant una xarxa de frames i les relacions, tant les taxonòmiques, com les no taxonòmiques, que creguis que son necessaries.
- ¿Com descompondries el problema en subproblemes? Identifica i especifica els subproblemes a resoldre i com s'encadenarien per construir la solució.
- Indica per cada subproblema que has identificat si es un problema d'anàlisis o de síntesi. Justifica-ho.
- ¿Quin tipus de raonament et sembla més adequat para cada subproblema? Justifica-ho.

9. A muchas empresas de consultoría les encantaría tener un sistema experto capaz de realizar los informes que muchas empresas les solicitan sobre cómo informatizarse. No se trata de un problema sencillo, pues hay que tener en cuenta bastantes factores sobre las necesidades de la empresa, su actividad, su presupuesto, etc. Soluciones informáticas hay muchas dependiendo de esos factores, pero por lo general se suele acotar bastante a partir de la experiencia y de las soluciones más o menos precocinadas que ya existen en el mercado (Muchas veces las propias consultorías tienen bastante fidelidad a una serie de productos que ya han recomendado con éxito).



El problema consiste en analizar el dominio propuesto (decidir las necesidades informáticas de una empresa) y reflexionar en cómo se debería construir un SBC que fuera capaz de evaluar la información que viene de la empresa y aconsejar la solución informática que necesitan a grandes rasgos, sin entrar en detalles concretos.

Información que se podría tener en cuenta sobre una empresa es por ejemplo: actividad, necesidad de relacionarse con otras empresas, tamaño de la empresa, necesidad de comunicación interna, comparación de recursos, presupuesto del que disponen, proyección de futuro. Todas estas características y restricciones apuntarán a soluciones informáticas parciales que deban coordinarse: número de ordenadores, potencia de estos, necesidad de servidor de ficheros, tipo de red, comunicaciones externas.

Por ejemplo, si al sistema se le presenta una empresa con un tamaño medio (unos 50 empleados) que se dedica a la venta de material de construcción que tiene un presupuesto razonable, con una previsión de crecimiento grande, que desearía mantener control de sus actividades (stock, ventas, proveedores, clientes), que desea también una comunicación ágil con sus proveedores que también están informatizados, pero que las tareas burocráticas (cartas, facturas, pedidos a proveedores, redacción de contratos) las desarrollan pocas personas ya que la mayoría de su plantilla son representantes, se le podría presentar una solución basada en un ordenador central para todo el control del negocio con una capacidad de almacenamiento grande al que se pudieran conectar terminales y un número no muy grande de ordenadores de sobremesa para las labores burocráticas con impresoras, un número de ordenadores portátiles para los representantes con capacidad para conectarse a la central y un sistema de comunicaciones que permita conectarse a los representantes y realizar pedidos electrónicos a los proveedores. La necesidad de comunicaciones internas no existiría. La posibilidad de ampliación de la capacidad de la máquina central y de comunicación externa debería asegurarse para no comprometer un probable crecimiento del negocio.

Una vez reflexionado sobre el problema planteado hay que responder a estas preguntas, justificando las decisiones que se toman:

- a) Identifica qué conceptos forman los datos de entrada del problema. Representa gráficamente estos conceptos mediante una red de frames incluyendo los atributos más relevantes y las relaciones, tanto las taxonómicas como las no taxonómicas que creas que son necesarias.
  - b) Identifica los conceptos que forman la solución del problema. Representa gráficamente estos conceptos mediante una red de frames y las relaciones, tanto las taxonómicas, como las no taxonómicas, que creas que son necesarias.
  - c) ¿Cómo descompondrías el problema en subproblemas? Identifica y especifica los subproblemas a resolver y cómo se encadenarían para construir la solución.
  - d) Indica para cada subproblema que has identificado si es un problema de análisis o de síntesis. Justificalo.
  - e) ¿Qué tipo de razonamiento te parece más adecuado para cada subproblema? Justificalo.
10. El elegir una tarifa de telefonía móvil es una tarea realmente complicada dado el gran número de diferentes tarifas que las compañías ofrecen. Para facilitar lo la asociación de consumidores quiere desarrollar un sistema que permita recomendar la más adecuada a cada usuario.

Para desarrollar el sistema hemos determinado que podemos caracterizar a un usuario a partir de una serie de informaciones sobre su uso mensual del móvil, como por ejemplo cuantas llamadas son a amigos y familiares, cuantas son por trabajo y cual es más o menos la duración de cada tipo, cuantas llamadas hace en horario de mañana, tarde y noche, cuantas llamadas hace en días laborables y cuantas en fin de semana, cuantos mensajes envía, a cuantas compañías diferentes son sus llamadas, cuantas tarifas diferentes de móvil ha tenido en los últimos tres años, ...

A partir de esta información se puede elaborar un perfil de las características del usuario basándonos en un conjunto de atributos: perfil particular (bajo, medio, alto), perfil laboral (bajo, medio, alto), uso (bajo, moderado, alto, intensivo), tipo de llamada (contacto, conversación), mensajería (bajo, medio, alto), flexibilidad horaria (baja, media, alta), destinos (uno, cualquiera), fidelidad (alta, baja).

Las diferentes tarifas de móvil también se pueden describir mediante una serie de características que nos permitirán identificar mejor que conjunto de tarifas son las más adecuadas para el usuario. Una tarifa puede ser descrita por su cuota mensual (ninguna, baja, media, alta), la exigencia de un consumo mínimo (no, bajo, medio, alto), el coste de establecimiento de llamada (ninguno, bajo, medio, alto), el coste de la llamada por minuto al operador (ninguno, bajo, medio, alto), el coste por minuto a otros operadores (ninguno, bajo, medio, alto), descuento por volumen de llamadas (si, no), minutos de llamada incluidos en la cuota mensual (medio, alto, muy alto), flexibilidad de horario con coste reducido (ninguna, baja, media, alta), número máximo de destinos (bajo, medio, alto), coste de los mensajes (bajo, medio, alto), exigencia de permanencia (alta, media, baja).

A partir del perfil del usuario podemos asociar los valores de las características de la tarifa más adecuada, por ejemplo, si el perfil particular del usuario es alto y hace un uso alto, puede convenirle una tarifa que tenga una exigencia de consumo mínimo alta y que tenga una cuota mensual media. Si el perfil particular es alto y los tipos de llamadas son de contacto y con una flexibilidad horaria baja puede convenirle una tarifa con ninguna cuota mensual y una exigencia de consumo baja. Si el uso es intensivo necesitará una flexibilidad de horario alta y con un número de destinos alto. Si la fidelidad del usuario es alta y su uso es bajo podrá tener una tarifa con una exigencia de permanencia alta.

Una vez determinados los valores de las características de la tarifa más adecuada se puede identificar la tarifa concreta a partir de los valores concretos de consumo del usuario y los precios específicos de las tarifas de las compañías.

- a) El problema que se plantea es un problema de análisis y se puede resolver mediante clasificación heurística. Determina cómo se ubicarían los pasos de resolución de este problema en cada una de las fases de esta metodología. Da diferentes ejemplos de reglas relevantes para cada una de las fases.
  - b) La parte de asociación heurística se podría resolver mediante el formalismo de redes bayesianas. Comenta cómo modelarías esta parte del problema con una red bayesiana (qué escogerías como nodos, qué valores tendrían y qué dependencias habría entre los nodos) y da un ejemplo simple de red bayesiana para un subconjunto de las variables para ilustrarlo.
  - c) Una forma alternativa de solucionar el problema podría ser mediante razonamiento basado en casos. Define qué sería un caso en este problema y su solución asociada y explica brevemente qué se haría en cada una de las fases del ciclo de razonamiento basado en casos (recuperación, reuso, revisión y retención)
11. La consultoria informàtica VADEMIRACLE S.A. ha rebut l'encàrrec de la Conselleria d'Indústria de dissenyar un sistema informàtic intel·ligent que permeti facilitar la selecció i posterior compra d'automòbils nous per als ciutadans, dins la campanya de foment de la renovació del parc automobilístic i del consum. Aquest sistema d'ajut a la presa de decisions s'instal·larà en diversos locals de la Generalitat arreu del país. El sistema ha de tenir en compte les necessitats, gustos, pressupost, etc., de les persones, i recomanar-els-hi el/s cotxe/s que millor s'adequen a les seves demandes. El/s cotxe/s recomenats seran models determinats de les diferents marques automobilístiques disponibles, amb totes les seves característiques ben determinades (potència, nombre de portes, tipus d'equipament, etc.) i havent tingut en compte els equipaments opcionals desitjats. Responen a les següents qüestions [4 punts]:
- a) Identifica qué conceptes formen les dades d'entrada del problema. Representa gràficament aquests conceptes mitjançant una xarxa de frames inclouent els atributs més rellevants i les relacions, tant les taxonòmiques com les no taxonòmiques que creguis que son necessaries.
  - b) Identifica els conceptes que formen la solució del problema. Representa gràficament aquests conceptes mitjançant una xarxa de frames i les relacions, tant les taxonòmiques, com les no taxonòmiques, que creguis que son necessaries.
  - c) ¿Com descompondries el problema en subproblemes? Identifica i especifica els subproblemes a resoldre i com s'encadenarien per construir la solució.
  - d) Indica per cada subproblema que has identificat si es un problema d'anàlisis o de síntesi. Justifica-ho.

e) ¿Quin tipus de raonament et sembla mes adequat para cada subproblema? Justifica-ho.

12. Muchos alcaldes estan deseosos de satisfacer a sus ciudadanos instalando un parque de atracciones en su ciudad para que puedan disfrutar de ellos en sus momentos de ocio. Dada esta necesidad nos hemos decidido a hacer un sistema capaz de diseñar el parque mas adecuado para una ciudad a partir de sus características y el público potencial que puede atraer.

De esta manera, nos podemos fijar en diferentes informaciones que nos pueden indicar qué tipo de atracciones, qué tamaño debería tener el parque, qué tipo de ubicación es más adecuada en la ciudad (si es que hay un sitio adecuado). Hay que tener en cuenta que el tipo de atracciones que podemos incluir dependerá mucho del público potencial de la ciudad, por ejemplo puede influir la distribución por edades, el número de parejas con hijos pequeños, los otros equipamientos que pueda haber en la ciudad. También puede influir el nivel de turismo de la ciudad, la cercanía de otras poblaciones grandes, ...

Analizando esta información nos podemos hacer una idea de cuantas atracciones hacen falta, de que tipo (infantiles, juveniles, adultos, todos los públicos, ..) y qué otros equipamientos nos hacen falta (tiendas de souvenirs, de palomitas, de perritos, ...)

Otra cosa interesante (en este caso para nosotros) es una vez decididas que atracciones son interesantes en el parque, saber cómo ponerlas para maximizar el número de atracciones que visita la gente. Por ejemplo, si la montaña rusa está la primera y la gente se sube primero a ella posiblemente se le quiten las ganas de subir a otra atracción o si las atracciones infantiles están muy dispersas solo se subirán a las primeras, o si el tiempo que se pasa en las primeras atracciones es muy corto la gente se irá antes porque ya ha subido en muchas, ...

A partir de tener en cuenta estas restricciones podremos tener una idea de cómo colocar las diferentes atracciones y otros equipamientos en el parque a la hora de construirlo.

Una vez reflexionado sobre el problema planteado hay que responder a estas preguntas, justificando las decisiones que se toman:

- a) Identifica qué conceptos forman los datos de entrada del problema. Representa gráficamente estos conceptos mediante una red de frames incluyendo los atributos más relevantes y las relaciones, tanto las taxonómicas como las no taxonómicas que creas que son necesarias.
- b) Identifica los conceptos que forman la solución del problema. Representa gráficamente estos conceptos mediante una red de frames y las relaciones, tanto las taxonómicas, como las no taxonómicas, que creas que son necesarias.
- c) ¿Cómo descompondrías el problema en subproblemas? Identifica y especifica los subproblemas a resolver y cómo se encadenarían para construir la solución.
- d) Indica para cada subproblema que has identificado si es un problema de análisis o de síntesis. Justificalo.
- e) ¿Qué tipo de razonamiento te parece más adecuado para cada subproblema? Justificalo.

13. Los ingenieros de *Nontiendo* están deseosos de alcanzar a la competencia con su nueva consola *Nontiendo güi* y están pensado crear el programa *güi feet* que permitirá a cualquier usuario alcanzar la forma física que desea.

El programa evaluará el perfil del usuario a partir de la información que pueda recolectar, como por ejemplo todas las actividades físicas que realiza en el trabajo (sentado, de pie, desplazamientos a pie, movimientos repetitivos, levantamiento de peso, esfuerzos musculares, ...), actividades fuera del trabajo (estáticas (televisión, lectura, ...), tareas domésticas (planchar, barrer, fregar, colada, ...), desplazamientos (compra a pie, paseos, paseo de mascotas, ...)). De estas actividades nos interesa su frecuencia y duración. También obtendrá información sobre su salud como por ejemplo el peso, la edad, la presión sanguínea, problemas músculo-esqueléticos (dolor de espalda, articulaciones, cervicales, ...) , dieta (consumo de fruta, abuso de sal, picar entre horas, ...).

Aparte de esta información se necesitarán saber los objetivos del programa que se ha de crear, como por ejemplo mantenimiento, ponerse en forma, rebajar peso, musculación, flexibilidad, equilibrio, ... Así como del tiempo diario del que se dispone para el entrenamiento (al menos 30 minutos).

El sistema posee un conjunto de ejercicios encaminados a los diferentes objetivos que puede desear el usuario (cada ejercicio puede tener varios objetivos). Estos ejercicios tienen un conjunto de características y restricciones como por ejemplo el número de calorías que se queman por cantidad de tiempo, duración (mínima, máxima), número de repeticiones (mínimas, máximas), los grupos musculares que se ejercitan, si están contraindicados para alguna condición del usuario (presión alta, problemas musculares, ...), si no están indicados para ciertas edades. También tenemos información sobre los ejercicios que combinan mejor con cada ejercicio. La dificultad de los ejercicios (moderada, normal, difícil) puede estar ligada al propio ejercicio, al número de repeticiones que se realizan o a la condición física del usuario (hacer 5 abdominales puede ser fácil para un usuario con una condición física normal y sin sobrepeso, pero difícil para alguien con sobrepeso).

El sistema debe generar un programa de entrenamiento para una semana, creando para cada día una secuencia de ejercicios adecuada al tiempo del que se dispone. Los ejercicios deben elegirse según las restricciones físicas/médicas del usuario. Estos ejercicios deben ir encaminados principalmente al objetivo que ha indicado el usuario, incrementando su dificultad gradualmente dependiendo de las condiciones de partida del usuario. Debe haber un mínimo de ejercicios diferentes en cada sesión y durante la semana.

- a) Identifica qué conceptos forman los datos de entrada del problema. Representa gráficamente estos conceptos mediante una red de frames incluyendo los atributos mas relevantes y sus relaciones, tanto las taxonómicas, como las no taxonómicas que creas que son necesarias. ¿Algún atributo del concepto ejercicio necesitaría un demon? ¿Cuál? ¿Qué haría?
- b) Identifica los conceptos que forman la solución del problema. Representa gráficamente estos conceptos mediante una red de frames y sus relaciones, tanto las taxonómicas como las relaciones no taxonómicas que creas que son necesarias.
- c) Hemos identificado dos problemas. El primero consistirá en clasificar al usuario en un conjunto de perfiles básicos a partir de analizar la información que nos da, por ejemplo tendríamos el joven sano activo, el joven sedentario, el adulto sano sedentario, el adulto con sobrepeso, ... Evidentemente se trata de un problema de análisis que se puede resolver mediante clasificación heurística. Describe cómo encajarían las diferentes fases en la resolución de este problema indicando ejemplos de reglas de abstracción de datos y de asociación heurística. ¿Se podría hacer la fase de asociación heurística mediante el formalismo de redes bayesianas? Justifica tu respuesta.
- d) El segundo problema es la construcción del programa de entrenamiento. Es un problema de síntesis que podríamos resolver mediante proponer y aplicar. Define un conjunto de operadores que permitan resolver el problema indicando qué harían, las restricciones globales y específicas que deberían tener en cuenta para aplicarse y los criterios de evaluación que determinan la bondad de cada operador.

14. La casa de pirotècnia PIRONET, vol dissenyar un sistema intel·ligent de gestió multimèdia de les comandes dels seus clients via internet. Coincidint amb la revetlla de Sant Joan d'enguany, vol provar un primer prototipus del sistema.

El sistema actual que fan servir per a gestionar les comandes consisteix en atendre personalment als clients. Els empleats de l'empresa decideixen, a partir de les característiques dels clients, dels diners que es volen gastar, de les seves preferències, del tipus de lloc on s'ha de celebrar l'espectacle pirotècnic, etc. quin tipus de material pirotècnic és el més adequat per al client. Així tenen ja preparats uns assortiments variats amb material divers: assortiment de color, on predominen els efectes de color; un assortiment infantil, amb material molt poc perillós; un assortiment de trons, on predominen els efectes de soroll; un assortiment de coets, on predominen els coets; i un assortiment variat, on hi ha una mica de tot. De qualsevol forma, si el client no està d'acord amb l'assortiment suggerit per l'empleat, pot adaptar un assortiment fins a trobar la comanda ideal per a ell, o fins i tot, fer la comanda a mida dels seus gustos.

Dissenyeu un sistema expert basat en el coneixement que rebent les dades dels clients (via internet), prepari la comanda adient als clients, tal i com ho faria un empleat, comprovi la satisfacció del client, i si s'escau, modifiqui la comanda fins a satisfer els seus gustos. Finalment els hi ha comunicar la composició de la comanda (via internet).

- a) Identifica qué conceptes formen les dades d'entrada del problema. Representa gràficament aquests conceptes mitjançant una xarxa de frames inclouent els atributs més rellevants i les relacions, tant les taxonòmiques como les no taxonòmiques que creguis que son necessaries.
- b) Identifica els conceptes que formen la solució del problema. Representa gràficament aquests conceptes mitjançant una xarxa de frames i les relacions, tant les taxonòmiques, como les no taxonòmiques, que creguis que son necessaries.
- c) ¿Com descompondries el problema en subproblemes? Identifica i especifica els subproblemes a resoldre i com s'encadenarien per construir la solució.
- d) Indica per cada subproblema que has identificat si es un problema d'anàlisis o de síntesi. Justifica-ho.
- e) ¿Quin tipus de raonament et sembla més adequat para cada subproblema? Justifica-ho.

15. Después de observar los problemas de descoordinación de la ayuda humanitaria en desastres como el causado por el huracán Ernesto, la ONU ha decidido crear un SBC que, según el tipo de catástrofe, ayude a tomar decisiones sobre el tipo de ayuda a enviar en cada caso.

El sistema se limita a la resolución puntual de las emergencias ocurridas por desastres naturales. Para poder decidir el tipo de ayuda que se necesita en cada caso, el sistema ha de tener en cuenta:

- el tipo de desastre (huracán, terremoto, inundación, erupción...);
- la magnitud del desastre (Cada desastre tiene su propia escala de magnitudes.);
- el número estimado de personas afectadas por el desastre que necesiten ayuda;
- el número estimado de heridos;
- el lugar donde ha ocurrido el desastre (isla, costa, interior);
- las características orográficas relevantes (si hay ríos o lagos cerca, si es zona montañosa, altiplano, desierto, estepa...);
- el clima de la zona (tropical húmedo, desértico...);
- los servicios públicos que aun funcionan en la zona (luz, agua potable, alcantarillado, gas, radio, telefonía);
- el estado de las vías de comunicación hasta el área del desastre (tipo de vía y su estado actual);
- la existencia de reservas de alimentos y medicinas en la zona y cuantos días durarán;
- si en la zona del desastre existe algún conflicto militar o terrorista que pueda dificultar el suministro.

Con toda esa información el sistema ha de poder identificar el tipo de catástrofe humanitaria a resolver, y decidir el tipo de ayuda y la cantidad que se ha de mandar a la zona.

La ayuda puede ser de muchos tipos, y puede incluir: alimentos, ropa, tiendas de campaña, potabilizadores (si existe una fuente de agua utilizable) o cisternas de agua potable (si no hay fuentes de agua en la zona), medicinas, hospitales de campaña (si hay un número muy elevado de heridos), combustible, generadores de electricidad, equipos de comunicaciones (cuando no funcionan los servicios de comunicación de la zona o son insuficientes), maquinaria pesada (en terremotos, erupciones y desprendimientos de tierra, para desenterrar a los heridos), camiones (para transportar gente o mercancías, si existen carreteras en buen estado), barcos (si es zona costera o esta en la ribera de un río navegable) aviones y helicópteros (si no hay carreteras adecuadas). Además la ayuda también puede incluir personal humano: médicos, psicólogos, traductores, bomberos, ingenieros civiles, expertos en logística,

pilotos, policías y efectivos militares (para proteger al resto del personal humano y/o en zonas de guerra).

Se quiere construir este SBC de manera que, en base al tipo de catástrofe y su magnitud, decida el tipo de ayuda que haga falta.

- a) Identifica qué conceptos forman los datos de entrada del problema. Representa gráficamente estos conceptos mediante una red de frames incluyendo los atributos mas relevantes y sus relaciones, tanto las taxonómicas, como las no taxonómicas que creas que son necesarias.
- b) Identifica los conceptos que forman la solución del problema. Representa gráficamente estos conceptos mediante una red de frames y sus relaciones, tanto las taxonómicas como las relaciones no taxonómicas que creas que son necesarias.
- c) ¿Como descompondrías el problema en subproblemas? Identifica y especifica los subproblemas a resolver y como se encadenarían para construir la solución.
- d) Indica para cada subproblema que has identificado si es un problema de análisis y de síntesis. Justifícalo.
- e) ¿Qué tipo de razonamiento te parece más adecuado para cada subproblema? Justifícalo

16. Una famosa tienda de Internet desea ampliar los servicios que da a sus clientes dando recomendaciones sobre que productos podría comprar a partir de la información que ha recolectado de los usuarios que han hecho compras similares a las suyas.

Dado que es bastante costoso guardar toda la información de cada usuario individual se ha decidido utilizar un sistema basado en el conocimiento capaz de determinar el perfil al que pertenece un usuario usando las características de las diez últimas compras realizadas para cada tipo de producto. De todas formas, para poder refinar mas las recomendaciones guardamos también la cantidad de productos de cada tipo que ha comprado el usuario a lo largo del tiempo. Los productos que se venden en esta tienda virtual son libros, CDs musicales y películas en DVD.

Los libros están caracterizados por una serie de atributos como pueden ser el titulo, el autor, el tipo de encuadernación (tapa dura o bolsillo), el precio. Estos están categorizados según su temática en libros científico-técnicos (matemáticas, física, biología, informática, ...), literatura (clasificada como clásica o contemporánea o como novela, teatro o poesía), juvenil, policíaca, cocina, ...

Los CDs musicales están caracterizados por su título, su autor y su precio. Estos están categorizados por su género musical en jazz, pop-rock, country, techno, rap, música étnica, música clásica, bandas sonoras ... Las películas en DVD están caracterizadas por su título y su precio. Estas están categorizadas según su género en acción-aventura, comedia, drama, documental, ciencia-ficción, animación, cine clásico. Para simplificar las cosas se han determinado un conjunto de categorías de compradores que facilitan el determinar las recomendaciones. Así, tenemos a los usuarios ocasionales, que son los que han tenido menos de diez compras en cada tipo de producto y a los que sólo se les puede recomendar los productos más vendidos.

Tenemos a los un-poco-de-todo que son los que no tienen unas preferencias definidas y compran productos de todas las categorías, a estos se les pueden recomendar sólo los productos mas vendidos dada su indefinición. Tenemos los cinéfilos, que compran mayoritariamente cine y por lo tanto se les debe recomendar mayoritariamente productos de cine. Dentro de los cinéfilos tenemos a los aventureros, que son los que compran más películas de acción-aventura que de otros géneros o a los dramáticos que tienen preferencia por el drama.

Tenemos también a los melómanos que prefieren la música, dentro de estos puede haber amantes de los diferentes tipos de géneros musicales. También tenemos un tipo denominado clásicos, que tienen preferencia por la literatura clásica, la música clásica y el cine clásico. Evidentemente existen mas categorías que las que se han enumerado, pero en total no son un número muy grande.

Evidentemente un usuario no puede ser clasificado siempre en una única categoría, dadas sus últimas compras puede que cumpla características de varios tipos de compradores, por lo que la recomendación

debería ser una combinación de las recomendaciones adecuadas para cada una de las categorías de comprador a las que pertenezca.

El objetivo es construir un sistema capaz de obtener una recomendación adecuada para cada usuario que se conecta a la tienda virtual.

- a) Identifica que conceptos, características, objetivos y soluciones forman el problema. Representa gráficamente los conceptos que has identificado mediante una red de frames y sus relaciones taxonómicas. Incluye para cada concepto al menos dos atributos que sean necesarios para su descripción. Describe completamente mediante el lenguaje de representación de frames vista en clase las relaciones no taxonómicas que crees que son necesarias. Caracteriza completamente algún método que podría ser interesante tener en las categorías de los productos que vende la tienda.
- b) El problema que se pretende resolver ¿es un problema de análisis o de síntesis? Justifícalo
- c) Si lo implementáramos mediante un sistema de producción ¿Que tipo de razonamiento te parecería el mas adecuado para resolverlo? Justifícalo.
- d) ¿Como descompondrías el problema? Identifica y especifica los subproblemas a resolver y como se encadenarían para construir la solución. Escribe para cada problema que identifiques algún ejemplo de las reglas de producción que harían falta para resolverlo.

17. La empresa de jardinería KAMACO esta introduciendo las tecnologías de la información y las técnicas avanzadas de inteligencia artificial en su gestión diaria. Por eso está pensando en la posibilidad de construir un Sistema Experto (SE) para el diseño de jardines para sus clientes.

El diseño de jardines es una tarea muy creativa, pero tiene bastantes pautas de comportamiento que pueden ser generalizadas y usadas informáticamente. Hay una serie de características que se han de tener en cuenta a la hora de diseñar un jardín:

- El clima de la zona (temperatura, lluvia, viento, etc.)
- El tipo de suelo, que puede ser muy pesado y resistente al agua (arcilloso), ligero (arenoso), con cierta cantidad de sal (salino), etc.
- La profundidad de la capa de suelo fértil, el drenaje natural, el pH de suelo
- La orografía de la parcela, si hay zonas elevadas o zonas deprimidas, zonas planas, zonas con pendientes fuertes o suaves, etc.
- Las plantas a incluir: árboles, arbustos, setos, trepadoras, césped, plantas aromáticas, árboles frutales, etc.
- Elementos del jardín, como por ejemplo mobiliario, rocas, muros de contención, piscina, etc.
- Usos del jardín que implican diversas zonas de utilización como por ejemplo usos deportivos, reuniones familiares, relajación y descanso, etc.
- El coste del mantenimiento del jardín, que varía según las especies vegetales
- El presupuesto que quiere gastar el cliente, etc.

En la vida de la empresa se ha acumulado mucho conocimiento sobre el diseño de jardines. Hay un conjunto de tipos básicos de jardines con unas características determinadas: el **jardín mediterráneo** con predominio de pinos, arbustos, rosales, césped suave, plantas aromáticas; el **jardín tropical** donde predominan el bambú, las palmeras, el césped y la vegetación frondosa; el **jardín alpino** con césped resistente al frío, abetos, plantas resistentes al frío; el **jardín árabe** con plantas resistentes a la sequía, plantas autóctonas, una fuente i/o estanque; el jardín clásico con setos, césped, parterres con flores vistosas, estanques, plantas trepadoras; y unos cuantos tipos más de jardín (inglés o paisajístico, francés, japonés, romántico, medieval, etc.).

Además, se suelen identificar las diferentes zonas en las que se quiere dividir el jardín para diferentes usos.

Se quiere construir un SE que dadas las preferencias del cliente, pero teniendo también en cuenta las características de la parcela y del entorno obtenga el mejor diseño posible del jardín.

- a) Identifica qué conceptos forman los datos de entrada del problema. Representa gráficamente estos conceptos mediante una red de frames incluyendo los atributos más relevantes y las relaciones, tanto las taxonómicas como las no taxonómicas que creas que son necesarias.
  - b) Identifica los conceptos que forman la solución del problema. Representa gráficamente estos conceptos mediante una red de frames y las relaciones, tanto las taxonómicas, como las no taxonómicas, que creas que son necesarias.
  - c) ¿Cómo descompondrías el problema en subproblemas? Identifica y especifica los subproblemas a resolver y cómo se encadenarían para construir la solución.
  - d) Indica para cada subproblema que has identificado si es un problema de análisis o de síntesis. Justifícalo.
  - e) ¿Qué tipo de razonamiento te parece más adecuado para cada subproblema? Justifícalo.
18. Los redactores jefe de cada periódico tienen cada día el difícil problema de decidir qué noticias incluyen y en qué sección y página deben ir. Para facilitar su tarea vamos a diseñar un SBC que realice este trabajo de manera automática a partir de una representación de los elementos que describen una noticia.

Una noticia se puede describir según parte del conjunto de preguntas que todo buen periodista debe seguir para escribir una noticia.

- ¿Qué? - Tema de la noticia, éste puede ser: política (elecciones, cumbres, escándalos, declaraciones, ...), desastres (desastres naturales, guerras, terrorismo, ...), cultura (cine, teatro, conciertos, personajes, ...), deportes (fútbol, baloncesto, ...), economía (bolsa, empresas, escándalos, ...), ciencia, sucesos, religión, otros ...
- ¿Quién? - Protagonista o protagonistas de la noticia, pueden ser un individuo, un colectivo (organizaciones, poblaciones, el mundo, ...) o entidades abstractas (el clima, la tierra, ...). Estos protagonistas pueden ser de mayor o menor relevancia.
- ¿Dónde? - Lugar de la noticia, podemos clasificar los lugares en locales, nacionales, internacionales o globales. El ámbito local se circunscribe a la ciudad de publicación del periódico y a su ámbito regional. El lugar también se puede clasificar según el país y la población.
- ¿Cuándo? - Tiempo de la noticia. Una noticia puede referirse a eventos puntuales en el presente o pasado o a circunstancias que afectan al futuro

Adicionalmente una noticia tiene un tamaño (pequeño, mediano, grande, muy grande).

Un periódico tiene cierto número de secciones temáticas. Estas secciones se definen como de ámbito local, ámbito nacional, ámbito internacional, sociedad, economía, cultura y deportes. La dificultad con que se encuentran los redactores reside en lo difuso de la clasificación en estas secciones. Cada sección tiene cierto número de páginas mínimo y máximo en el periódico, el número final de páginas dependerá del número de noticias que se elijan para publicar en cada sección y sus tamaños.

Para clasificar las noticias primero se decide qué irá en las secciones nacional e internacional. En estas secciones las noticias tienen preferentemente como temática política, desastres y economía, aunque pueden aparecer otros temas si no hay noticias suficientes para llegar al mínimo de páginas de la sección. Las noticias locales pueden ser de cualquier tema. Las secciones de economía, cultura y deportes solo incluyen noticias de esos temas. La sección de sociedad es una mezcla de temas que acoge a las noticias que no encajan en otras secciones o que no han encontrado sitio en las secciones de local, nacional o internacional.

El tamaño de página es un valor específico que va a determinar cuantas noticias ubicaremos en cada sección. Cada página tendrá por lo menos una noticia grande o muy grande si hay disponibles, el resto se rellenará con noticias de cualquier tamaño hasta llenar cada página. Se deberán utilizar tantas noticias como sean necesarias para llenar al menos el número mínimo de páginas de cada sección y sin sobrepasar el número máximo de páginas.



Otro problema a resolver es la página en la que aparece cada noticia, una noticia aparecerá antes dependiendo de la relevancia de sus personajes o su número, el lugar donde sucede (son mas relevantes las noticias de ámbito mas cercano al lector, o dependiendo del país donde sucedan), del tiempo de la noticia (las noticias son mas importantes cuanto mas cercanas en el tiempo, o si afectan a nuestro futuro) o de su tamaño (las noticias mas grandes irán en las primeras páginas).

Cada día un periódico dispone de cierto número de noticias. El objetivo del sistema es obtener el diseño del periódico. Se ha de concretar si una noticia aparecerá en el periódico y en que sección y en que página se ubicará.

- a) Identifica qué conceptos forman los datos de entrada del problema. Representa gráficamente estos conceptos mediante una red de frames incluyendo los atributos mas relevantes y sus relaciones, tanto las taxonómicas, como las no taxonómicas que creas que son necesarias. Describe mediante el lenguaje de representación de frames vista en clase dos de las relaciones no taxonómicas que has identificado en el problema.
- b) Identifica los conceptos que forman la solución del problema. Representa gráficamente estos conceptos mediante una red de frames y sus relaciones, tanto las taxonómicas como las relaciones no taxonómicas que creas que son necesarias.
- c) ¿Como descompondrías el problema en subproblemas? Identifica y especifica los subproblemas a resolver y como se encadenarían para construir la solución.
- d) Indica para cada subproblema que has identificado si es un problema de análisis y de síntesis. Justificalo.
- e) ¿Qué tipo de razonamiento te parece más adecuado para cada subproblema? Justificalo

19. Un despacho de arquitectura especializado en la construcción de viviendas unifamiliares en parcelas individuales (no hacen adosados), desea introducir las tecnologías de la información en el diseño de las mismas construyendo un sistema basado en el conocimiento.

El diseño de viviendas unifamiliares es una tarea muy creativa pero existen ciertos aspectos que se pueden sistematizar. Hay una serie de características que se han de tener en cuenta:

- La orografía de la parcela, su tamaño, su orientación y la climatología de la zona.
- Las normativas urbanísticas municipales (altura máxima, distancia mínima desde la fachada principal a la calle, aspecto exterior de la fachada, etc.).
- Número máximo de plantas y distribución mínima requerida por el cliente (número mínimo de habitaciones dobles, tamaño mínimo del salón-comedor, garaje, número mínimo de cuartos de baño/aseo, ...).
- Los materiales de construcción disponibles, de diferentes tipos, calidades y precios.
- Las necesidades (rampa para inválidos, sala insonorizada, ...) y gustos del cliente.
- Número y perfil de personas que han de ocupar la casa.
- El presupuesto del cliente.
- El coste de mantenimiento.

Dada su larga experiencia en el área, la empresa ha creado un catálogo de tipos básicos de viviendas unifamiliares: UNI-4 (una planta y máximo 4 personas), DUO-6 (dos plantas y máximo 6 personas), TRI-8 (tres plantas y máximo 8 personas) y variantes de estos tres tipos en función del tamaño de la parcela.

Se desea construir un sistema basado en el conocimiento que, dadas las preferencias y restricciones del cliente, pero teniendo en cuenta las características de la parcela y las normativas municipales, obtenga el mejor diseño de la vivienda.

- a) Identifica qué conceptos forman los datos de entrada del problema. Representa gráficamente estos conceptos mediante una red de frames incluyendo los atributos más relevantes y las relaciones, tanto las taxonómicas como las no taxonómicas que creas que son necesarias.

- b) Identifica los conceptos que forman la solución del problema. Representa gráficamente estos conceptos mediante una red de frames y las relaciones, tanto las taxonómicas, como las no taxonómicas, que creas que son necesarias.
- c) ¿Cómo descompondrías el problema en subproblemas? Identifica y especifica los subproblemas a resolver y cómo se encadenarían para construir la solución.
- d) Indica para cada subproblema que has identificado si es un problema de análisis o de síntesis. Justifícalo.
- e) ¿Qué tipo de razonamiento te parece más adecuado para cada subproblema? Justifícalo.

20. Estamos construyendo un SBC orientado a la creación de canales de televisión de entretenimiento personalizados de pago. Este sistema parte de la información de los hábitos televisivos de un cliente y gustos o restricciones que pueda tener y es capaz de crear una programación diaria de cierto número de horas utilizando una base de recursos audiovisuales que incluyen programas de entretenimiento tanto grabados como en directo.

- a) Hemos decidido que en nuestro sistema incluiremos programas de diferente tipología (series, películas, concursos, deportes, música, documentales, ...). Para cada uno nos interesa si el programa esta grabado o es en directo, su duración, el idioma y un precio. Para las series y películas nos interesa también su género y su nacionalidad. Para los deportes nos interesa también el tipo de deporte.

Incluimos también en la representación una tipología cerrada de usuarios que utilizaremos para creación del canal personalizado. Esta tipología incluye entre otros el usuario deportivo, cuyos hábitos incluyen mayoritariamente programas de deporte y que podría especializarse según el deporte que prefiere, el cinéfilo, que ve preferentemente películas y/o series, que puede tener diferentes especializaciones dependiendo del tipo de películas y/o series que ve o el generalista, que no tiene una tendencia clara.

Representa gráficamente mediante una red de frames estos conceptos. Discute la necesidad de representar el atributo género en películas y series como un slot o como un frame.

- b) El resultado del sistema será un conjunto de programas que se emitirán a una hora específica determinada por el tiempo de inicio del canal y la duración de los programas.  
Representa gráficamente mediante una red de frames lo necesario para representar una solución.
- c) Hemos identificado tres subproblemas. El primero debe identificar el tipo al que pertenece el usuario a partir de los hábitos televisivos, estos hábitos incluyen el porcentaje de cada tipo de programa que ve el usuario y las características de estos programas.

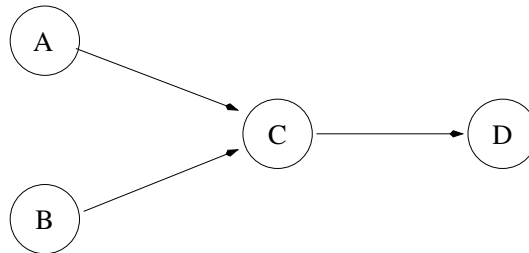
Evidentemente se trata de un problema de análisis ¿Se podría plantear como un problema de clasificación heurística? Si se puede ¿como encajarían las diferentes fases de esta metodología en este problema? Da ejemplos de reglas.

- d) El segundo subproblema utilizaría la tipología identificada del usuario y otras restricciones que indicara como preferencia por programas en versión original, preferencias por algún género de cine y televisión, por algún deporte, variedad de los programas en el horario, duración máxima de los programas, emisiones en directo, etc. Nos gustaría utilizar tratamiento de la incertidumbre para poder saber si un programa se adapta mejor o peor al usuario ¿te parece adecuado? Si te lo parece, ¿que tipo de tratamiento de la incertidumbre utilizarías? Justifica tu respuesta.
- e) El tercer problema es la elaboración de la programación. A partir de los programas que se adecuan al usuario y el numero de horas que ha de tener la emisión debemos escoger los programas más adecuados. Como es un canal de pago, el usuario tiene una cuota fija, lo que nos interesa es incluir los programas cuya suma de precios esté lo mas cercana posible a esa cuota sin sobrepasarla. Es evidentemente un problema de síntesis. Describe como lo resolverías utilizando la estrategia de proponer y aplicar.

## 9. Sistemes Basats en el Coneixement: Raonament Aproximat

### 9.1 Redes Bayesianas

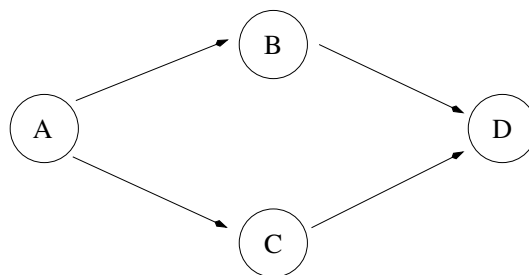
1. Dada la siguiente red bayesiana y las probabilidades asociadas a cada nodo



A	P(A)	B	P(B)	A	B	P(C A, B)		C	P(D C)	
						C	F		C	F
C	0.25	C	0.4	C	C	0.75	0.25	C	0.3	0.7
F	0.75	F	0.6	C	F	0.5	0.5	F	0.4	0.6
				F	C	0.75	0.25			
				F	F	0.1	0.9			

- a) Da la expresión de la distribución de probabilidad conjunta que representa la red
- b) Calcula las siguientes probabilidades mediante el algoritmo de eliminación de variables
- 1)  $P(C|a, \neg b)$
  - 2)  $P(D|b, \neg c)$
  - 3)  $P(B|a)$
  - 4)  $P(D|a)$

2. Dada la siguiente red bayesiana y las probabilidades asociadas a cada nodo

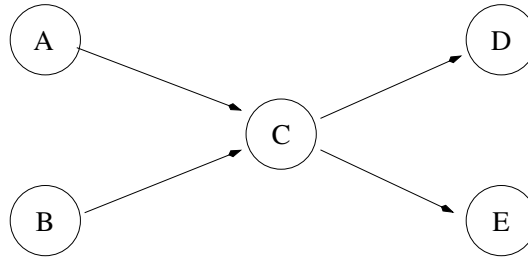


A	P(A)	A	P(B A)		A	P(C A)		B	C	P(D B, C)	
			C	F		C	F			C	F
C	0.3	C	0.1	0.9	C	0.1	0.9	C	C	0.7	0.3
F	0.7	F	0.4	0.6	F	0.6	0.4	C	F	0.2	0.8
								F	C	0.1	0.9
								F	F	0.4	0.6

- a) Da la expresión de la distribución de probabilidad conjunta que representa la red
- b) Calcula las siguientes probabilidades mediante el algoritmo de eliminación de variables

- 1)  $P(B|a, \neg c)$
- 2)  $P(D|b)$
- 3)  $P(C|a, \neg d)$

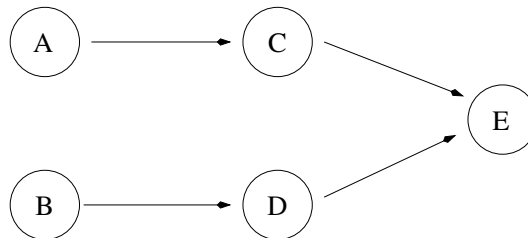
3. Dada la siguiente red bayesiana y las probabilidades asociadas a cada nodo



A	P(A)	B	P(B)	A	B	P(C A, B)		C	P(D C)		C	P(E C)	
						C	F		C	F		C	F
C	0.3	C	0.2	C	C	0.3	0.7	C	0.1	0.9	C	0.4	0.6
F	0.7	F	0.8	C	F	0.1	0.9	F	0.7	0.3	F	0.7	0.3
				F	C	0.7	0.3						
				F	F	0.4	0.6						

- a) Da la expresión de la distribución de probabilidad conjunta que representa la red
- b) Calcula las siguientes probabilidades mediante el algoritmo de eliminación de variables
  - 1)  $P(D|e, \neg b)$
  - 2)  $P(E|c)$
  - 3)  $P(E|\neg a)$

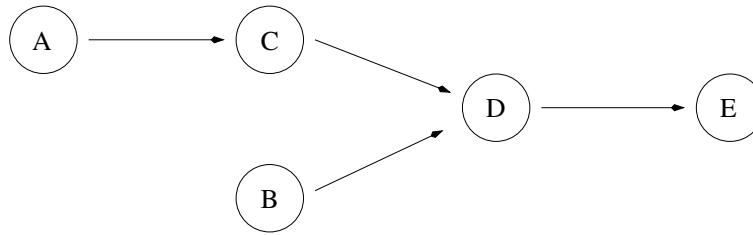
4. Dada la siguiente red bayesiana y las probabilidades asociadas a cada nodo



A	P(A)	B	P(B)	A	P(C A)		B	P(D A)		C	D	P(E C, D)	
					C	F		C	F			C	F
C	0.2	C	0.6	C	0.3	0.7	C	0.6	0.4	C	C	0.1	0.9
F	0.8	F	0.4	F	0.2	0.8	F	0.9	0.1	C	F	0.7	0.3
										F	C	0.2	0.8
										F	F	0.4	0.6

- a) Da la expresión de la distribución de probabilidad conjunta que representa la red
- b) Calcula las siguientes probabilidades mediante el algoritmo de eliminación de variables
  - 1)  $P(E|a)$
  - 2)  $P(E|\neg d)$
  - 3)  $P(D|c, e)$

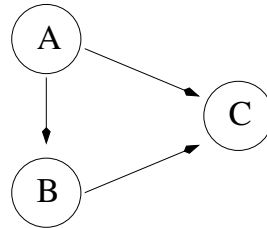
5. Dada la siguiente red bayesiana y las probabilidades asociadas a cada nodo



A	P(A)	B	P(B)	A	P(C A)		B	C	P(D B,C)		D	P(E D)	
C	0.1	C	0.3	C	C	F	C	C	C	F	C	C	F
F	0.9	F	0.7	F	0.2	0.8	C	F	0.1	0.9	F	0.2	0.8
					0.6	0.4	C	F	0.7	0.3		0.7	0.3
							F	C	0.8	0.2			
							F	F	0.4	0.6			

- Da la expresión de la distribución de probabilidad conjunta que representa la red
- Calcula las siguientes probabilidades mediante el algoritmo de eliminación de variables
  - $P(E|a, \neg c)$
  - $P(E|c)$
  - $P(D|e, \neg a)$

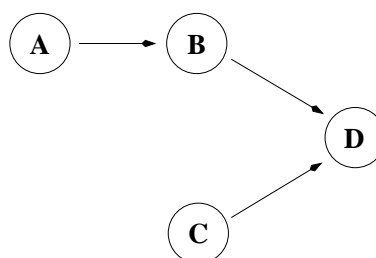
6. Dada la siguiente red bayesiana y las probabilidades asociadas a cada nodo



A	P(A)	A	P(B A)		A	B	P(C A,B)	
C	0.3	C	C	F	C	C	C	F
F	0.7	F	0.1	0.9	C	F	0.1	0.9
			0.6	0.4	C	F	0.7	0.3
					F	C	0.4	0.6
					F	F	0.8	0.2

- Da la expresión de la distribución de probabilidad conjunta que representa la red
- Calcula la probabilidad de  $P(C|a)$  mediante el algoritmo de eliminación de variables

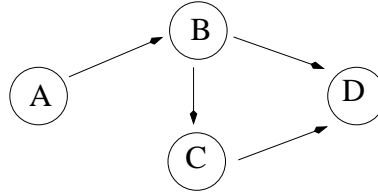
7. Dada la siguiente red bayesiana y las probabilidades asociadas a cada nodo



A	P(A)	C	P(C)	A	P(B A)		B	C	P(D B,C)	
					C	F			C	F
C	0.3	C	0.6	C	0.2	0.8	C	C	0.3	0.7
F	0.7	F	0.4	F	0.4	0.6	C	F	0.9	0.1
							F	C	0.5	0.5
							F	F	0.6	0.4

- a) Da la expresión de la distribución de probabilidad conjunta que representa la red  
b) Calcula la probabilidad de  $P(D|\neg a)$  mediante el algoritmo de eliminación de variables

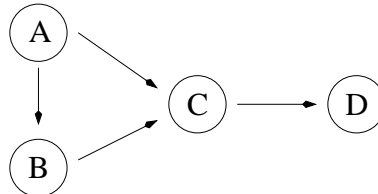
8. Dada la siguiente red bayesiana y las probabilidades asociadas a cada nodo



A	P(A)	A	P(B A)		B	P(C A,B)		B	C	P(D B,C)	
			C	F		C	F			C	F
C	0.7	C	0.1	0.9	C	0.5	0.5	C	C	0.1	0.9
F	0.3	F	0.4	0.6	F	0.2	0.8	C	F	0.4	0.6
								F	C	0.3	0.7
								F	F	0.8	0.2

- a) Calcula la probabilidad de  $P(D|\neg a)$  mediante el algoritmo de eliminación de variables

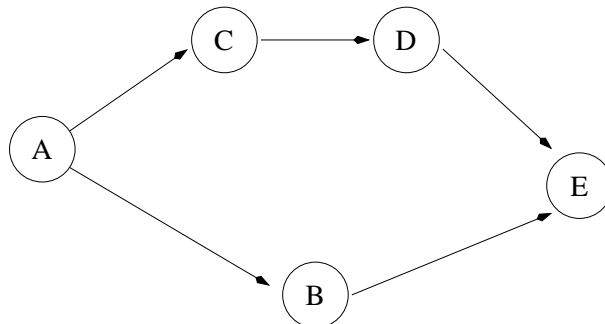
9. Dada la siguiente red bayesiana y las probabilidades asociadas a cada nodo



A	P(A)	A	P(B A)		A	B	P(C A,B)		C	P(D C)	
			C	F			C	F		C	F
C	0.6	C	0.2	0.8	C	C	0.1	0.9	C	0.1	0.9
F	0.4	F	0.7	0.3	C	F	0.5	0.5	F	0.7	0.3
					F	C	0.3	0.7			
					F	F	0.4	0.6			

Calcula la probabilidad de  $P(D|b)$  mediante el algoritmo de eliminación de variables

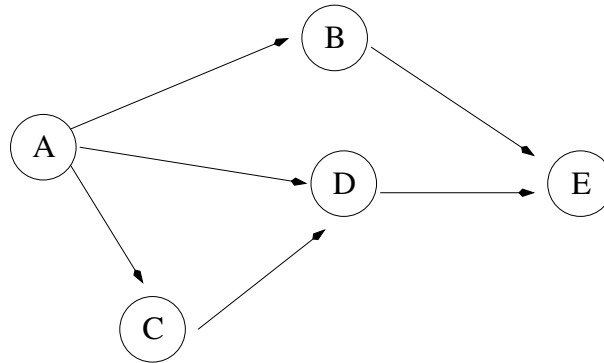
10. Dada la siguiente red bayesiana y las probabilidades asociadas a cada nodo



A	P(A)	A	P(B A)		A	P(C A)		C	P(D C)		B	D	P(E B,D)	
			C	F		C	F		C	F			C	F
C	0.3	C	0.5	0.5	C	0.4	0.6	C	0.1	0.9	C	C	0.4	0.6
F	0.4	F	0.1	0.9	F	0.2	0.8	F	0.6	0.4	C	F	0.1	0.9
											F	C	0.2	0.8
											F	F	0.5	0.5

Calcula la probabilitat de  $P(E|\neg a, b)$  mitjançant el algoritme d'eliminació de variables

11. Dada la següent red bayesiana i les probabilitats associades a cada node

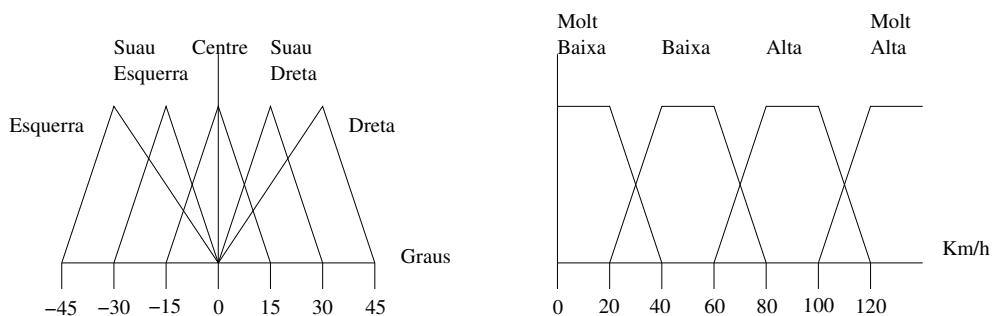


A	P(A)	A	P(B A)		A	P(C A)		A	C	P(D A,C)		B	D	P(E B,D)	
			C	F		C	F			C	F			C	F
C	0.7	C	0.6	0.4	C	0.6	0.4	C	C	0.4	0.6	C	C	0.1	0.9
F	0.3	F	0.8	0.2	F	0.3	0.7	C	F	0.8	0.2	C	F	0.6	0.4
								F	C	0.3	0.7	F	C	0.7	0.3
								F	F	0.5	0.5	F	F	0.2	0.8

Calcula la probabilitat de  $P(E|\neg b, c)$  mitjançant el algoritme d'eliminació de variables

## 9.2 Lògica difusa

1. Donats els següents conjunt de funcions de pertinença, un per gir definit sobre el domini graus i el conjunt altre per velocitat definit sobre el domini km/hora



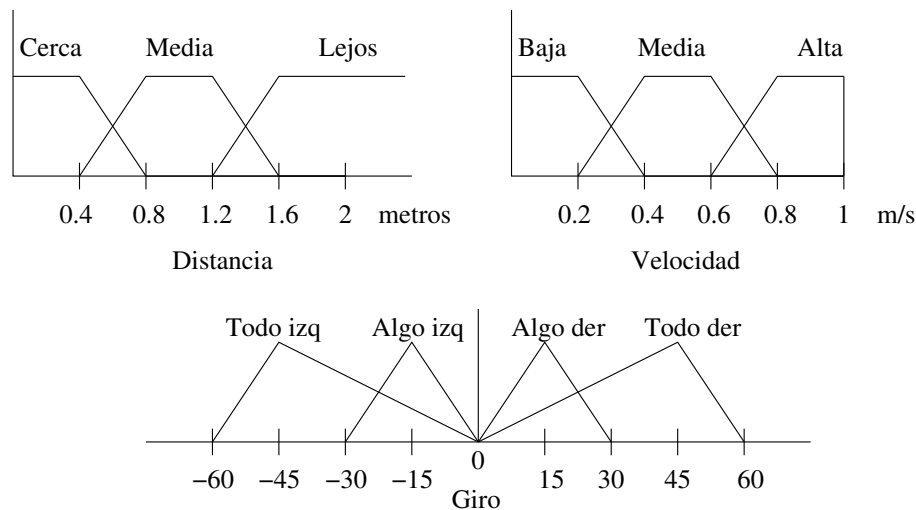
i les següents 4 variables (3 d'elles difuses i una no difusa):

- Posició del Volant (PV), variable difusa que pren valors sobre gir
- Desviació de la Direcció (DD) que és una variable No difusa que pren valors sobre el conjunt esquerra, be, dreta
- Velocitat del Cotxe (VC), variable difusa que pren valors a velocitat
- Gir (G)

Es demana el següent :

- a) Dóna una interpretació intuïtiva breu (una línia) de les regles de control següent:  
 R1. si PV=centre i DD=dreta i V=alta llavors gir=suau-esquerra  
 R2. si PV=suau dreta i DD=dreta i V= baixa llavors gir=esquerra
- b) Escriu 2 regles més de la mateixa forma que tinguin sentit (com les que utilitzes tu quan condueixes el teu cotxe i no vas begut !).
- c) Dóna el conjunt difús que s'obté per a la variable gir a partir de les regles R1 i R2 quan tenim els següents valors concrets: PV = 10, DD = dreta , V= 70.

2. Tenemos un robot que es capaz de desplazarse y girar sobre si mismo y tenemos un conjunto de reglas difusas que le permiten avanzar hacia un objetivo y evitar obstáculos. Estas reglas están definidas sobre cuatro atributos, distancia (cerca, media, lejos) al obstáculo más cercano y al objetivo, velocidad del robot (baja, media, alta), ángulo de giro (todo a la izquierda, algo a la izquierda, algo a la derecha, todo a la derecha) y posición de un objeto respecto al robot (izquierda, frente, derecha). Las variables distancia, velocidad y ángulo de giro son difusas y la definición de sus valores es la que aparece en la figura.



Las reglas que controlan la velocidad del robot y el ángulo de giro son las siguientes:

Velocidad:

- RV1. Distancia(obstáculo)=cerca  $\rightarrow$  velocidad=baja
- RV2. Distancia(objetivo)=lejos  $\wedge$  (velocidad=baja  $\vee$  velocidad=media)  $\rightarrow$  velocidad=alta
- RV3. Distancia(obstáculo)=media  $\wedge$  velocidad=alta  $\rightarrow$  velocidad=media

Giro:

- RG1. Posición(obstáculo)=derecha  $\wedge$  velocidad=baja  $\rightarrow$  giro=algo izquierda
- RG2. (Posición(obstáculo)=izquierda  $\vee$  Posición(obstáculo)=frente)  $\wedge$  velocidad=baja  $\rightarrow$  giro=algo derecha
- RG3. Posición(obstáculo)=derecha  $\wedge$  velocidad=media  $\rightarrow$  giro=todo izquierda
- RG4. (Posición(obstáculo)=izquierda  $\vee$  Posición(obstáculo)=frente)  $\wedge$  velocidad=media  $\rightarrow$  giro=todo derecha
- RG5. Posición(objetivo)=derecha  $\wedge$  velocidad=media  $\rightarrow$  giro=algo izquierda
- RG6. (Posición(objetivo)=izquierda  $\vee$  Posición(objetivo)=frente)  $\wedge$  velocidad=media  $\rightarrow$  giro=algo derecha

En el momento actual el robot está a una distancia del objetivo de 3 metros y su posición es a la izquierda del robot, el obstáculo más cercano está a 0.5 metros y su posición es frente al robot y la velocidad del robot es 0.7 m/s. ¿Cual será (aproximadamente) la velocidad y el ángulo de giro que se obtendrán mediante las reglas? (utiliza máximo y mínimo como funciones de combinación de las conectivas lógicas)



3. Dadas las siguientes variables con sus dominios difusos, las siguientes reglas y los siguientes valores concretos de variables, ¿cuál es el valor concreto de cada una de las variables después de aplicar razonamiento aproximado? Presenta cada uno de los pasos del proceso utilizando la T-norma del mínimo, la T-conorma del máximo y la función de negación  $f(x)=1-x$ . Si se requiriese realizar la fase de nitidificación, ténganse en cuenta sólo números enteros (no decimales) como valores concretos relativos a la variable a nitidificar.

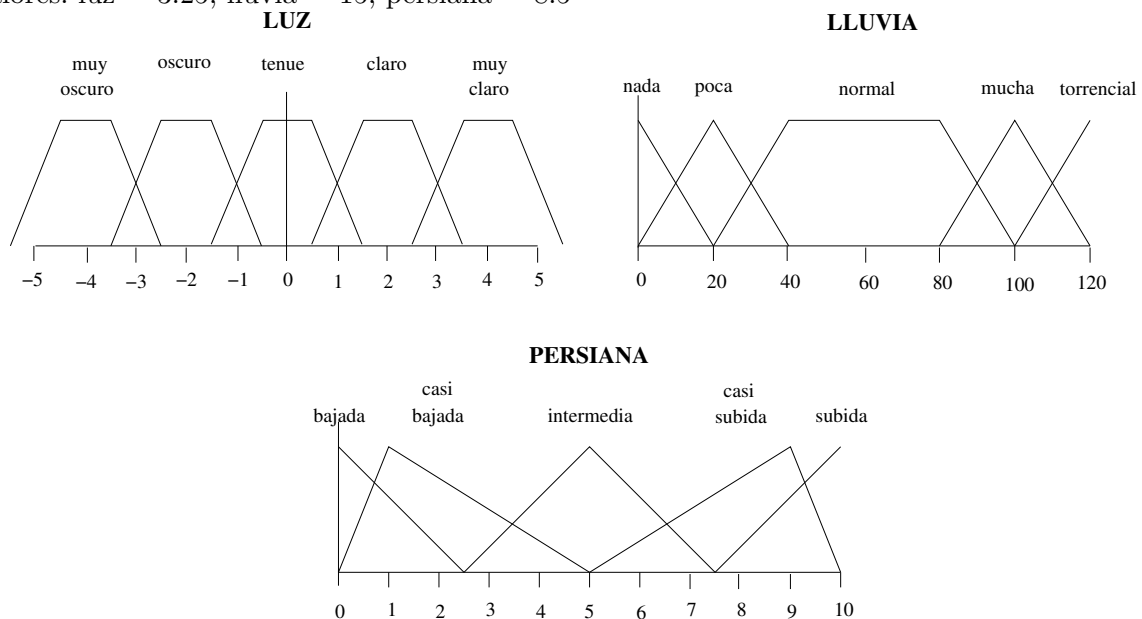
Reglas

R1: luz = muy\_claro y no lluvia = torrencial  $\rightarrow$  persiana = casi\_bajada

R2: luz = claro y ( lluvia = poca o lluvia = nada )  $\rightarrow$  persiana = intermedia

R3: luz = claro y lluvia > poca y lluvia < torrencial  $\rightarrow$  persiana = intermedia

Valores: luz = 3.25, lluvia = 15, persiana = 8.5



4. Tenemos un sistema de aire acondicionado capaz de regularse automáticamente mediante un conjunto de sensores. Estos sensores permiten obtener la temperatura ambiental de la habitación (en grados centígrados), el grado de insolación que recibe a través de las ventanas (valor de 0 a 10) y el número de personas en la habitación. A partir de esa información y de un conjunto de reglas difusas es capaz de obtener cuanto debe aumentar o disminuir la potencia actual del aire acondicionado.

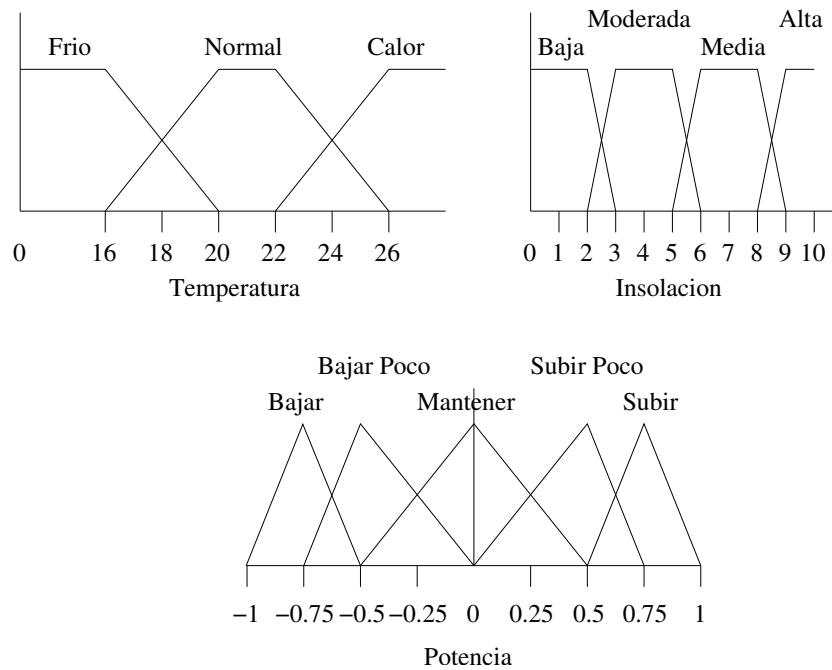
Dadas las siguientes reglas difusas y sabiendo que la temperatura actual de la habitación es de 23 grados, la insolación es de 8.5 y hay una persona en la habitación, indica cual es el conjunto difuso que describe el grado de aumento o disminución de la potencia que debe realizar el aire acondicionado y el valor concreto (aproximadamente) que aplicaría. (Utiliza como T-norma la función mínimo, como T-conorma la función máximo y como negación  $1-x$ ).

R1. **si** Temp=normal y personas=1 y insol=media **entonces** potencia=mantener

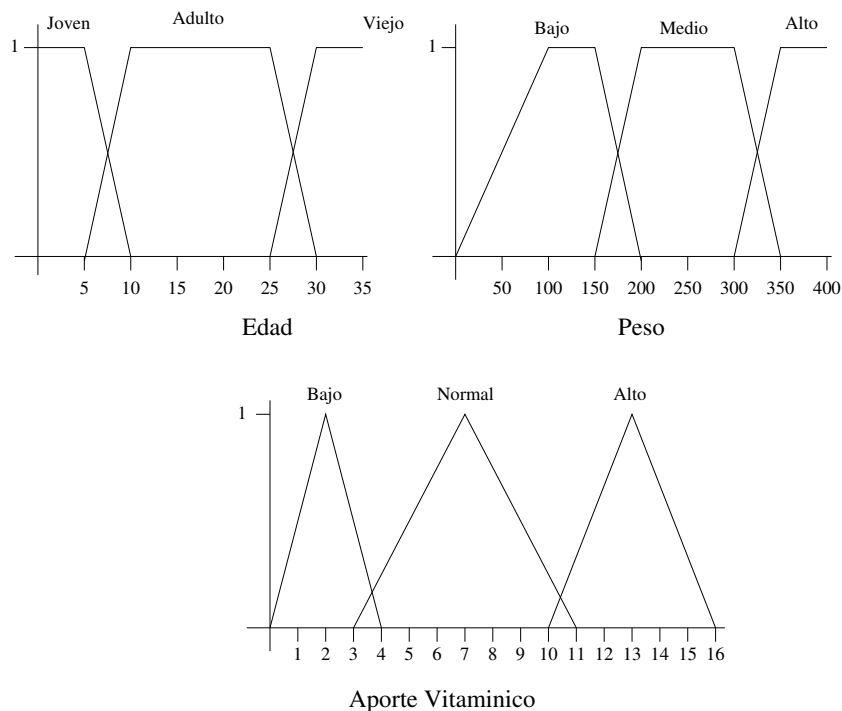
R2. **si** Temp=normal y personas>0 y insol=alta **entonces** potencia=bajar poco

R3. **si** no(Temp=calor) y personas=2 y insol=media **entonces** potencia=subir poco

R4. **si** (Temp=calor o insol=alta) y personas>0 **entonces** potencia=bajar



5. La alimentación de los delfines en el zoológico requiere un complemento vitamínico adicional debido a la vida en cautividad. El aporte vitamínico depende de las características de cada individuo. Hay que tener en cuenta si es macho o hembra (embarazada o no), la edad (joven, adulto, viejo) y el peso (bajo, medio, alto). Podemos definir un sistema de reglas basado en las variables difusas edad, peso y aporte-vitamínico (bajo, normal, alto) cuyos valores aparecen en las figuras siguientes:



Algunas de las reglas que permiten estimar el complemento vitamínico para cada individuo son:

- R1. si peso = medio y edad = adulto entonces AV = normal
- R2. si peso = alto y ( edad = adulto o edad = viejo) entonces AV = alto
- R3. si peso = bajo y edad = joven entonces AV = alto
- R4. si edad = joven entonces AV = normal
- R5. si edad = viejo entonces AV = bajo

R6. si edad = joven y individuo = hembra y estado = embarazada entonces AV = alto

Dadas estas reglas, ¿cuál debe ser el aporte vitamínico para Anak, una delfina embarazada, que pesa 190 kilos y tiene 7 años y medio?



## 10. Processament del Llenguatge Natural

1. Deseamos trabajar con el mundo de los bloques usando LN para expresar las órdenes y las consultas.

Considera el siguiente diálogo:

**usuario:** limpia la mesa  
**sistema:** ok  
**usuario:** añade un cubo rojo  
**sistema:** ok  
**usuario:** añade un cubo rojo grande  
**sistema:** ok  
**usuario:** añade un cubo grande  
**sistema:** ok  
**usuario:** añade un cubo rojo y una esfera verde  
**sistema:** ok  
**usuario:** añade dos cubos verdes y 3 azules pequeños  
**sistema:** ok  
**usuario:** quita el cubo verde  
**sistema:** ¿cuál?

Un primer intento de escritura de la DCG (para las intervenciones del usuario) ha dado el siguiente resultado:

```
/* lexicón */

es_color(rojo).
es_color(azul).
es_color(verde).
es_tamany(grande).
es_tamany(pequeño).
es_figura(cubo).
es_figura(esfera).
es_figura(mesa).
es_orden(limpia).
es_orden(añade).
es_orden(quita).
es_numero(X,X):-
    number(X).
es_numero(X,X1):-
    member((X,X1),[(un,1),(una,1),(dos,2),(tres,3),(la,1),(el,1)]).
es_conjuncion(y).
es_conjuncion(',').

/* gramática */

oracion --> orden, que_ordeno.
orden --> [X],{es_orden(X)}.
que_ordeno --> que_ordeno_lista.
que_ordeno_lista --> que_ordeno_simple.
que_ordeno_lista --> que_ordeno_simple, [X], {es_conjuncion(X)}, que_ordeno_lista.
que_ordeno_simple --> [X,Y,Z],{es_numero(X,_), es_figura(Y), es_color(Z)}.
```

Se pide:

- a) Indicad cuáles de las anteriores 7 oraciones serían correctamente analizadas por la DCG.
  - b) Indicad qué cambios haríais en la gramática y/o el lexicón para que todas las oraciones incluidas arriba fueran correctamente analizadas.
  - c) Modificad el lexicón y/o la gramática para verificar la concordancia en género y número (p.ej. “una esferas verde” se rechazaría)
  - d) Deseamos que la gramática nos proporcione una lista con la representación de los objetos que se introduzcan. Cada objeto en la lista quedará representado por un término prolog que consistirá en el functor “objeto” con 4 parámetros: multiplicidad, forma, color, tamaño. Por ejemplo, para cada una de las 6 órdenes del diálogo (la última no se ha cumplido) la representación obtenida de los objetos sería la siguiente:
    - 1) []
    - 2) [objeto(1, cubo, rojo, \_)]
    - 3) [objeto(1, cubo, rojo, grande)]
    - 4) [objeto(1, cubo, \_, grande)]
    - 5) [objeto(1, cubo, rojo, \_), objeto(1, esfera, verde, \_)]
    - 6) [objeto(2, cubo, verde, \_), objeto(3, cubo, azul, pequeño)]
2. Las siguientes oraciones corresponden a la primera oración (detectadas por el primer punto y levemente retocadas para eliminar caracteres extraños y agrupar los nombres de persona) de varias páginas de la wikipedia en castellano correspondientes a personas:
- 1) Pablo\_Ruiz\_Picasso (n. Málaga, España, 25 de octubre de 1881 - Mougins, Francia, 8 de abril de 1973), conocido como Pablo\_Picasso, fue un pintor y escultor español, creador, junto con Georges\_Braque y Juan\_Gris, del movimiento cubista.
  - 2) Paul\_Auster (Newark, Nueva\_Jersey, 3 de febrero de 1947) es un escritor estadounidense, Premio Príncipe de Asturias de las Letras 2006.
  - 3) Pierre\_Corneille (Ruán, Francia, 6 de junio de 1606-París, 1 de octubre de 1684), dramaturgo francés.
  - 4) Juan\_Marsé\_Carbó (Barcelona, 8 de enero de 1933), es un destacado novelista español de la llamada Generación de los 50, concretamente de la denominada Escuela de Barcelona, de la que también formaron parte sus amigos Jaime\_Gil\_de\_Biedma, Carlos\_Barral, Juan\_García\_Hortelano, Manuel\_Vázquez\_Montalbán, Juan\_Goytisolo, Terenci\_Moix y Eduardo\_Mendoza.
  - 5) Jaume\_Cabré\_Fabré (Barcelona, 1947) es un filólogo y escritor catalán.
  - 6) Antoni\_Tàpies\_i\_Puig, marqués de Tàpies (Barcelona, 13 de diciembre de 1923) es un pintor, escultor y teórico del arte español.
  - 7) Antonio\_López\_García (Tomelloso, Ciudad\_Real, 6 de enero de 1936) es un pintor y escultor español.

Consideramos que la wikipedia puede ser una fuente excelente de información y, concretamente, que el análisis de la primera oración de las páginas de la wikipedia que corresponden a personas nos puede proporcionar:

- el nombre de la persona
- la fecha de nacimiento
- el lugar de nacimiento
- la fecha de defunción
- el lugar de defunción
- la actividad de la persona
- la nacionalidad

Tened en cuenta que además de esta información, las oraciones contienen material irrelevante para nuestros intereses (por ejemplo, que Tàpies sea marqués o que Marsé fuera amigo de Vázquez Montalbán).

Considerad ahora la siguiente DCG y su lexicón correspondiente:

```

oracion --> quien, que, predicado, punto.
quien --> [Q], {esPersona(Q)}.
que --> leftB, lugar, comaOpcional, fecha, rightB.
predicado --> vc, sn.
lugar --> [X], {esCiudad(X)}.
lugar --> [X], {esCiudad(X)}, comaOpcional, [Y], {esProvincia(Y)}.
fecha --> [X], {esAny(X)}.
fecha --> [X], {esDia(X)}, separador, [Y], {esMes(Y)}, separador, [Z], {esAny(Z)}.
sn --> det, ns.
sn --> det, ns, adj.
ns --> n.
ns --> n1, conj, n.
n1 --> n.
n1 --> n, coma, n1.
comaOpcional --> [].
comaOpcional --> coma.
separador --> [].
separador --> [de].
vc --> [es].
coma --> [' , '].
punto --> [' . '].
leftB --> [' ( '].
rightB --> [' ) '].
det --> [un].
conj --> [y].
n --> [N], {esProfesion(N)}.
adj --> [A], {esNacionalidad(A)}.

```

esProfesion('pintor').	esProfesion('escultor').
esProfesion('escritor').	esProfesion('novelista').
esProfesion('filólogo').	esProfesion('dramaturgo').
esNacionalidad('catalán').	esNacionalidad('español').
esNacionalidad('francés').	
esDia(D):- number(D), D > 0, D < 32.	
esMes(M):- number(M), M > 0, M < 13.	
esMes('abril').	esMes('diciembre').
esMes('enero').	esMes('febrero').
esMes('junio').	esMes('octubre').
esAny(D):- number(D).	
esPersona('Pablo_Ruiz_Picasso').	esPersona('Georges_Braque').
esPersona('Pablo_Picasso').	esPersona('Juan_Gris').
esPersona('Paul_Auster').	esPersona('Pierre_Corneille').
esPersona('Juan_Marsé_Carbó').	esPersona('Jaime_Gil_de_Biedma').
esPersona('Carlos_Barral').	esPersona('Juan_García_Hortelano').
esPersona('Juan_Goytisolo').	esPersona('Manuel_Vázquez_Montalbán').
esPersona('Terenci_Moix').	esPersona('Eduardo_Mendoza').
esPersona('Jaume_Cabré_Fabré').	esPersona('Antoni_Tàpies_i_Puig').
esPersona('Antonio_López_García').	
esPais('España').	esPais('Francia').
esProvincia('Nueva_Jersey').	esProvincia('Ciudad_Real').
esCiudad('Málaga').	esCiudad('Mougins').
esCiudad('Newark').	esCiudad('Ruán').
esCiudad('Tomelloso').	esCiudad('Barcelona').

Se pide :

- Decid qué oraciones analizaría correctamente la DCG.
- Qué modificaciones o adiciones deberían incorporarse a la gramática y lexicón para que la DCG funcionara correctamente sobre las 7 oraciones (y otras similares).
- El enunciado ha quedado un tanto machista (todos los artistas de los ejemplos son hombres). Qué cambios habría que realizar en gramática y lexicón para incorporar concordancia de género.
- Deseamos obtener una representación del significado de las oraciones correctas del estilo siguiente:  
 persona(nombre, fechaNacimiento, lugarNacimiento, fechaDefuncion, lugarDefuncion, actividad, nacionalidad)  
 donde las fechas se expresarían con el predicado fecha(dia, mes, any) y los lugares como lugar(ciudad, provincia, pais). La actividad se representaría como una lista. Los datos no existentes se representarían con nil.

Así para las 7 oraciones el resultado a extraer sería:

```
persona('Pablo_Ruiz_Picasso', fecha(25,'octubre',1881),
lugar('Málaga',nil,'España'),fecha(8,'abril',1973),
lugar('Mougins',nil,'Francia'),['pintor','escultor'],'español')
```

```
persona('Paul_Auster', fecha(3,'febrero',1947),
lugar('Newark','Nueva_Jersey',nil), nil,nil,
['escritor'],'estadounidense')
```

```
persona('Pierre_Corneille', fecha(6,junio,1606),
lugar('Ruán', nil, 'Francia'),fecha(1,octubre,1684),
lugar('París',nil,nil),['dramaturgo'],'francés')
```

```
persona('Juan_Marsé_Carbó', fecha(8,'enero',1933),
lugar('Barcelona',nil,nil), nil, nil,['novelista'],'español')
```

```
persona('Jaume_Cabré_Fabré', fecha(nil, nil, 1947),
lugar('Barcelona',nil,nil), nil, nil,['filólogo','escritor'],'catalán')
```

```
persona('Antoni_Tàpies_i_Puig', fecha(13,'diciembre',1923),
lugar('Barcelona',nil,nil), nil, nil,['pintor','escultor'],'español')
```

```
persona('Antonio_López_García', fecha( 6,'enero',1936),
lugar('Tomelloso','Ciudad_Real',nil),
nil, nil, ['pintor','escultor'],'español')
```

¿Cómo deberíamos modificar la DCG para obtener el efecto deseado?

### 3. Considereu la gramàtica i lexicó següents:

#### GRAMÀTICA

```
frase --> sn, verbi.
frase --> sn, verbt(X), compl(X).
sn --> det, npr.
sn --> det, nom.
compl([]) --> [].
compl([arg(nul)]) --> sn.
compl([arg(X) $|$ Y]) --> prep(X), sn, compl(Y).
verbi --> [W], {vi(W)}.
verbt(A) --> [W], {vt(W,A)}.
```



```

npr --> [W], {np(W)}.
nom --> [W], {n(W)}.
det --> [W], {d(W)}.
prep(W) --> [W], {p(W)}.

```

## LEXICÓ

```

np(clara).
np(maria).
np(joan).
nllibre).
n(mestra).
n(gata).
d(un).
d(una).
d(el).
d(la).
d(en).
p(en).
p(amb).
p(de).
vi(corre).
vi(riu).
vt(llegeix,[arg(nul)]).
vt(parla,[arg(de),arg(amb)]).
vt(pensa,[arg(en)]).

```

Responen en ordre les següents questions. Atenció! Totes les extensions han de ser incrementals. NO cal que escriviu cada vegada TOTA la gramàtica i el lexicó. Només cal que indiqueu les coses que canviarien a cada pas. Si cal, podeu suposar que teniu definits predicats PROLOG per al tractament de llistes.

- a) Digueu quines de les següents frases la gramàtica reconeix com a correctes i quines considera errònies.
  1. La Clara llegeix un llibre
  2. El Clara llegeix una llibre
  3. La Clara llegeix
  4. La Maria parla amb en Joan de la gata
  5. La Maria parla amb en Joan
  6. La Maria parla
  7. El llibre parla de la gata amb en Joan
  8. El llibre riu
- b) Exteneu la gramàtica i/o el lexicó per a que pugui tractar llistes de “sn”, com per exemple:
 

En Joan, la Maria i la Clara llegeixen un llibre

La mestra parla de la Maria i en Joan amb la Clara

NO us preocupeu aquí de les contraccions: “de + en” = “d’en”, etc. Atenció! cal tenir en compte la concordança de nombre, però NO us preocupeu del gènere.
- c) Exteneu la gramàtica i/o el lexicó per a que comprovi les següents restriccions semàntiques dels verbs:
 

correr: subjecte ANIMAT

llegir: subjecte HUMÀ i complement de tipus INANIMAT

pensar: subjecte HUMÀ

parlar: subjecte i complement introduït per “amb” HUMANS

riure : subjecte HUMÀ

Doneu-vos compte de que una entitat HUMANA es també ANIMADA.

Així, “En Joan i la Clara riuen” i “La gata corre” són correctes, però “En Joan i la gata riuen” i “El llibre corre” han de ser considerades incorrectes.

4. Deseamos construir una DCG para extraer fechas y tiempos e incorporarla a un procesador lingüístico ya existente. La gramática debería ser capaz de reconocer y representar tanto fechas o instantes puntuales como intervalos temporales. Ejemplos de dichas expresiones son:

- Fechas puntuales exactas:  
“9 de agosto de 1996”, “Sant Jordi”, “Jueves Santo”
- Fechas puntuales difusas:  
“alrededor del 3 de octubre de 2007”, “más allá de Sant Jordi”
- Instantes puntuales exactos:  
“10 de la tarde”, “22:00 horas”, “10 y cuarto de la mañana”
- Instantes puntuales difusos:  
“antes de las 10 de la noche”, “después de las 15:00”
- Intervalos de fechas:  
“agosto”, “del 10 al 15 de agosto”, “del 1 de enero al 2 de julio”
- Intervalos de instantes:  
“por la mañana”, “de 10 a 12 de la mañana”, “de 10 de la mañana a 8 de la tarde”, “de 10:00 a 15:00”, “entre las 10 y las 12 de la tarde”.

- a) Diseña una DCG incontextual para reconocer fechas e instantes puntuales exactos y difusos.
- b) Complementa la DCG anterior para reconocer intervalos de fechas e instantes.
- c) Modifica la DCG anterior para que genere salidas que representen tiempo, siguiendo el formato siguiente:

- <tiempo>  
puntual(<punto>)  
intervalo(<punto>,<punto>)
- <punto>  
p(<fecha>,<hora>)
- <fecha>  
f(<fuzzy>,<año>,<mes>,<día>)
- <hora>  
h(<fuzzy>,<horas>,<minutos>)
- <fuzzy>  
rígido, alrededor, antes, después, anochecer ...
- <año>  
entero
- <mes>  
[1,12]
- <día>  
[1,31]
- <horas>  
[0,23]
- <minutos>  
[0,59]

5. Se pretende agilizar la reserva de aulas para exámenes construyendo un programa que interprete peticiones expresadas en LN más o menos libremente y represente su significado en forma de un predicado 6-ario que contenga la siguiente información:

reserva(<asignatura>, <día>, <mes>, <hora de inicio>, <hora de finalización>, <número de aulas>)

Ejemplos de frases a tratar, junto al resultado esperado son:

resérvame 3 aulas el día 26 de junio de 11 a 14 para tmia → reserva(tmia,26,junio,11,14,3)  
 por favor, resérvame 1 aula el día 26 de junio de 11 a 14 para tmia → reserva(tmia,26,junio,11,14,1)  
 resérvame el día 26 de junio por la mañana 3 aulas para tmia → reserva(tmia,26,junio,8,12,3)  
 ¿puedes reservar, por favor, para tmia, 3 aulas el 26 a las 8? → reserva(tmia,26,junio,8,\_,3)  
 ¿puedes reservar, por favor, para tmia, 3 aulas el miércoles a las 8? → reserva(tmia,26,junio,\_,3)  
 ¿puedes reservar, por favor, 3 aulas el miércoles de 8 a 12 de la mañana? → reserva(\_,26,junio,8,12,3)  
 ¿puedes reservar, por favor, 3 aulas el miércoles de 5 a 7 de la tarde? → reserva(\_26,junio,17,19,3)

Ejemplos de frases no gramaticales, cuya incorrección debe ser detectada:

resérvame 3 aulas el día 26 de junio de 11 para tmia  
 por favor, resérvame 3 aulas para el día 26 de junio de 11 a 10 para tmia  
 resérvame para el día 26 de junio por la mañana 3 aulas para tmia  
 puedes reservar, por favor, para tmia, 3 aulas para el 26 a las 8?  
 ¿puedes reservar, por favor, de tmia, 3 aulas para el 8 a las 8?  
 ¿puedes reservar, por favor, 3 aulas para el miércoles de 18 a 16 de la mañana?  
 ¿puedes reservar, por favor, 3 aulas el miércoles de 5 a 7 por la tarde por la mañana?

Se pide construir una GCD que sea capaz de realizar la tarea pedida. Se pueden utilizar los siguientes predicados Prolog:

menor(A,B)  
 calendario(miércoles,26,junio)  
 mesactual(junio)  
 suma(A,B,C)

También se puede utilizar el siguiente lexicón que se puede modificar, ampliar o destruir a conveniencia:

formula	→ comao,[por,favor],comao.
formula	→ [].
comao	→ [,]. (* coma opcional *)
comao	→ [].
as(tmia)	→ [tmia].
prep(de)	→ [de].
prep(a)	→ [a].
prep(para)	→ [para].
prep(por)	→ [por].
prepo(_)	→ []. (* preposición opcional *)
prepo(P)	→ prep(P)
mes(junio)	→ [junio].
diasem(miércoles)	→ [miercoles].
numero(Num)	→ [Num],{integer(Num)}
cosa	→ [aula].
cosa	→ [aulas].
adv(Prep, tarde)	→ prep(Prep), det(fem), [tarde].
adv(Prep, mañana)	→ prep(Prep), det(fem), [mañana].
deto(_)	→ []. (* determinante opcional *)
deto(D)	→ det(D)
det(masc)	→ [el].
det(fem)	→ [la].
det(fem)	→ [las].

6. Considerad las siguientes oraciones:

- 1 hoteles en Barcelona
- 2 hoteles cerca de Barcelona
- 3 casas de colonias al norte de Barcelona
- 4 hoteles entre Barcelona y Tarragona
- 5 hoteles a 100 km de Barcelona
- 6 casas en el centro de Barcelona
- 7\* casas en la centro de Barcelona
- 8\* hoteles a 100 kg de Barcelona
- 9\* hoteles entre Barcelona y Barcelona
- 10\* hoteles entre Barcelona
- 11\* Barcelona entre hoteles

Las 6 primeras son correctas y debieran ser analizadas por un analizador, las 5 últimas son erróneas y debieran ser rechazadas.

Considerad ahora la siguiente DCG:

```

oracion --> que, rel_geo, donde.
que --> sn.
donde --> prep, sn.
sn_bas --> n.
sn_bas -->det, n.
sn_bas --> npr.
sn --> sn_bas, sp.
sn --> sn_bas.
sp --> prep, sn.

n --> [X],{es_n(X)}.
npr --> [X],{es_npr(X)}.
n --> [X],{es_npr(X)}.
prep --> [X],{es_prep(X)}.
det --> [X], {es_det(X)}.
```

Con el siguiente lexicon:

```

es_npr('Barcelona').
es_npr('Tarragona').
es_n('hotel').
es_n('hoteles').
es_n('casa').
es_n('casas').
es_n('colonias').
es_n('centro').
es_prep('a').
es_prep('de').
es_prep('entre').
es_prep('en').
es_det('un').
es_det('el').
es_unidad('km').
es_unidad('kg').
es_numero(X):- number(X).
```

```
rel_geo --> [].
rel_geo --> [cerca].
rel_geo --> prep,[X],{es_punto_cardinal(X)}.
```

```
es_punto_cardinal(norte).
```

Se pide :

- a) Decid qué oraciones analizaría la DCG, correctamente si son de las 6 primeras, e incorrectamente en caso contrario.
- b) Qué modificaciones o adiciones deberían incorporarse a la gramática y lexicón para que la DCG funcionara correctamente sobre las 11 oraciones (y otras similares).
- c) Deseamos obtener una representación del significado de las oraciones correctas del estilo siguiente: `busco(<qué>,<relación geográfica>,<lista de localidades referidas>)`.

1	hoteles en Barcelona	<code>busco(hoteles,en,['Barcelona'])</code>
2	hoteles cerca de Barcelona	<code>busco(hoteles,cerca,['Barcelona'])</code>
3	casas de colonias al norte de Barcelona	<code>busco([casas,de,colonias],norte,['Barcelona'])</code>
4	hoteles entre Barcelona y Tarragona	<code>busco(hoteles,entre,['Barcelona','Tarragona'])</code>
5	hoteles a 100 km de Barcelona	<code>busco(hoteles,[100,km],['Barcelona'])</code>
6	casas en el centro de Barcelona	<code>busco(casas,centro,['Barcelona'])</code>

¿Cómo deberíamos modificar la DCG para obtener el efecto deseado?

7. Deseamos construir un sistema capaz de interpretar las predicciones meteorológicas que se pueden leer en los periódicos. Estas predicciones por lo general cuentan con un conjunto de expresiones para describir el tiempo como soleado, nublado, lluvioso, tormentoso y a veces pueden cualificarlo de alguna manera (moderadamente lluvioso, ocasionalmente nublado) o utilizar expresiones como lluvias, chubascos, sol, nubosidad y también cualificarlas (nebulosidad variable, sol radiante, lluvia intensa). De igual manera se utilizan múltiples expresiones para identificar las regiones de la predicción, se pueden usar nombres propios como Catalunya, Valencia, Baleares, o áreas como el mediterráneo, la península, los pirineos, las islas, el norte, el sur, o zonas genéricas como las costa mediterránea, la zona pirenaica, el cuadrante norte, el tercio sur o las costas mediterránea y cantábrica. También hay que tener en cuenta que una misma predicción se puede aplicar a diferentes zonas. Se pide analizar frases que contengan estos componentes, como por ejemplo:

- Nebulosidad variable en Catalunya
- Sol en la costa Mediterránea
- Moderadamente lluvioso en el tercio norte
- Ligeramente tormentoso en el cantábrico y en el cuadrante norte
- Sol intenso en la costa mediterránea y chubascos intensos en la región este
- Nebulosidad en Valencia y la región norte y muy nuboso en el tercio sur y las islas

Deberían comprobarse restricciones de genero y numero rechazando construcciones como

- La islas
- El región mediterránea
- Las tercio norte
- La cantábrico
- la norte
- la región mediterránea y cantábrica

Se pide:

- a) Proponer un sistema de representación del conocimiento que permita representar la información expresada en las predicciones tipo de tiempo, calificación expresada y región o regiones de la predicción.

- b) Escribir en el formalismo de Gramáticas de Clausulas Definidas una gramática y un lexicón que nos resuelva el problema
  - c) Es evidente que cualquier cualificación no sirve para cualquier tiempo, Por ejemplo no se puede decir intensamente soleado, nebulosidad intensa, sol moderado, tormentas radiantes. Proponer modificaciones a vuestra gramática para tratar este tipo de restricciones semánticas.
8. Una empresa de correo postal quiere informatizar el reparto de cartas y ha decidido procesar las direcciones mediante un reconocedor OCR y un procesamiento posterior del texto (nombre y dirección) utilizando DCG.

Como ejemplo del formato de las direcciones tenemos las siguientes:

```
sent(1,['Antonio','López','Diagonal',325,2,1,08015,'Barcelona']).
sent(2,['Antonio','López','Pérez','Diagonal',325,2,1,08015,'Barcelona']).
sent(3,['Sr.','López','Diagonal',325,2,1,08015,'Barcelona']).
sent(4,['Antonio','López','Avda.','Diagonal',325,2,1,08015,'Barcelona']).
sent(5,['Jose','Antonio','López','Diagonal',325,2,1,08015,'Barcelona']).
sent(6,['Antonio','López','Diagonal',325,2,'',1,'a',08015,'Barcelona']).
sent(7,['Antonio','López','Diagonal',325,2,1,'(',08015,')','Barcelona']).
sent(8,['Jose','Antonio','López','y','Ana','López','Diagonal',325,2,1,08015,'Barcelona']).
```

Un primer intento de escritura de la DCG ha dado el siguiente resultado:

```
/* lexicón */

es_nombre_pila_fem('Ana').
es_nombre_pila_masc('Antonio').
es_municipio('Barcelona').
es_provincia('Barcelona').

es_apellido(X):- not(number(X)).
es_direccion(X):- not(number(X)).
es_numero(X):- number(X).
es_piso(X):- number(X).
es_puerta(X):- number(X).
es_codigo(X):- number(X).

/* gramática */

oracion --> persona, direccion.
persona --> mujer.
persona --> hombre.
mujer --> nombre_mujer, apellido.
hombre --> nombre_hombre, apellido.
nombre_mujer --> [N],{es_nombre_pila_fem(N)}.
nombre_hombre --> [N],{es_nombre_pila_masc(N)}.
apellido --> [N],{es_apellido(N)}.
direccion --> [D],{es_direccion(D)}, [N],{es_numero(N)},
               [Pi],{es_piso(Pi)}, [Pp],{es_puerta(Pp)},
               [C],{es_codigo(C)}, [M],{es_municipio(M)}.
```

Se pide:

- a) Indicad cuáles de las anteriores direcciones serían correctamente analizadas por la DCG.

- b) Indicad qué cambios haríais en la gramática y/o el lexicon para que todas las direcciones propuestas fueran correctamente analizadas.
- c) Deseamos que la gramática nos proporcione una representación de cada dirección como resultado del análisis. Indicad qué cambios deberíais realizar en la gramática y/o el lexicon para que la DCG nos devolviera el resultado deseado.

La representación (simplificada) sería la siguiente:

```
direccion_postal(<lista de receptores>,<direccion>)
```

donde cada receptor sería:

```
persona(<lista de nombres>, <lista de apellidos>)
```

la dirección sería:

```
direc(<tipo_direccion>, <nombre_direccion>, <numero>, <piso>,  
<puerta>, <codigo_postal>, <ciudad>, <provincia>)
```

donde el `tipo_direccion` puede ser calle, avenida, plaza, ... Los campos no rellenados toman el valor '?'

Por ejemplo, para la dirección número 8:

```
sent(8,['Jose','Antonio','López','y','Ana','López','Diagonal',325,2,1,08015,  
'Barcelona']).
```

la representación sería:

```
direccion_postal([persona([Jose,Antonio], [López]), persona([Ana], [López])],  
direc(?, 'Diagonal', 325,2, 1, 08015, 'Barcelona', ?))}
```

9. La técnica llega a todas partes, y el tratamiento del lenguaje natural no puede ser menos. En estos momentos, la gente de RENFE quiere automatizar el proceso de introducir los datos en los paneles de llegadas y salidas de trenes, de manera que sean los propios anuncios por megafonía los que sirvan para hacer que los datos de los trenes aparezcan.

Para poder realizar esto, han entrenado especialmente a los encargados de megafonía para que las frases que utilicen para anunciar los trenes se restrinjan a un vocabulario y gramática suficientemente regular para que este proceso se pueda realizar con éxito.

Concretamente las frases que son *capaces* de articular los encargados de megafonía están entre las siguientes:

- Cercanías procedente de Mataró con destino Barcelona efectuará su salida por vía 5 a las 15:30.
- Regional procedente de Valencia efectuará su llegada a las 18:00 por vía 7.
- Largo recorrido procedente de Madrid efectuará su llegada con un retraso de 20 minutos.
- Talgo con destino Málaga efectuará su salida a las 14:30 por vía 8, no efectuará paradas.
- Regional procedente de Girona con destino Tarragona efectuará su salida a las 18:00 por vía 9, para en todas las estaciones.
- Intercity procedente de Tarragona con destino Almería efectuará su salida a las 10:00 por vía 2, para en las estaciones de Valencia, Alicante y Murcia.
- Talgo con destino Ginebra efectuará su salida con un retraso de 15 minutos.
- Regional con destino Bilbao efectuará su salida a las 16:30 por vía 1, para en la estación de Pamplona.

Por omisión, se supone que si no se dice el destino u origen de un tren éste es la propia estación. El citar las paradas sólo tiene sentido si el tren no acaba en la propia estación y solo se hace cuando estas varían respecto al horario oficial, por lo que es opcional.

Como es natural a veces los de megafonía se despistan y cometen algunos errores, por ejemplo no se puede anunciar la salida de un tren si no se dice a donde va, o la llegada de un tren si no se dice de donde viene. Por ejemplo es incorrecto:

- Cercanías procedente de Mataró efectuará su salida por vía 8 a las 19:00.
- Talgo con destino París efectuará su llegada a las 19:00 por vía 6.

La información relevante que ha de aparecer en los paneles de las estaciones es la siguiente:

Tipo de tren, origen, destino, si llega o se va, vía a la que llega o de la que se va, hora a la que llega o se va, si efectúa paradas el tren o no y cuales son, si se retrasa y cuanto.

Se pide definir un SRC para representar la información correspondiente a los trenes. Escribid en el formalismo de Gramáticas de Cláusulas Definidas (DCG) una gramática capaz de procesar las frases y generar la representación correspondiente, y un lexicón mínimo para resolver el problema.

10. Dada la euforia de automatizarlo todo, nos hemos decidido crear una máquina de ayuda a la elaboración de pasteles a la que si le decimos las cantidades de los ingredientes que vamos a usar nos los prepara para que no tengamos que molestarnos en medirlos, ni pesarlos.

Puestos en el dominio de la cocina, vemos que existe una gran variedad de maneras de expresar pesos y medidas (litros, kilos, gramos, pizcas, chorros, cucharaditas, cucharadas, tazas, ...). Afortunadamente, nuestra máquina ya las conoce, nuestro problema será indicarle cuantas unidades de medida del ingrediente específico nos hace falta.

Por ejemplo, dada la lista de ingredientes:

una cucharada de miel, tres melocotones, un litro de agua, un chorro de aceite de oliva, una pizca de sal y otra de azúcar, tres kilos de manzanas, una taza de zumo de limón y trescientos gramos de pasas.

Tendríamos la siguiente petición de ingredientes:

1	cucharada	miel
3	unidad	melocotón
1	litro	agua
1	chorro	aceite de oliva
1	pizca	sal
1	pizca	azúcar
3	kilo	manzanas
1	taza	zumo de limón
300	gramo	pasas

Es posible no repetir una medida si se repite para varios ingredientes, por ejemplo:

una cucharada de miel, otra de azúcar y otra de levadura

También esta claro que las medidas no sirven para cualquier ingrediente, por ejemplo no podemos pedir un litro de sal, tres zumos de limón o una cucharada de manzana (no seria una buena solución guardar en cada ingrediente que medidas particulares acepta).

Se deberá también controlar la concordancia de géneros y números entre las medidas y los numerales correspondientes, es decir, no es correcto:

- un taza de azúcar
- tres kilo de manzana
- un pizcas de sal

- a) Proponed un SRC para pasarle a la máquina de medida de ingredientes.
- b) Definid un lexicón para tratar el problema y una gramática capaz de extraer la información de la lista de ingredientes.



11. Debido a la gran competencia entre los bancos, el BSCHBVPA ha decidido presentar a sus clientes mas adinerados un innovador sistema de inversión en los diferentes mercados internacionales, se trata del *oído inversor particular*. Este sistema es capaz de reconocer las diferentes ordenes de compra y venta del inversor y lanzar la orden al mercado correspondiente.

En estos momentos el sistema es capaz de operar los cinco distintos tipos de mercados de inversión que hay y en las plazas de todo el mundo, el mercado de valores, el de futuros, deuda publica, divisas y materias primas.

En el mercado de valores se compran acciones, estas se cuentan por unidades y pertenecen a una compañía específica. En el mercado de futuros se compran opciones, también se cuentan por unidades y están ligadas a un índice bursátil específico que se negocia en una bolsa específica. En el mercado de materias primas se compran diferentes materiales (petróleo, oro, cadmio) y se piden cantidades específicas en la unidad que corresponda a la materia. En la deuda publica se compran bonos de deuda a un plazo de tiempo particular (1 año, 5 años, 10 años), estos bonos están avalados por el banco de un país concreto. En el mercado de divisas se compran cantidades específicas de alguna moneda. Así por ejemplo, un inversor puede pedir:

“Comprame 200 acciones de Endesa en el mercado de valores de Madrid, comprame 100 opciones de futuros referenciados al FTSE en el mercado de futuros de Londres, vendeme 10 kg de oro en el mercado de materias de Nueva York, comprame 500 bonos de deuda a 10 años de Alemania en el mercado de deuda del Banco Alemán, vendeme 1 millón de yenes en el mercado de divisas de Tokio”

Además de especificar estas ordenes, el inversor puede indicar una condición a la operación, como por ejemplo si el valor de lo que se quiere comprar o vender sube, baja o llega a cierto valor, por ejemplo:

- Comprame 100 acciones de telefónica en el mercado de valores de Madrid cuando bajen de 40 euros.
- Vendeme 100 barriles de petróleo en el mercado de materias de Londres cuando suba a 11 dolares.
- Vendeme 20 opciones de futuros referenciados al NIKKEI en el mercado de futuros de Tokio cuando lleguen a 15000 puntos
- Comprame 50 Bonos de deuda a 30 años de USA en el mercado de deuda del banco de America cuando suban al 5.5
- Comprame 1 millón de euros en el mercado de divisas de París cuando estén a 1.15 dolares.

Nota: Las acciones se referencian en una moneda, las materias en dolares, los futuros en puntos, la deuda en porcentaje de interés y las divisas en ratios sobre el dolar.

Esta claro que el sistema ha de rechazar las ordenes que no tengan sentido, como por ejemplo intentar hacer una operación con un valor en el mercado que no le corresponda, no especificar correctamente las unidades en las que se cuantifica el valor o indicar condiciones sin sentido para el valor, por ejemplo:

- Vendeme 10 kg de platino en el mercado de valores de Milán.
- Comprame 20 bonos de futuros referenciados al NASDAQ en el mercado de futuros de Nueva York.
- Comprame 10 Bonos de deuda a 30 años de Japón en el mercado de deuda del banco de Japón cuando bajen de 10 dolares

Como os podéis suponer, el BSCHBVPA ya ha hecho propaganda de su sistema, pero la implementación de cierta compañía de cuyo nombre no quiero acordarme no funciona, por lo tanto:

- a) Proponed un SRC para representar las ordenes de compra y venta con la información que se debería transmitir.
- b) Definid un lexicón para tratar el problema y una gramática capaz de extraer esa información de las ordenes que da el cliente.

12. Dado el éxito de sistemas electrónicos de venta de entradas, a un listillo se le ha ocurrido que eso del tratamiento del lenguaje natural podría dar algún dinerillo. Ya que eso de usar menús y pantallas

táctiles es demasiado moderno para la mayoría de la gente, ha decidido construir el sistema “Audio Entradas” que sera capaz de reconocer las peticiones que el usuario le da de viva voz. Como este amigo nuestro aun no ha llegado ha hacer IA nos ha pedido que le elaboremos una solución.

El sistema ha de ser capaz de reservar entradas para cinco tipos de espectáculos: Teatro, cine, conciertos, fútbol y toros. Para identificar correctamente una petición de entrada el usuario ha de especificarnos correctamente toda la información necesaria, la cantidad de entradas, de que tipo (si es aplicable), el tipo de espectáculo, el local donde se realiza y para que dia las quiere. Por ejemplo podríamos tener las siguientes peticiones:

- Dame 3 entradas de platea para la función de la tarde del teatro Romea para en 5 de octubre
- Dame 2 entradas de sombra para la corrida de la plaza Monumental para el viernes
- Dame 10 entradas de general para el partido del Barça para el domingo de la semana que viene
- Dame 5 entradas para la sesion de la noche del cine Aribau para el viernes
- Dame 4 entradas para el concierto de Bruce Springsteen de la Monumental para el 3 de septiembre

Por supuesto el usuario tendrá cierta flexibilidad para expresarse. Por ejemplo para expresar para cuando las quiere podrá dar el dia y mes, un dia de la semana (se supone que es para esta) o un dia de la semana indicando que es la que viene. Hay algunos locales que por su nombre se sabe de que tipo son y no hace falta decirlo, y hay espectáculos en los que es obvio donde se hacen (el partido del Barça) y por lo tanto se puede omitir.

También deberemos ser capaces de detectar incongruencias en las peticiones, como por ejemplo pedir entradas de un tipo que no es aplicable, o no dar la categoría de las entradas cuando es necesario, o para un espectáculo que no es compatible con el local. Por ejemplo serian peticiones incorrectas:

- Dame 3 entradas de sombra para la función de la tarde del Romea para el lunes
- Dame 5 entradas para el partido del Barça del Camp Nou del sábado
- Dame 6 entradas para la corrida del Aribau para el jueves
- Dame 4 entradas para el partido del Barça de la Monumental para el 3 de septiembre

Tened en cuenta que algunos conciertos se dan en sitios muy diversos (estadios, plazas de toros, ...).

Por supuesto, el usuario puede pedir entradas para varios espectáculos a la vez, por ejemplo:

Dame 3 entradas de general para el partido del Español para el domingo, 3 entradas para la sesion de la tarde del Comedia para el viernes y 4 entradas para el concierto de Bach del Palau para el sábado

- a) Proponed un SRC para representar la peticiones de entradas.
- b) Definid un lexicón para tratar el problema y una gramática capaz de extraer la información de la peticiones de los usuarios.

13. Se requiere implementar una interfaz de interpretación de ordenes expresadas en lenguaje natural para un robot mayordomo. Dichas ordenes pueden ser expresadas para que el robot las realice inmediatamente o dentro de un intervalo temporal, de manera que se le podrían dar ordenes para todo el día. A modo general, dichas ordenes consisten en la petición de ejecución de una acción doméstica genérica o relativa a una persona concreta y a realizar inmediatamente o en un espacio temporal. Ejemplos de ordenes posibles son:

*sirve la cena*  
*haz el desayuno de Juan*  
*haz la cama de Eva entre las 10 y las 11*  
*lava los platos*  
*tiende el pantalón de Eva entre las 21 y las 22*  
*sirve la comida de Eva entre las 14 y las 15 a Juan*  
*sirve la comida de Eva a Juan entre las 14 y las 15*

Para ello se quiere implementar una DCG en tres pasos teniendo en cuenta:

- a) Reglas para reconocer horas:

```
hora --> [1a,1].
hora --> [las, X] {numero(X), X<=24}.
```

b) Entradas léxicas como:

```
verb(sirve).    nom(pantalon).  det(1a)      np(Juan).
verb(haz).      nom(platos).    det(el)      np(Eva).
verb(tiende).   nom(cama).      det(los).
verb(lava).     nom(cena).      det(las).
```

Se pide que contestéis los siguientes apartados, pudiendo modificar, si es necesario, tanto las reglas sobre horas como las entradas léxicas descritas anteriormente:

- Implementad una DCG para el problema, de manera que controle únicamente 2 aspectos contextuales: concordancia de género y número, y control de correctitud de intervalos temporales.
- Modificad/Completad la DCG anterior introduciendo lo necesario para que exista coherencia semántica tanto entre los nombres y sus posibles modificadores, como entre los verbos y sus posibles argumentos. Es decir, para evitar oraciones como: *haz la cena a Juan, haz la cena de Ana a Juan, tiende el pantalón a Ana o tiende la cama*. Se aceptarán oraciones como *sirve la cena de Juan a Juan*.
- Modificad/Completad la DCG anterior introduciendo lo necesario para que se obtengan salidas como las siguientes:

```
haz la cama de Eva entre las 10 y las 11
= hacer(cama(Eva),[10,11])
haz la cena de Juan
= hacer(cena(Juan),X)
sirve la comida de Eva entre las 14 y las 15 a Juan
= servir(comida(Eva),Juan,[14,15])
sirve la comida de Eva a Juan entre las 14 y las 15
= servir(comida(Eva),Juan,[14,15])
sirve la cena
= servir(cena(X),Y,Z)
```

14. Volem construir una aplicació de Llenguatge Natural per convocar reunions, demanar horaris disponibles, etc. La aplicació ha de poder enviar missatges a usuaris o llistes, fer trucades telefòniques i similars. Per desenvolupar l'aplicació farem servir una gramàtica i un lexicó expressats en Gramàtiques de Clàusules Definides (DCG). El present exercici tracta d'un fragment de la gramàtica i lexicó. Concretament es tracta de desenvolupar la part de la gramàtica que cobreix les intervencions inicials de qui convoca la reunió.

Considereu les següents frases i similars:

- pregunta a pere si pot dilluns.
- convoca a pere, anna i pau per dimarts a les 12
- convoca al departament pel dilluns a les 11
- qui pot venir de la junta el dimecres a les 10?
- poden venir pere i joan el dijous a les 17?

Es desitja obtenir les següents formes lògiques:

- r(pregunta\_si\_no, q(possibilitat, [pere], dilluns,\_))
- r(ordre, q(convocatoria, [pere, anna, pau], dimarts, 12))
- r(ordre, q(convocatoria, [\*departament\*], dilluns, 11))
- r(pregunta\_qui, q(possibilitat, [\*junta\*], dimecres, 10))
- r(pregunta\_si\_no, q(possibilitat, [pere, joan], dijous, 17))

La forma lògica de sortida *r*, té dos arguments: 1) el tipus d'acció: *pregunta\_si\_no*, *pregunta\_qui*, *ordre*, ... i 2) el paràmetre d'aquesta acció. Aquest paràmetre condiciona el resultat de l'acció: es tracta d'una tupla de 4 elements: operació, implicats, data i hora.

Per exemple, la primera fòrmula ens indica que es tracta d'una pregunta amb resposta binària (si-no) en la qual es pregunta per la possibilitat de que els implicats, en pere, estiguin disponibles el dilluns, sense indicar l'hora.

Podeu fer servir el següent lexicó:

```
npr(pere, persona, masc).
npr(pau, persona, masc).
npr(anna, persona, fem).
npr(joan, persona, masc).
npr(dilluns, dia, masc).
...
npr(diumenge, dia, masc).

n(junta, *junta*, organitzacio,fem).
n(departament, *departament*, organitzacio,sing).

v(pregunta, preguntar, imperatiu, sing, 2).
v(convoca, convocar, imperatiu, sing, 2).
v(poden, poguer, present, plur, 3).
v(pot, poguer, present, sing, 3).
v(pots, poguer, present, sing, 2).
v(venir,venir,infinitiu,_,_).
```

A més a més podeu fer servir un predicat *number* amb dos arguments que donada una paraula com a primer argument té èxit si aquesta paraula és un nombre i torna com a segon argument el seu valor numèric.

Es demana que:

- a) Exteneu el lexicó proporcionat per tal de tractar totes les frases proposades.
  - b) Construïu una gramàtica DCG per tractar les frases anteriors (es valorarà la ampliació de la cobertura: canvi d'ordre dels components, opcionalitat, control de la concordança, etc.).
  - c) Feu una traça de l'anàlisi de la cinquena frase.
15. Se quiere implementar una interfaz en lenguaje natural capaz de realizar la comunicación persona-ordenador de un despacho inteligente. El despacho recibe órdenes del usuario. Algunas de ellas requieren del despacho una acción, tales como:

*llama a Juan a la oficina*  
*llama al 931002030*  
*escribe una carta para Ana*

Otras ordenes pueden requerir acciones en el futuro, tales como:

*pide un taxi*  
*pide un taxi para las 13:30*  
*resume la carta de Ana*  
*resume la carta de Ana del 12 de septiembre para el 15 de septiembre*  
*resume la conversación con Juan*  
*reserva la sala s213 para las 10:00 del 8 de mayo*

Para dicha finalidad, se quiere una gramàtica de clàusulas definidas (DCG). Concretament, se piden los siguientes apartados:

- a) Diseñar una DCG con concordancia de género y número entre sus constituyentes sintácticos para **reconocer** dichas ordenes.
- b) Ampliar la DCG anterior introduciendo lo necesario para que exista coherencia semántica entre sus constituyentes (por ejemplo, no se puede resumir algo que no sea un documento o una conversación, ni reservar algo que no es un recurso (salas, portátiles...), ni tampoco resumir “con” algo ni “con” nadie).
- c) Completar la DCG resultante para que se puedan **generar** salidas como por ejemplo:

*llama a Juan a la oficina*

- `telefonar(persona(Juan),lugar(oficina))`

*llama al 931002030*

- `telefonar(numero_telf(931002030),_)`

*reserva la sala s213 para las 10:00 del 8 de mayo*

- `reservar(sala(S213),hora(10:00),fecha(8,mayo))`

*resume la carta de Ana del 12 de septiembre para el 15 de septiembre*

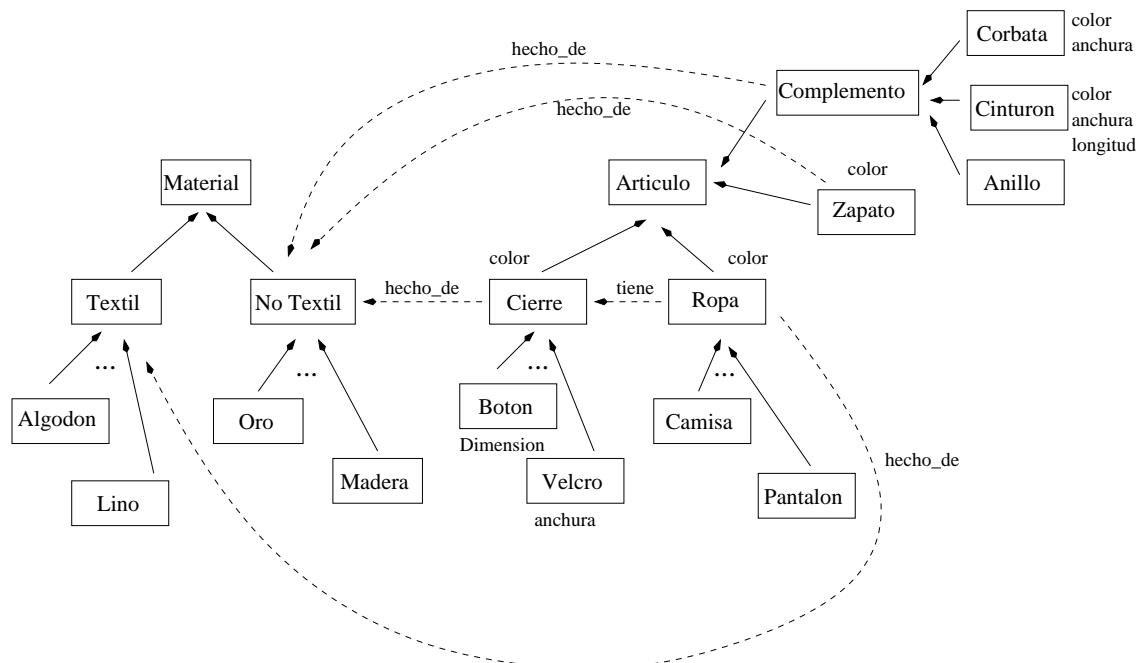
- `resumir(carta(persona(Ana),fecha(12,septiembre),fecha(15,septiembre))`

16. Una empresa quiere producir sistemas basados en el conocimiento (SBC) con interfaces en lenguaje natural. Para abordar el problema de la interpretación de oraciones ha optado por la siguiente estrategia: generar, primero, una gramática DCG para reconocer constituyentes sintácticos del lenguaje genérico, y posteriormente, adaptar dicha gramática al dominio semántico particular que requiere un SBC concreto. Se pide:

- a) Diseñar una parte pequeña de la gramática DCG, concretamente, diseñar una DCG con concordancia de género y número, para reconocer sintagmas nominales (SN) que contengan una conjunción de modificadores (MOD) de tipo adjetivo (ADJ) o de tipo sintagma preposicional (SP). Ejemplos de frases que se desean reconocer son:
  - el gato.
  - plantas verdes e inmaculadas.
  - unas ideas avanzadas, de calidad alta y factibles.
  - piso alto, con cocina separada, con ventana y equipada, con baño de lujo y soleado.

Nota: Es suficiente con incorporar dos entradas léxicas por cada categoría gramatical.

- b) Adaptar la DCG anterior para reconocer frases relativas al dominio semántico de artículos de ropa y complementos, representado mediante la ontología de la figura.



Dicha adaptación requiere la incorporación de las restricciones de selección necesarias para reconocer la descripción de un artículo y TODAS sus propiedades. Por ejemplo, en la descripción de cualquier zapato debe aparecer su color y el material del que está fabricado. Ejemplos de oraciones descriptoras del dominio semántico en cuestión son:

- anillo de oro.
- sombrero negro y de cuero.
- camisa blanca, de algodón y con botones verdes, grandes y de madera.

Nota: es suficiente con incorporar entradas léxicas para controlar las descripciones anteriores de anillo y camisa

c) Adapta la DCG del apartado (b) para que genere salidas como las siguientes:

- anillo de oro  
→ `anillo([material(oro)])`
- camisa blanca, de algodón y con botones verdes, grandes y de madera.  
→ `camisa([color( blanco ), material( algod on ), boton([color( verde ), dimension( grande ), material( madera )])])`.

17. Utilizar el formalismo de las Gramáticas de Cláusulas Definidas (DCG) para resolver el siguiente problema: Deseamos analizar frases en lenguaje natural de tipo atributivo obteniendo como resultado, para cada una de ellas, el atributo (o su negación) aplicado sobre el conjunto de entidades que lo satisfacen. Así, si consideramos el atributo "guapo" (o su negación, "feo") tendremos, por ejemplo:

```
ana es guapa → guapo ([ana])
yo soy feo → no (guapo ([usuario]))
ellas son guapas → guapo ([conjunto(X,mujer(X))])
pepe y juan son feos → no (guapo ([pepe,juan]))
ana y maria son guapas → guapa ([ana,maria])
tu y yo somos guapos → guapo ([usuario,máquina])
ana, pepa y juan son feos → no (guapo ([ana,pepa,juan]))
los hombres son feos → no (guapo ([conjunto(X,hombre(X))])
ana y los hombres son guapos → guapo ([ana,conjunto(X,hombre(X))])
```

Presta atención al uso de los pronombres (yo, ellas,...) y de genéricos (los hombres).

La gramática debe ser capaz de cubrir frases como las citadas (concretamente las entidades pueden expresarse con nombres propios, pronombres personales o nombres comunes con un determinante) y detectar agramaticalidades como:

```
yo eres guapo
tu eres guapas
ana son fea
ana y pepa es feas
juan es guapa
....
```

Proporciona el lexicon y la gramática, comentando brevemente las reglas y los argumentos

18. Supón que se quiere construir una herramienta de Question Answering en el dominio geográfico. Es decir, un sistema con el que se pueden realizar preguntas de geografía en lenguaje natural para obtener sus respuestas consultando una base documental. Uno de los módulos requeridos para dicho sistema es aquel cuyo objetivo es el tratamiento de la pregunta: reconocer y analizar la pregunta para obtener su interpretación semántica. Se pide:

- a) Diseñar una gramática con concordancia en género y número para tratar preguntas sobre: localizaciones de lugares (ciudades, provincias, países, montañas, ?). Ej:
1. ¿En qué país se encuentra Barcelona?
  2. ¿En qué continente está Cachemira?
  3. ¿Dónde está el Mulhacén?

4. ¿Por qué ciudades pasa el río Ebro?

5. ¿Por qué provincias pasa el Ebro?

características de lugares (distancias, alturas, caudales, capitales, longitudes, poblaciones, ?). Ej:

6. ¿Cuál es la capital de Portugal?

7. ¿Cuál es el caudal del Besós?

8. ¿Qué distancia hay entre Madrid y Barcelona?

9. ¿Qué altura tiene el K2?

10. ¿Cuántos kilómetros hay entre Madrid y el Esera?

11. ¿Cuántos habitantes tiene la provincia de Zaragoza?

12. ¿Cuántas hectáreas tiene Zaragoza?

b) Incorporar reglas para preguntar por localizaciones y características de varios lugares a la vez. Ej:

13. ¿En qué continentes se encuentran Vigo, Potosí y el río Rin?

14. ¿Qué alturas tienen el K2 y el Teide?

15. ¿Qué distancias hay entre Madrid y Teruel y entre Kiev y Moscú?

c) Incorporar semántica a la gramática para obtener interpretaciones como las siguientes, correspondientes a algunos de los ejemplos de preguntas anteriores:

1. `pregunta(X, pertenece(ciudad(barcelona),pais(X)))`

4. `pregunta(L, pasa(rio(ebro),ciudades(L)))`

10. `pregunta(X,distancia(X,traza(ciudad(madrid),rio(esera))))`

11. `pregunta(X,poblacion(X,provincia(zaragoza)))`

13. `pregunta(L,pertenece([ciudad(vigo),ciudad(potosí),rio(rin)],continentes(L)))`

15. `pregunta(L,distancias(L,[traza(ciudad(madrid),ciudad(teruel)),traza(ciudad(kiev),ciudad(moscu))]))`

19. Estas navidades Santa Claus ha decidido hacer más fácil el hacer llegar las peticiones de regalos y quiere crear un servicio telefónico donde uno puede dejar un mensaje con sus deseos. Los elfos de Santa no saben inteligencia artificial, así que eres tú el que tiene que definir el sistema de procesamiento del lenguaje natural para procesar los mensajes.

El tipo de peticiones que pueden llegarnos son de este estilo:

- 3 cajas de bombones
- 3 bolsas de caramelos Suchard
- 6 cajas de galletas
- 5 frascos de colonia Eau de Rochas
- 5 kilos de carbón
- 1 kilo de polvorones
- 6 corbatas
- 3 muñecas Barbie
- 1 bicicleta

- a) Define una DCG capaz de reconocer frases de este tipo. Asume que tienes un predicado `Prolog number(X)` que es cierto si `X` es un número.
- b) Modifica la gramática para que tenga en cuenta que la cantidad ha de coordinar en número con las unidades del producto o el producto.
- c) Modifica la gramática para que las unidades se correspondan con el tipo de regalo que se pide.
- d) Modifica la gramática para que genere como salida para cada petición el predicado `Regalo(Cantidad,Unidades,Regalo)`

20. Se quiere implementar una interfaz en lenguaje natural para incorporarla en un sistema domótico, de manera que una persona pueda dar órdenes a su casa inteligente.

Suponiendo que la casa tiene las siguientes características:

- Tiene 3 habitaciones (pequeña, mediana y grande), 2 baños (pequeño y grande), un comedor, una cocina, un recibidor y un balcón.
- Cada estancia tiene una ventana y una puerta. El recibidor no se considera estancia.
- Dispone electrodomésticos (una televisión, una radio, un pc, ...) localizados en ciertas estancias

se pide:

- a) Construir una gramática DCGs con concordancia de género y número para reconocer expresiones como las siguientes:
  - *enciende la luz*
  - *apaga la luz de la habitación mediana*
  - *baja un poco/bastante/mucho/totalmente el volumen de la tele*
  - *sube el volumen de la play*
  - *sube un poco/algo/a medias/totalmente la persiana de la habitación grande*
  - *sube algo la persiana del baño*
  - *abre un poco/algo/a medias/totalmente la puerta del balcón*
  - *enciende/conecta el ordenador*
- b) Añadir a la DCG anterior lo necesario para que exista coherencia semántica entre las acciones y los objetos de dichas acciones (ej: no se puede bajar un electrodoméstico ni conectar el volumen).
- c) Completar la DCG resultante para que se puedan **generar** salidas del tipo:

[ accion(elemento,modo) ]

como por ejemplo:

*abre un poco la puerta del comedor*  $\Rightarrow$  [ abrir(puerta(comedor),un\_poco) ]

*enciende la luz*  $\Rightarrow$  [ encender(luz(X)) ]

*apaga la radio*  $\Rightarrow$  [ apagar(radio) ]

*baja el volumen de la tele*  $\Rightarrow$

[ bajar(volumen(television),totalmente) ] ('totalmente' es valor por defecto)

*sube la persiana de la habitación mediana*  $\Rightarrow$

[subir(persiana(habitación(mediana))),totalmente]

*cierra algo la ventana de la habitación*  $\Rightarrow$  [cerrar(ventana(habitacion(X),algo)]

*enciende la calefacción*  $\Rightarrow$  [encender(calefaccion(Y))]

**Nota:** las variables X e Y de la salida generada se supone que se resolverán en una posterior fase de análisis de referentes.



## 11.1 Búsqueda

1. ¿Qué modificaciones habría que hacer al algoritmo de Hill Climbing para que en lugar de una solución encontrara  $n$  soluciones?
2. ¿Qué criterios permiten decidir si un problema debe ser resuelto mediante el algoritmo de  $A^*$  o el de IDA\*? (piensa en las características de los algoritmos y en la forma en la que hacen la exploración del espacio de búsqueda)
3. ¿Es posible que un problema de satisfacción de restricciones se pueda resolver más rápidamente utilizando Backtracking Cronológico que mediante Forward Checking? ¿Por qué?
4. Decidir que un heurístico no es admisible resulta fácil si encontramos un caso en el que no se cumple la condición de admisibilidad. En cambio, comprobar que un heurístico es admisible resulta más complejo. ¿En qué estados debemos fijarnos? ¿Qué elementos del problema debemos tener en cuenta? ¿Es importante el coste de los operadores?
5. Queremos planificar cómo debemos integrar diferentes procesos individuales de fabricación de diversos productos en un único proceso. Cada producto necesita utilizar un conjunto de máquinas en un orden específico que se puede describir mediante una secuencia de proceso. El uso de una máquina es un paso del proceso de fabricación de un producto. Para simplificar supondremos que cada paso tiene la misma duración. Hay que tener en cuenta que un producto puede necesitar un mismo tipo de máquina en diferentes pasos de su proceso de fabricación.

Disponemos de un número fijo de máquinas de cada tipo ( $m_i$ ). Supondremos que necesitamos fabricar una unidad de cada producto y solo podemos volver a iniciar el proceso una vez que hemos acabado todos los productos, es decir, en el proceso integrado sólo se fabrica una unidad de cada producto a la vez. Obviamente, un paso del proceso integrado se compone de un paso de todos o un subconjunto de los procesos individuales. Queremos minimizar el número de pasos del proceso integrado.

Se nos plantean las siguientes alternativas:

- a) Queremos utilizar  $A^*$  para minimizar el número total de pasos del proceso integrado. El estado lo forman los pasos de los procesos individuales que hemos encajado en cada paso del proceso integrado. El operador de cambio de estado consiste en colocar el máximo número de procesos individuales (un paso de cada uno) en el paso actual del proceso integrado, el coste del operador es el número de pasos integrados. La función heurística es la suma de pasos de los procesos individuales que nos quedan por integrar.
- b) Queremos utilizar satisfacción de restricciones, para ello creamos un grafo de restricciones que tiene  $MAX$  variables para cada producto, considerando que este número es el máximo número de pasos que tendremos. El dominio de cada variable es la máquina que se ha asignado a ese paso. Para cada variable de un producto, ponemos como restricción que todas las variables anteriores en la secuencia deben respetar el orden de la secuencia de fabricación. Para las variables de todos los productos en un paso de fabricación, ponemos la restricción de que el número de máquinas asignadas a los productos en ese paso no supere los máximos de máquinas de los que se dispone.

Comenta cada una de las posibilidades indicando si resuelven o no el problema y qué ventajas e inconvenientes tiene cada una de ellas. Justifica la respuesta.

6. Queremos asignar un conjunto de seminarios a una lista de aulas. Para cada seminario tenemos la fecha tentativa en la que debería realizarse, pero sabemos que tenemos un margen de hasta tres días que podemos usar para retrasar su inicio. También disponemos de la duración del seminario (1, 2 o 3 horas).

Para cada aula sabemos en qué fecha está disponible y durante cuántas horas (1, 2 o 3 horas). Un aula sólo se puede reservar para todo el periodo durante el que está disponible, por lo que si el seminario dura menos estaremos perdiendo horas.

El objetivo sería asignar los seminarios a las aulas de manera que se minimice el número de horas desperdiciadas y que los seminarios se retrasen lo mínimo posible. Supondremos que tenemos aulas suficientes para asignar todos los seminarios y que hay muchas más aulas que seminarios. Se nos plantean las siguientes formas de solucionar el problema:

- a) Queremos utilizar  $A^*$  de manera que ordenamos las aulas según la fecha en las que están disponibles (en caso de estar disponible en la misma fecha decidimos un criterio de ordenación). Procedemos a asignar los seminarios siguiendo el orden establecido utilizando dos operadores: asignar un seminario que quepa en las horas disponibles y que no viole las restricciones de fecha de inicio (el coste sería las horas disponibles del aula) o no asignar nada al aula (el coste sería cero). Como función heurística utilizaremos la suma de horas de seminario que quedan por asignar.
- b) Queremos usar satisfacción de restricciones para resolver el problema, para ello elegimos como variables los seminarios y para cada seminario calculamos su dominio seleccionando todas las aulas en la que puede ubicarse cumpliendo las restricciones de fechas y de horas necesarias. Añadimos dos restricciones adicionales al problema, la primera es que la suma de retrasos de los seminarios ha de ser menor que el valor  $R$  y que la diferencia entre las horas que dura cada seminario y las horas libres del aula en el que es ubicado ha de ser menor o igual que uno.

Comenta cada una de las posibilidades indicando si resuelven o no el problema, qué errores te parece que tiene cada solución y cómo se podrían corregir, y qué ventajas e inconvenientes tienen cada una de ellas. Justifica la respuesta.

7. Queremos determinar cómo abastecer  $N$  tiendas a partir de  $k$  almacenes. Tiendas y almacenes se encuentran distribuidos dentro de una ciudad y conocemos las coordenadas en las que se ubican. El abastecimiento se realiza mediante camiones que cargan las mercancías necesarias para una tienda, las llevan y vuelven al almacén. Cada tienda tiene una demanda ( $D(T_i)$ ) diferente.

Lo que nos interesa es que los almacenes tengan aproximadamente la misma cantidad de mercancías, por lo que la suma de las demandas de las tiendas que servimos desde cada almacén ha de ser aproximadamente igual. También nos interesa que los kilómetros que han de recorrer los camiones para abastecer a las  $N$  tiendas sean los menos posibles.

Comenta cada una de las posibilidades indicando si resuelven o no el problema, qué errores te parece que tiene cada solución y cómo se podrían corregir, y qué ventajas e inconvenientes tienen cada una de ellas. Justifica la respuesta.

- a) Queremos resolver el problema utilizando búsqueda local generando como solución inicial un estado en el que las tiendas están asignadas al almacén más cercano. Como operadores de búsqueda utilizamos cambiar una tienda de un almacén a otro. Como función heurística utilizamos la función:

$$h(n) = \sum_{i=1}^k \sum_{T_j \in Abast(A_i)} Dist(T_j, A_i) + \sum_{i=1}^k \left| \frac{\sum_{T_j \in Abast(A_i)} D(T_j)}{k} - \sum_{T_j \in Abast(A_i)} D(T_j) \right|$$

Donde  $Abast(A_i)$  es el conjunto de tiendas que abastece el almacén  $A_i$ ,  $Dist(T_j, A_i)$  es la distancia entre la tienda  $T_j$  y el almacén  $A_i$

- b) Queremos solucionar el problema mediante satisfacción de restricciones, como variables escogemos  $k \times N$  variables binarias de manera que cada tienda tiene asociadas  $k$  variables que representan el almacén al que está asignada. Como restricción imponemos que solo una de esas variables puede ser cierta. Añadimos también las siguientes restricciones al problema:

- Para cualquier almacén, la suma de las demandas de las tiendas asignadas a él no puede ser mayor en un 5 % a la suma de las demandas de las tiendas asignadas a cualquiera otro almacén.

$$\forall i, j (i \neq j) \quad \sum_{\forall T_a \in Abast(A_i)} D(T_a) \leq \sum_{\forall T_b \in Abast(A_j)} D(T_b) \times 1.05$$

- Para cualquier almacén, la suma de las distancias de las tiendas asignadas a él no puede ser mayor en un 5 % a la suma de las distancias de las tiendas asignadas a cualquiera otro almacén.

$$\forall i, j (i \neq j) \quad \sum_{\forall T_a \in Abast(A_i)} Dist(T_a, A_i) \leq \sum_{\forall T_b \in Abast(A_j)} Dist(T_b, A_j) \times 1.05$$

8. Queremos saber cómo distribuir un conjunto de plantas en un cultivo. Para poder organizar mejor el cultivo lo hemos dividido en una cuadrícula de  $N \times M$ . Las plantas que queremos colocar son de  $T$  diferentes tipos y tenemos  $k_t$  plantas de cada tipo. Cada planta tiene unas necesidades específicas de agua ( $a_t$ ) y nutrientes ( $n_t$ ) diarias.

Cada posición de la cuadrícula puede albergar un máximo de  $P$  plantas de cualquier tipo. El sistema de riego permite aportar  $L$  litros de agua diarios a cada una de las  $M$  columnas de la cuadrícula y de cada posición las plantas pueden consumir hasta  $G$  gramos de nutrientes al día.

Lo que hemos de conseguir es colocar todas las plantas que tenemos, con las restricciones de que el consumo de agua y nutrientes no superen las cantidades diarias y que, para agotar de manera uniforme los nutrientes de las posiciones, la diferencia en consumo de nutrientes entre una posición y sus adyacentes no supere cierto valor  $C$ .

Se nos plantean las siguientes alternativas:

- Queremos utilizar satisfacción de restricciones donde las variables son las coordenadas de la cuadrícula del cultivo y los valores el identificador de cada planta a colocar (evidentemente una variable tendrá un conjunto de valores). Las restricciones aparecerían entre las posiciones de cada columna, de manera que las necesidades de agua totales no superen los  $L$  litros de agua que se aportan diariamente, habrá una restricción por posición que no permita que el consumo de nutrientes supere el límite  $G$  diario y restricciones entre una posición y sus adyacentes de manera que la diferencia de consumo de nutrientes no sea mayor que  $C$ .
- Queremos utilizar búsqueda local, la solución inicial consiste en colocar todos los elementos en la primera posición de la cuadrícula. El operador de modificación de la solución consiste en mover una planta de una posición a otra. Queremos minimizar la siguiente función heurística: suma del agua necesitada por columnas más suma de consumo de nutrientes por posición más suma del consumo de nutrientes de las posiciones que superan el valor  $C$  en su diferencia respecto a sus adyacentes.

Comenta cada una de las posibilidades indicando si resuelven o no el problema, qué errores te parece que tiene cada solución y cómo se podrían corregir, y qué ventajas e inconvenientes tienen cada una de ellas. Justifica la respuesta.

9. Deseamos construir un circuito integrado de manera que la intensidad de corriente necesaria por los diferentes elementos esté equilibrada en todo el circuito. Para simplificar el problema hemos supuesto que el circuito es una cuadrícula de  $N \times M$ . Los diferentes elementos que queremos colocar en el circuito son de  $K$  tipos diferentes y tenemos que colocar un número  $e_k$  de cada uno de ellos. Cada tipo de elemento necesita una intensidad de corriente específica.

Cada posición del circuito puede albergar  $P$  elementos de cualquier tipo y hemos de colocar todos los elementos.

Lo que hemos de conseguir es que la suma de las intensidades que necesitan los elementos para cada fila y cada columna no supere un valor  $I$  y que la diferencia de intensidad de corriente entre una celda y cada una de sus cuatro vecinas contiguas no sea mayor que un valor  $V$ .

Se nos plantean las siguientes alternativas:

- a) Queremos utilizar satisfacción de restricciones donde las variables son los diferentes elementos a colocar y los valores son las coordenadas  $(i, j)$  de la cuadrícula. Las restricciones aparecerán entre los elementos de manera que la suma de las intensidades de los elementos que compartan la misma fila y los que compartan la misma columna sea menor que  $I$  y que la diferencia entre la suma de las intensidades de los elementos de una celda con la suma de las intensidades de los elementos de las celdas vecinas contiguas no sea superior en  $V$ .
- b) Queremos utilizar  $A^*$ , para ello recorreremos secuencialmente la cuadrícula desde la esquina superior izquierda hasta la esquina inferior derecha. Usamos como operador el colocar de 0 a  $P$  elementos en la casilla actual, el coste del operador es el número de elementos colocados. La función heurística es el número de elementos por colocar o infinito si la suma de intensidades de los elementos de alguna fila o columna supera el valor  $I$  o la diferencia entre la suma de las intensidades de los elementos de una celda con la suma de las intensidades de los elementos de las celdas vecinas contiguas no sea superior en  $V$ .

Comenta cada una de las posibilidades indicando si resuelven o no el problema, qué errores te parece que tiene cada solución y cómo se podrían corregir, y qué ventajas e inconvenientes tienen cada una de ellas. Justifica la respuesta.

10. Después de los incendios del verano se nos ha planteado rediseñar la ubicación de los parques de bomberos. Para solucionar el problema dividimos el área en una cuadrícula de  $N \times M$ , cada posición tiene asignado un factor de accesibilidad  $A$  que toma un valor entre 1 y 3 (1 es una zona de fácil acceso, 3 es un área de difícil acceso).

Deseamos ubicar un total de  $P$  parques de bomberos, cada parque de bomberos puede tener entre uno y tres camiones. Tenemos un total de  $C$  camiones para repartir (obviamente  $C > P$ ).

Definimos el factor de seguridad de una posición como la suma para esa posición y todas las que la rodean del cociente entre el número de camiones de bomberos que hay en la posición y su factor de accesibilidad.

El objetivo es ubicar todos los parques de bomberos y repartir entre ellos todos los camiones de manera que el factor de seguridad global (la suma para todas las posiciones) sea el máximo posible.

- a) Queremos utilizar  $A^*$  de manera que recorreremos la cuadrícula de la esquina superior izquierda a la inferior derecha. El estado es la asignación que hemos hecho de parques de bomberos y camiones a las áreas recorridas. Utilizamos como operador poner un parque de bomberos, asignando uno, dos o tres camiones en el caso de ponerlo, el coste del operador es el número de camiones asignados más uno, o no ponerlo con coste uno. La función heurística es el número de áreas que nos quedan por visitar y vale infinito si ya hemos asignado más de  $C$  camiones o  $P$  parques de bomberos.
- b) Queremos utilizar búsqueda local generando una solución inicial en la que repartimos al azar los  $P$  parques de bomberos con un camión cada uno. Los operadores son aumentar o disminuir el número de camiones de un parque y mover un parque con todos sus camiones a otra posición. La función heurística que queremos optimizar es el factor de seguridad global más una constante por el número de camiones que quedan por asignar.

Comenta cada una de las posibilidades indicando si resuelven o no el problema, qué errores te parece que tiene cada solución y cómo se podrían corregir, y qué ventajas e inconvenientes tienen cada una de ellas. Justifica la respuesta.

11. El área de Parques y Jardines del Ayuntamiento de Barcelona quiere modernizar su flota de mini-furgonetas con una nueva, experimental, impulsada por hidrógeno, que tiene la ventaja de ser altamente ecológica y fácil de mantener pero que tiene una autonomía muy limitada. Para resolver el problema de la autonomía se han colocado 3 surtidores de hidrógeno por diferentes partes de la ciudad para que la mini-furgoneta pueda repostar.

Queremos planificar el recorrido diario de esta mini-furgoneta por los diferentes parques de la ciudad de forma que pueda pasar por todos los parques una vez, tardando el mínimo tiempo posible y pasando por uno de los surtidores cada vez que se le esté acabando el hidrógeno. Como datos para esta planificación disponemos de una tabla que nos indica las posiciones de todos los parques y jardines a visitar y de los tres surtidores, así como la distancia entre cada uno de estos puntos en la ciudad. Sabemos también que la mini-furgoneta experimental tiene un tanque de  $n$  litros de hidrógeno y que su consumo es de  $x$  litros de hidrógeno por kilometro.

Se nos plantean las siguientes alternativas:

- a) Queremos utilizar  $A^*$  para minimizar el número de kilometros recorridos por la furgoneta y reducir el número de repostajes al mínimo. Utilizaremos como función de coste la longitud del camino (usando la tabla de distancias antes mencionada), donde la función heurística vale infinito si la mini-furgoneta no tiene suficiente combustible para ir del punto actual a un surtidor, y en caso contrario es la suma de las distancias de los puntos por recorrer al punto actual. El operador aplicable es pasar del punto actual a otro punto.
- b) Queremos utilizar búsqueda local para minimizar el número de kilometros recorridos por la mini-furgoneta y reducir el número de repostajes al mínimo. Partimos de una solución inicial en la que intercalamos un paso por el surtidor de hidrógeno entre parque y parque. Se dispone de dos operadores de modificación de la solución: uno para eliminar del camino un paso por el surtidor, y otro para modificar el orden en el que visitamos alguno de los puntos del camino (ya sea parque o surtidor). La función heurística es la longitud del camino recorrido + 2 kilómetros extra de penalización por cada paso por un surtidor.

Comenta cada una de las posibilidades indicando si resuelven o no el problema y qué ventajas e inconvenientes tiene cada una de ellas. Justifica la respuesta.

12. Tenemos un camión que puede llevar cierta carga máxima y tenemos que recoger y dejar una serie de paquetes en diferentes puntos de una ciudad haciendo el recorrido más corto posible, sin que se sobrepase en ningún momento la carga máxima del camión. Partimos de cierto punto de origen y volvemos a él, habiendo dejado todos los paquetes. Para obtener el recorrido se dispone de un mapa de la ciudad que indica la longitud mínima entre cada par de puntos por los que ha de pasar el camión.

Se nos plantean las siguientes alternativas:

- a) El algoritmo de  $A^*$ . El estado es el camino recorrido. Utilizamos como coste la longitud del camino actual. La función heurística vale infinito si el camión en el estado actual supera el peso máximo y, en caso contrario, es la suma de las distancias de los puntos por recorrer al origen. El operador aplicable es pasar del punto actual a otro no visitado.
- b) Satisfacción de restricciones, donde las variables son todas las aristas del grafo de conexiones entre los puntos a recorrer, éstas son variables booleanas e indican si pertenecen al camino a recorrer o no. Las restricciones son que debe haber exactamente dos aristas de un mismo vértice en la solución y que no se sobrepase el peso del camión en el recorrido formado por las aristas.

Comenta cada una de las posibilidades indicando si resuelven correctamente o no el problema, qué errores te parece que tiene cada solución y cómo se podrían corregir, y qué ventajas e inconvenientes tienen cada una de ellas. Justifica la respuesta.

13. Los dueños de cierto hipódromo desean configurar las lista de participantes de cada carrera de una jornada. Cada día se realizan 10 carreras con 10 caballos cada una. Para confeccionar las carreras

pueden usar caballos de 8 caballerizas profesionales que ponen 7 caballos cada una a su disposición. Un caballo puede correr en varias carreras siempre que tenga como mínimo tres carreras de descanso. Tampoco pueden correr más de dos caballos de la misma caballeriza en una carrera.

Que un caballo corra en una competición tiene un coste para el hipódromo que depende del ranking del caballo. Buscamos minimizar el coste total de las carreras respetando las restricciones. Se plantean dos estrategias distintas para resolver el problema:

- a) Usar  $A^*$  tomando como estado la asignación de caballos a carreras. El estado inicial sería la asignación vacía, el estado final sería la asignación completa. Usaríamos como operador de cambio de estado el asignar un caballo a una carrera, su coste sería el coste del caballo asignado. Como función heurística usaríamos el número de caballos que faltan por asignar.
- b) Usar un algoritmo de satisfacción de restricciones. Supondríamos que un caballo solo puede estar en un máximo de tres carreras. Crearíamos un grafo de restricciones cuyas variables serían las tres posibles carreras de cada caballo. El dominio de cada variable sería la carrera en la que corre el caballo o vacío si el caballo no corre. Tendríamos una restricción entre las carreras consecutivas de un caballo que no permitiera que su diferencia fuera menor que tres y una restricción entre todas las carreras de los caballos de una caballeriza para que no pudiera haber más de dos caballos en la misma carrera.

Comenta cada una de las posibilidades indicando si resuelven correctamente o no el problema, qué errores te parece que tiene cada solución y cómo se podrían corregir, y qué ventajas e inconvenientes tienen cada una de ellas. Justifica la respuesta.

14. Un problema en telefonía móvil es asignar a los teléfonos que están llamando en cierto momento la frecuencia en la que tienen que operar y la torre a través de la que tienen que comunicarse. Tenemos  $T$  torres, cada torre de telefonía tiene asignadas  $f$  frecuencias que puede utilizar. Dos teléfonos móviles pueden operar en la misma frecuencia si la distancia que los separa es mayor que  $d$ . Una torre no puede manejar mas de  $t$  teléfonos o  $tf$  teléfonos en la misma frecuencia, ni tampoco teléfonos que estén a una distancia de más de  $dt$  de la torre. Estas podrían ser soluciones a este problema:

- a) Lo planteamos como un problema de satisfacción de restricciones. Consideramos que los teléfonos móviles son variables y la frecuencia y la torre que se les ha de asignar son los dominios. Tenemos un grafo de restricciones que conecta a los teléfonos de manera que dos teléfonos no pueden tener la misma frecuencia si su distancia es menor que  $d$ . Tenemos una restricción global que impide que asignemos la misma torre a más de  $t$  teléfonos y antes de iniciar la solución del problema eliminamos del dominio de cada teléfono todas las torres que están a una distancia de más de  $dt$ .
- b) Lo planteamos como un problema de búsqueda heurística. Consideramos que el estado es una asignación total o parcial de torre y frecuencia a los teléfonos móviles. Buscamos la secuencia de asignaciones que da un valor a todos los teléfonos móviles. Como operador usamos asignar una torre y una frecuencia a un teléfono siempre que la asignación no provoque interferencia por su distancia con otro teléfono ya asignado y no supere los límites de número de teléfonos por torre y máximo de teléfonos con la misma frecuencia de la torre. El coste es la distancia del teléfono a la torre asignada. La función heurística es la suma de las distancias de los teléfonos por asignar a su torre más cercana.

Comenta cada una de las posibilidades indicando si resuelven correctamente o no el problema, qué errores te parece que tiene cada solución y cómo se podrían corregir, y qué ventajas e inconvenientes tienen cada una de ellas. Justifica la respuesta.

15. El Ministerio de Sanidad y Consumo español quiere mejorar el sistema de asignación de plazas de médicos a centros hospitalarios. Cada médico  $m_i$  tiene una especialidad, acepta un sueldo mínimo determinado ( $Pm_i$ ) y acepta una distancia máxima a recorrer entre su casa y su trabajo ( $Dm_i$ ). Cada centro  $c_j$  dispone de  $x_j$  plazas nuevas por cada especialidad  $j$ . El ministerio paga cada plaza de

especialidad  $j$  a un precio máximo determinado ( $P_j$ ), y dispone de un mapa de distancias entre las viviendas de los médicos y los centros hospitalarios.

Se quiere asignar médicos a centros de manera que se cubra el máximo número de plazas nuevas. Supondremos que el número de médicos que solicitan plaza es mucho mayor que el número de plazas. Se nos plantean las siguientes formas de solucionar automáticamente este problema:

- a) Queremos usar satisfacción de restricciones donde las variables son las plazas a cubrir, y sus dominios son el conjunto de médicos solicitantes  $m_i$ . Las restricciones son la especialidad, el sueldo y la distancia convenientes para los médicos y los centros.
- b) Queremos utilizar  $A^*$  de manera que se pueda asignar un médico a una plaza (si las especialidades son las mismas y si el sueldo y la distancia son convenientes), y desasignar un médico de una plaza, ambas operaciones con coste 1. La función heurística  $h$  que se pretende usar es el número de plazas cubiertas.

Comenta cada una de las posibilidades indicando si resuelven o no el problema, qué errores te parece que tiene cada solución y cómo se podrían corregir, y qué ventajas e inconvenientes tienen cada una de ellas. Justifica la respuesta.

16. Tenemos un sistema P2P que utiliza un mecanismo centralizado para asignar a cada cliente qué otros clientes son los que le envían las partes del fichero que le faltan. Cada cliente calcula una lista con los retardos medios de transmisión a cada uno de los clientes que conoce (en milisegundos). El mecanismo centralizado conoce el ancho de banda disponible de cada cliente tanto de subida como de bajada (en Kb/s) para el fichero que se quiere transmitir. Cada cierto tiempo el mecanismo centralizado distribuye a los clientes con qué otros clientes debe conectarse para recibir partes del fichero y qué ancho de banda dedicar. Para cada cliente conocemos qué partes del fichero tiene, por lo que podemos saber si puede enviar o no a un cliente. La idea es que minimicemos el tiempo de retardo total de las transmisiones y utilicemos el máximo ancho de banda de bajada disponible de cada cliente.

Comenta cada una de las posibilidades indicando si resuelven o no el problema, qué errores te parece que tiene cada solución y cómo se podrían corregir, y qué ventajas e inconvenientes tienen cada una de ellas. Justifica la respuesta.

- a) Queremos utilizar  $A^*$  de manera que recorremos la lista de clientes en un orden preestablecido. El estado es la asignación que hemos hecho de clientes y sus anchos de banda a los clientes recorridos. Utilizamos como operador asignar a un cliente uno de los que conoce (siempre que tenga partes del fichero que el cliente actual no tenga) y su máximo ancho de banda de subida al cliente actual, cuando el ancho de banda de bajada del cliente actual es superado por la suma de los anchos de banda de subida de los clientes asignados pasamos al siguiente cliente. Evidentemente una vez asignado un cliente para transmitir partes del fichero no lo podemos asignar más veces. El coste del operador es el retardo del cliente asignado. La función heurística es la suma para los clientes que quedan por recorrer de los retardos a los clientes que conocen.
- b) Queremos utilizar búsqueda local generando una solución inicial en la que cada cliente recibe de todos los clientes que conoce que tienen partes del fichero que le faltan con un ancho de banda de 1 Kb/s. Como operadores tenemos aumentar o disminuir el ancho de banda de un cliente que transmite a otro en 1 Kb/s. La función heurística es la suma para cada cliente de los retardos de los clientes que le transmiten con un ancho de banda superior a 0 Kb/s.

17. Se quiere planificar cómo componer  $S$  servicios Web en un único servicio de orden superior (meta-servicio). Cada servicio Web usa un conjunto de agentes informáticos que deben ejecutarse en un orden específico para cumplir la tarea que realiza el servicio, estos agentes pueden trabajar en paralelo. Se supone que la acción que realiza cada agente tiene la misma duración (un paso) y hay que tener en cuenta que un servicio puede necesitar un mismo agente en diferentes pasos de su ejecución. Se dispone de un agente de cada tipo, teniendo un total de  $A$  agentes. El meta-servicio se considera completo cuando se haya completado cada servicio que lo compone. Se plantean las siguientes alternativas para minimizar el número total de pasos de ejecución del meta-servicio:

- a) Queremos utilizar  $A^*$ . Definiremos el estado como la asignación de pasos de los  $S$  servicios individuales a uno de los  $A$  agentes en cada paso del meta-servicio. El estado inicial es tener un único paso del meta-servicio donde ninguno de los agentes tiene un servicio asignado.

Los operadores de cambio de estado consisten en:

- 1) Asignar el primer paso no ejecutado de alguno de los servicios a un agente libre en el paso actual del meta-servicio, con coste uno
- 2) Añadir un paso nuevo al meta-servicio, con coste uno

La función heurística es la suma de pasos de los servicios individuales que nos quedan por ejecutar dividida por el número de agentes.

- b) Queremos utilizar satisfacción de restricciones. Suponemos que el número máximo de pasos del meta servicio ( $MP$ ) es el número de veces que aparece el agente más utilizado, de manera que usamos  $S \cdot MP$  variables para representar qué agente ejecuta un paso de un servicio en la secuencia de pasos del metaservicio. El dominio de cada variable son los  $A$  agentes, mas un valor que indica que la variable no esta asignada. Las restricciones son las siguientes:

- 1) Para las variables de servicio en un paso, estas no pueden tener el mismo agente.
- 2) Para las variables de un mismo servicio, estas no pueden violar la secuencia de acciones del servicio

Comenta cada una de las posibilidades indicando si resuelven o no el problema, qué errores te parece que tiene cada solución y cómo se podrían corregir, y qué ventajas e inconvenientes tienen cada una de ellas. Justifica la respuesta.

18. En la pasarela Gaudí han de organizar diez desfiles para diez diseñadores, dos por día, sabiendo que algunos diseñadores se niegan a desfilan el mismo día que algún otro. Se han de asignar las y los modelos a los desfiles ( $m$  por desfile) sin que la misma persona desfile más de tres veces en total. Cada diseñador tiene también unas restricciones de altura y peso para sus modelos. Los organizadores de la pasarela han de pagar a los modelos y cada uno tiene su tarifa por participar en un desfile. Obviamente, los organizadores quieren pagar lo menos posible. La organización se plantea tres estrategias distintas para resolver el problema de la pasarela:

- a) Usar un algoritmo de búsqueda local intentando minimizar el coste de la pasarela. La función heurística es la suma de las tarifas de los que participan en los desfiles mas una constante  $K$  por cada restricción entre diseñadores o modelos que no se cumpla. La solución de partida coloca dos diseñadores cualesquiera en cada uno de los días y  $m$  modelos por desfile. Los operadores de cambio de estado son `intercambiar_desfile`, que intercambia los días en que desfilan dos diseñadores, `añadir_modelo` a un desfile concreto, `quitar_modelo` de un desfile e `intercambiar_modelo` entre dos desfiles.
- b) Resolvemos primero el problema de asignar los diseñadores a los desfiles mediante un algoritmo de satisfacción de restricciones. A partir de esa asignación usamos el algoritmo de  $A^*$  para solucionar la asignación de los modelos a los desfiles. El estado es una asignación parcial de modelos a desfiles. Utilizamos como operador `añadir_modelo` a un desfile concreto que comprueba que no haya más de  $m$  modelos en el desfile y que se cumplan las restricciones del diseñador e `intercambiar_modelo` entre dos desfiles que tambien comprueba las restricciones del diseñador, el coste del operador asignar es la tarifa del modelo asignado, la del operador intercambiar es la del modelo mas caro de los dos. Como función heurística usamos el número de modelos que falta incluir en los desfiles multiplicado por la tarifa del modelo mas caro.
- c) Usar un algoritmo de satisfacción de restricciones. Primero resolver el problema de asignar modelos a cada uno de los desfiles, teniendo en cuenta las restricciones de cada diseñador, y luego, una vez determinada la composición de cada desfile, montar el calendario (qué dos desfiles tocan cada día) teniendo en cuenta que no se emparejen dos diseñadores que no se pueden ver y que no haya modelos que desfilen más de tres veces.



Comenta cada una de las posibilidades indicando si resuelven o no el problema, qué errores te parece que tiene cada solución y cómo se podrían corregir, y qué ventajas e inconvenientes tienen cada una de ellas. Justifica la respuesta.

19. Queremos transmitir  $X$  Kbits entre dos máquinas  $M_I$  y  $M_F$ , para ello hemos de establecer  $C$  canales de comunicación que han de atravesar  $N$  máquinas ( $M_1, M_2, \dots, M_N$ ) que hacen de puntos intermedios ( $C \leq N$ ), los  $X$  Kbits los dividimos a partes iguales por cada canal. Conocemos la velocidad en  $k\text{bps}$  del canal que se puede establecer entre cada par de máquinas (incluidas  $M_I$  y  $M_F$ ), queremos que la velocidad media de un canal sea como mínimo  $V$  Kbps y que un canal no atraviese más de  $P$  máquinas.

Buscamos la solución que conecte todas las máquinas sin que dos canales pasen por la misma máquina (exceptuando  $M_I$  y  $M_F$ ) tardando lo menos posible en transmitir los  $X$  Kbits.

- Queremos utilizar  $A^*$ . Definimos el estado como la asignación de máquinas a canales. El estado inicial consiste en asignar las máquinas  $M_I$  y  $M_F$  a cada canal. Tenemos un operador que asigna una máquina a un canal y cuyo coste es la velocidad media del canal que empieza en  $M_I$ , pasa por la máquina y acaba en  $M_F$ , solo podemos asignar una máquina a un canal si no excedemos el valor  $P$ . Como función heurística usamos la suma de las velocidades medias de todos los canales que se obtienen poniendo cada máquina que queda por conectar como único nodo intermedio entre  $M_I$  y  $M_F$ .
- Aplicar un algoritmo de satisfacción de restricciones. Las variables son las máquinas, los dominios son los canales donde podemos asignarlas. Supondremos que no tenemos en cuenta las máquinas  $M_I$  y  $M_F$  ya que estarán asignadas a todos los canales. Como restricciones imponemos que un canal no esté asignado a más de  $P$  máquinas y que la velocidad media mínima del canal que incluye las máquinas asignadas sea mayor que  $V$ .

Comenta cada una de las posibilidades indicando si resuelven o no el problema, qué errores te parece que tiene cada solución y cómo se podrían corregir, y qué ventajas e inconvenientes tienen cada una de ellas. Justifica la respuesta.

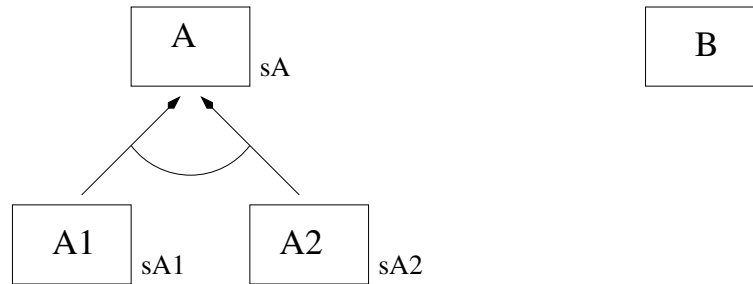
20. Queremos generar los horarios para una compañía aérea desde distintas ciudades europeas ( $c$  ciudades) a Nueva York. Se conoce el número estimado de pasajeros por día de la semana y ciudad. Cada ciudad ha de tener un número mínimo de vuelos por semana ( $vs$ ), preestablecido por la compañía. Además se fija también un número máximo  $M$  total vuelos que la compañía puede hacer llegar al día a Nueva York. En cada avión caben  $p$  pasajeros. Con los  $M$  vuelos diarios deberíamos tener suficiente para poder cubrir los  $vs$  vuelos semanales desde cada ciudad. Se plantean las siguientes alternativas para maximizar el número de usuarios transportados por semana:

- Queremos usar satisfacción de restricciones, donde hay una variable por cada combinación de ciudad y días de la semana, los valores son el número de vuelos de esa combinación. Las restricciones son: La suma del número de vuelos para una ciudad en una semana no puede ser menor que  $vs$ , la suma del número de vuelos para un día no ha de ser superior  $M$  y el número total de plazas que se quedan vacías tiene que ser menor que un cierto valor  $u \times c$ .
- Queremos usar  $A^*$  para maximizar el número de personas que transportamos. El estado es una asignación parcial de aviones a ciudades y días de la semana. Tenemos un operador que consiste en incrementar los vuelos de un día y ciudad concretos si quedan pasajeros por transportar comprobando no salgan mas de  $M$  vuelos diarios, el coste del operador es uno o infinito si superamos los vuelos por semana de la ciudad. Como función heurística usamos la parte entera entre el cociente entre  $p$  y el número de pasajeros que quedan por transportar.
- Queremos usar búsqueda local, donde se genera una solución inicial colocando suficientes aviones para cubrir el mínimo número de vuelos de cada ciudad para cada semana. Los operadores consisten en: mover un vuelo de día y/o ciudad y añadir un vuelo a un día y ciudad. Se minimiza el número total de plazas que se quedan vacías.

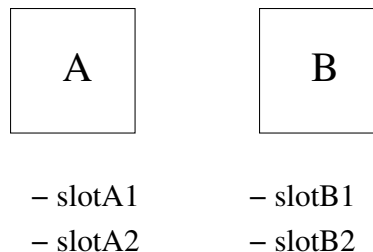
Comenta cada una de las posibilidades indicando si resuelven o no el problema, qué errores te parece que tiene cada solución y cómo se podrían corregir, y qué ventajas e inconvenientes tienen cada una de ellas. Justifica la respuesta.

## 11.2 Representación

1. Dentro de la representación del conocimiento basada en Frames ¿Que características debe cumplir una relación para que sea transitiva? Pon un ejemplo.
2. Dada la red de frames de la figura, responde a las siguientes preguntas, justificando tu respuesta:

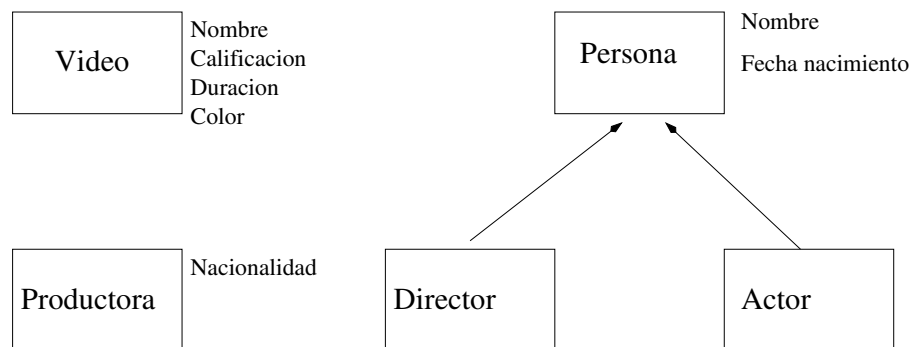


- a) Suponiendo que tengamos un slot **sA** en el frame **A** y un slot **sA1** en el frame **A1**. Dada una instancia **iA** del frame **A** ¿Cómo podemos obtener el valor del slot **sA1**?
  - b) Suponiendo que tengamos un slot **sA** en el frame **A** y un slot **sA2** en el frame **A2**. Dada una instancia **iA2** del frame **A2** ¿Cómo podemos obtener el valor del slot **sA**?
  - c) Define un método en **A** con un parámetro **p**, que tiene el mismo tipo que el rango del slot **sA**, que retorne todas las instancias de **A1** y **A2** que tienen el valor **p** en el slot **sA**.
  - d) Suponiendo que tenemos una relación de usuario **r\_A2\_B** definida entre el frame **A2** y el frame **B**, cuya inversa es **r\_B\_A2**. Define un slot **sB** que, para una instancia de **B**, nos de todas las instancias de **A2** con las que esté relacionado mediante **r\_A2\_B**, que tengan en el slot **sA** el mismo valor que alguna instancia del frame **A1**.
  - e) Supongamos que definimos una relación **r\_A1\_A2** que permite la herencia de los slots **sA1** y **sA2**. Define esta relación. ¿Esta relación te permitiría implementar de forma más sencilla el slot **sB** del apartado anterior? ¿Por qué?
3. Nuestra base de conocimientos consta de las clases **A** y **B** que tienen, respectivamente, los slots que aparecen en la figura siguiente:



- a) ¿Qué hay que hacer para que la clase **A** herede el slotB1 de la clase **B**? posibilidades Describe detalladamente todas las alternativas que se te ocurran mecanismo de los que has descrito te parece el más adecuado.
- b) Supón que tenemos **n** instancias directas de **A** y **m** instancias directas de **B** con  $n > m$  y que **A** hereda el slotB1 de **B**. Explica en qué circunstancias es cierta la afirmación siguiente “las **n** instancias de **A** tienen el atributo slotB1”. Considera las distintas posibilidades que has dado en el primer apartado.

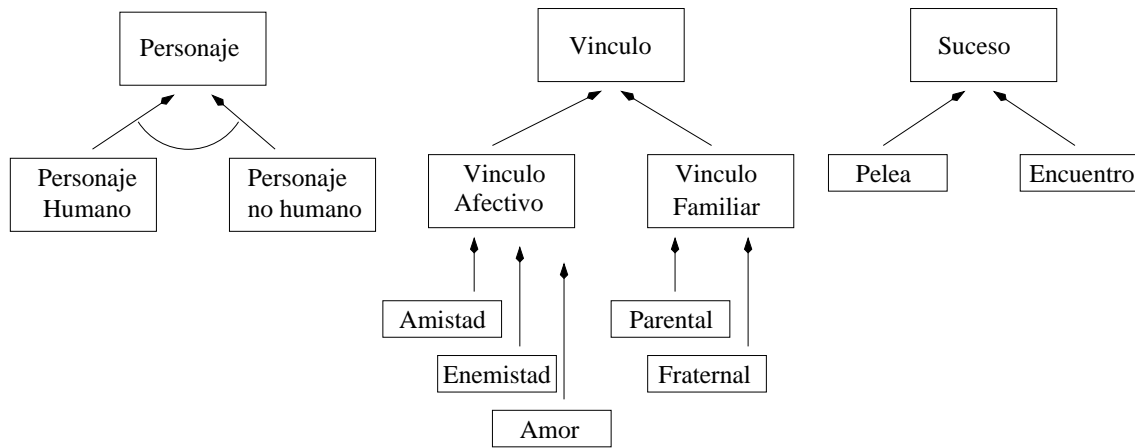
- c) Nos hemos enterado de que la clase A y la B son ambas subclases de la clase C. ¿Cambiarías alguna de las respuestas anteriores teniendo esta información? Justifícalo.
- d) Hemos de ubicar un método que liste todos los valores distintos del slotB1 que tienen las instancias de A y de B. ¿Dónde lo colocarías? Justifícalo.
4. La empresa *AMC Entertainment* quiere ampliar los servicios que presta y ha decidido construir una aplicación que soporte consultas complejas sobre la gran cantidad de vídeos que almacena. La siguiente figura muestra la ontología básica de esta nueva aplicación y algunos de los descriptores que han considerado necesarios.



- a) La empresa sabe que los vídeos pueden estar clasificados por distintos criterios, como por ejemplo, el *tipo de programa* (película, documental, serie, deporte, noticias, ...), el *género* (drama, comedia, acción, histórica, ...), su *temática* (naturaleza, noticias generales, historia, ciencia, ...), etc. Ahora bien, no saben si merece la pena hacer una subclasificación de los vídeos, incluyendo todas las subclases que haga falta, o es suficiente con incluir en el frame **VIDEO** tres slots, **tipo**, **género**, **temática** y ya está. ¿Cuál de las dos alternativas te parece más aconsejable? Justifica la respuesta.
- b) Define, usando el lenguaje visto en clase, las relaciones necesarias para saber quién es actor de un vídeo, quién es el director y quién dirige a un actor.
- c) La empresa considera que la nacionalidad de un vídeo es, directamente, la de su productora. Como mínimo hay dos mecanismos razonables para que un vídeo asuma esa nacionalidad:
- por HERENCIA, que se obtiene cuando se consulta la nacionalidad del vídeo.
  - por COPIA en el momento en que se relacionan el vídeo y su productora.

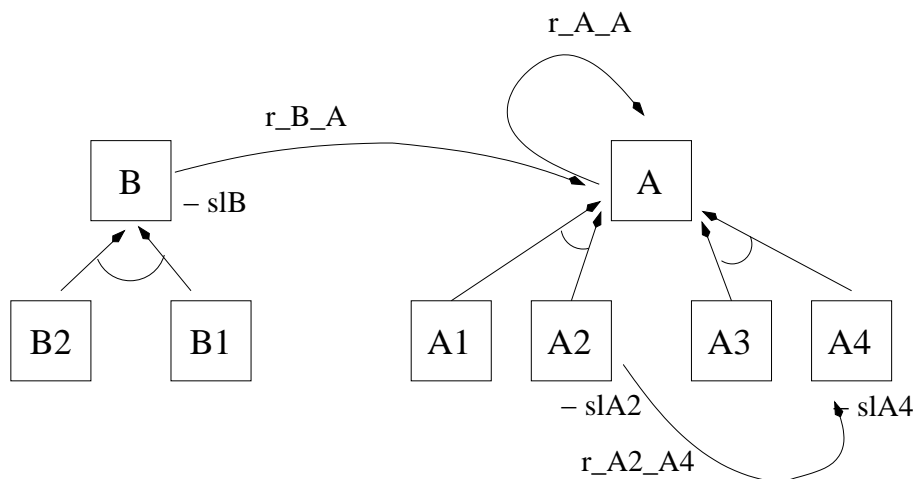
Implementa completamente ambas opciones y comenta, brevemente, las ventajas y desventajas de cada una de ellas.

- d) Piensan que una consulta frecuente será la de querer todos los vídeos del director **X**, del período **Y** y del género **G**. Escribe el método correspondiente indicando dónde lo ubicarías. ¿Cambiaría la ubicación del método en función de las dos posibilidades ontológicas del apartado a)? Justifica la respuesta.
5. La siguiente red de frames representa una parte de las diferentes entidades necesarias para definir historias



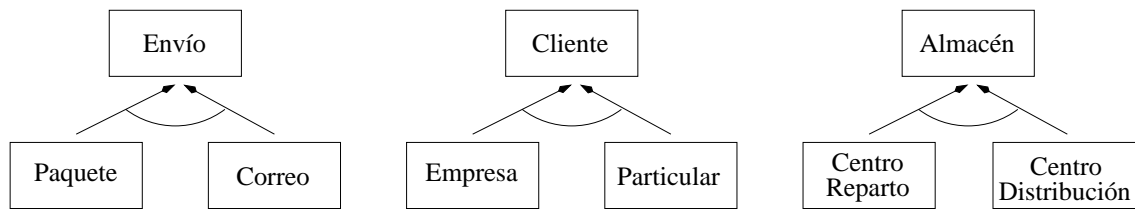
- Añade lo necesario para poder representar que dos personajes están relacionados mediante el concepto *parental* (vínculo padre-hijo), representando que un personaje es el padre/madre y otro el hijo.
- Añade lo necesario para que dos o más personajes puedan estar relacionados mediante el concepto *fraternal* (vínculo entre hermanos) comprobando que todos los personajes pertenezcan a la misma clase de personaje.
- Supón que existe una relación *participa* entre *personaje* y *suceso* (de cardinalidad N a N). Añade lo necesario para que dos personajes no puedan relacionarse mediante el suceso *pelea* si no están relacionados mediante el suceso *encuentro*.
- Define una relación en el frame *suceso* que represente la precedencia temporal entre sucesos y un método que liste los sucesos que han ocurrido antes que él.

6. Dada la siguiente red de frames, responde a las siguientes preguntas, justificando tu respuesta:



- Tenemos la instancia *iA1* que es instancia de *A*, ¿en que circunstancias tiene los slots *slA2* y *slA4*?
- ¿Es la relación *r\_A\_A* transitiva? ¿Lo podría ser la relación *r\_B\_A*?
- ¿Puede tener la relación *r\_A2\_A4* slots heredables?
- ¿Como habría que definir la relación *r\_B\_A* para que el slot *slA4* se pudiera obtener por herencia en las instancias de *B*? ¿y para obtener el slot *slB* en las instancias de *A*?

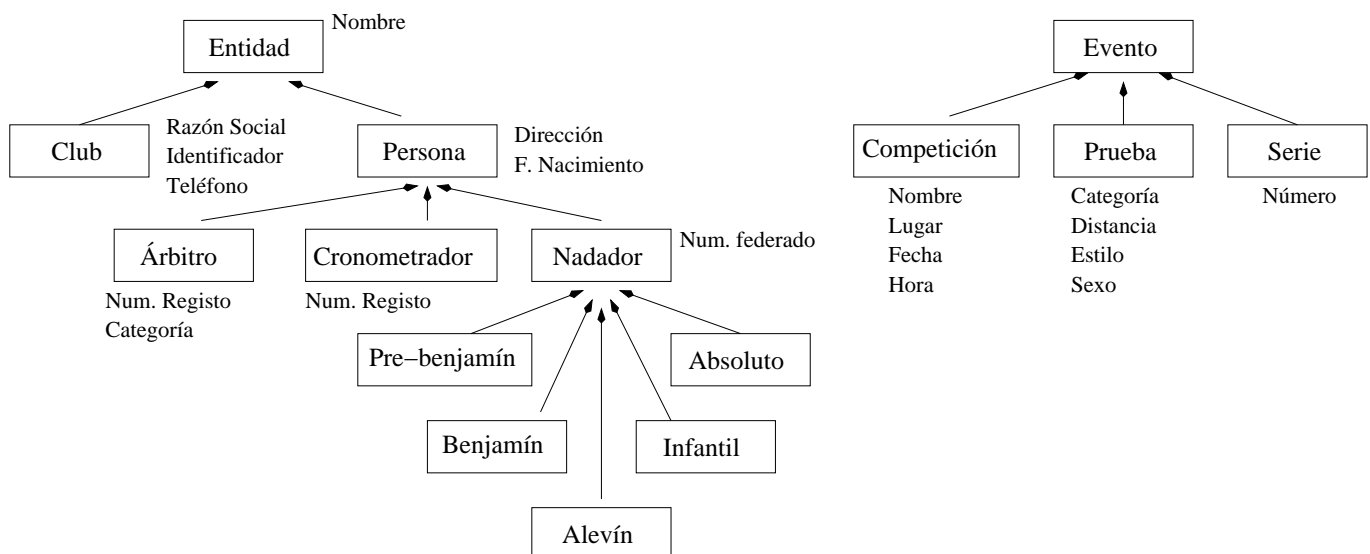
7. Una empresa de mensajería quiere gestionar los envíos que realiza. La siguiente ontología muestra los elementos más importantes que maneja:



Para calcular el coste de los envíos se aplican tarifas distintas en función tanto del tipo de envío como de la categoría del cliente emisor y de la distancia entre los centros de reparto asociados al cliente emisor y al receptor. El sistema dispone de tablas de tarifas y de distancias entre almacenes.

- Añade lo necesario para que se pueda representar qué cliente hace cada envío y qué cliente lo ha de recibir. Añade lo necesario para que se pueda calcular el coste de un envío concreto.
- Un envío llega a un centro de reparto origen y puede pasar por varios de distribución intermedios hasta llegar al centro de reparto destino en que lo recogerá el cliente receptor. El envío de paquetes es especialmente crítico para la empresa de mensajería. Cada vez que un envío tipo paquete llega a un almacén, el operario informa al sistema de que el paquete ha cambiado de ubicación: ahora se encuentra en ese almacén y ha dejado de estar en el almacén anterior en la secuencia de almacenes recorridos. Cuando el envío ha sido recogido por el cliente destinatario, se anota convenientemente este acontecimiento en el sistema. ¿Qué harías para que se pudiera recuperar la ruta que ha seguido el envío? Describe detalladamente tu propuesta, definiendo completamente todos los elementos que deban incorporarse a la representación.
- Desde que un paquete entra en el centro de reparto origen y hasta que finalmente lo recoge el cliente destinatario queremos que tenga asociado un número de teléfono que corresponda al número de teléfono del almacén donde esté ubicado en el momento de consulta. ¿Cómo debe modificarse la representación para que el sistema pueda deducir esta información? ¿Un mecanismo de herencia sería válido?
- Define el método inventario que, para un almacén, haga un listado de los envíos de un determinado tipo que tiene asignados en el momento de la consulta, indicando el nombre del cliente que ha de recibirlo y si el almacén es el centro de reparto origen, el centro de reparto destino o un centro intermedio. Ubica adecuadamente el método. Define lo que creas necesario para que se pueda implementar el método. ¿Existe algún problema con lo definido en el apartado b)? ¿Es heredable este método?

- La Federación Catalana de Natación desea gestionar toda la información relacionada con las competiciones de natación mediante un sistema basado en frames. Los conceptos básicos que maneja son:

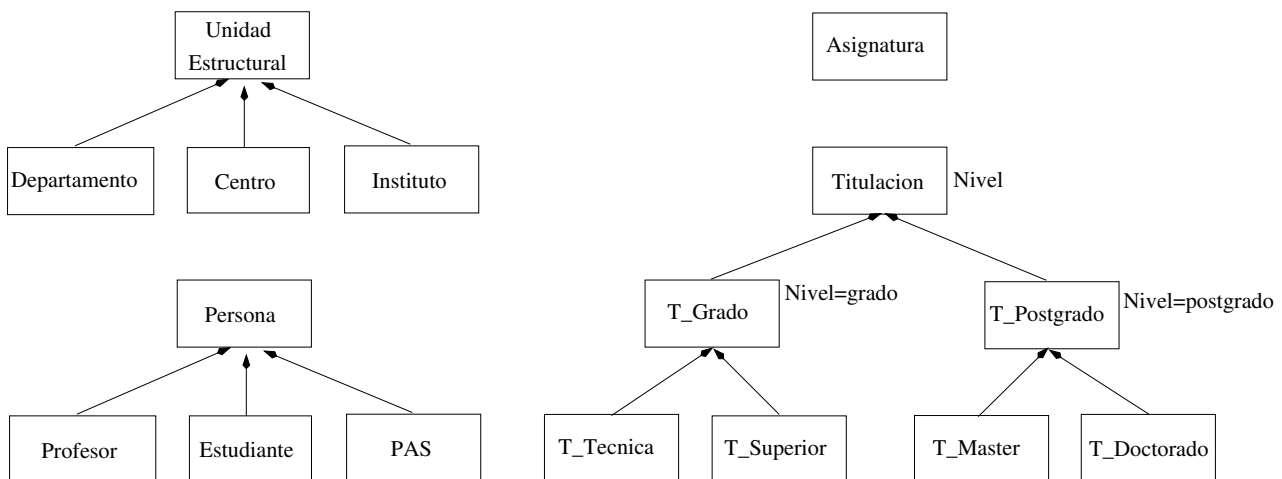


Cada competición tiene un nombre que la identifica (“Trofeo Sant Jordi”, “Jornada n.3 Liga Infantil”, ...) y está organizada en pruebas según categorías de los nadadores (pre-benjamín, benjamín, alevín, ...)

infantil, júnior, absoluta), estilo, distancia y sexo. Cada prueba puede tener una o más series, dependiendo del número de nadadores que tienen que nadarla (en cada serie puede nadar un máximo de 8 nadadores). Para cada competición se asigna un jurado que consta de 4 árbitros (el juez árbitro, el juez de salidas, el juez de llegadas y el secretario) y N cronometradores (el jefe de cronometradores y entre 3 y 8 cronometradores).

- Define las relaciones necesarias para identificar el juez árbitro de cada competición, las pruebas de cada competición y los nadadores de cada serie. Esta última relación debe controlar que no se asigne a una serie un nadador de un club que no figura como club participante en la competición correspondiente (añade lo que sea necesario).
- Define un método, con un parámetro, que nos permita obtener los nombres de todos los nadadores de una determinada categoría que pertenecen a un club concreto y por cada nadador nos indique los nombres de las competiciones en las que ha participado. Justifica razonadamente donde es más adecuado ubicar el método.
- Para cada nadador se desea asociar como número de teléfono el número del teléfono del club al cual pertenece. Añade todo lo que sea necesario para que el sistema pueda realizar la inferencia adecuada. La Federación no permite que un nadador pertenezca a más de un club. En caso de que sí lo permitiera, ¿la solución que propones seguiría siendo válida?

9. El análisis de una organización como una universidad nos ha permitido identificar, entre otros, el siguiente conjunto de frames y sus relaciones jerárquicas.



Tenemos que una universidad se compone de unidades estructurales que podemos clasificar en departamentos, centros docentes e institutos de investigación. Por otro lado, también se han identificado tres categorías de personas miembros de la universidad: profesores, estudiantes y personal de administración y servicios. Y en último lugar, una universidad oferta titulaciones que pueden ser de grado o de postgrado. Dentro del primer tipo encontramos las titulaciones técnicas y las titulaciones superiores y dentro del segundo tenemos los masters y los programas de doctorado.

- A partir del diagrama de frames descrito anteriormente, incorpora y define todo lo necesario para que se pueda determinar:
  - A qué titulaciones pertenece una asignatura (la misma asignatura puede pertenecer a más de una titulación del mismo centro),
  - Qué titulaciones imparte cada uno de los centros docentes (asumimos que una titulación es impartida por un único centro),
  - En qué centro docente se imparte una asignatura,
  - A qué departamento pertenece un profesor,
  - Quién es el profesor responsable de una determinada asignatura. Para esta cuestión hay que tener en cuenta que un centro encarga docencia a algunos departamentos y, por tanto, el

profesor responsable de una asignatura ha de pertenecer necesariamente a un departamento que tenga encargada docencia por parte del centro en el cual se imparte la asignatura.

- b) Queremos un listado que, dado un centro y una de sus titulaciones, nos indique qué asignaturas pertenecen a esa titulación y para cada una de ellas quién es el profesor responsable y a qué departamento pertenece.

Incorpora y define todo lo necesario para que se pueda obtener esa información. Justifica las decisiones tomadas.

- c) Se nos plantea la necesidad de que una asignatura herede el nivel de la titulación a la que pertenece. Analiza si eso es posible. En el caso de que consideres que sí es posible, modifica lo necesario y detalla cómo funcionaría el mecanismo de herencia.

Alternativamente a este mecanismo, se podría considerar la existencia de un slot nivel en asignatura cuyo valor fuera el mayor de los niveles de las titulaciones a las que pertenece (asumimos que  $\text{grado} < \text{postgrado}$ ). Define todo lo necesario para implementar esta otra opción.

10. Tenemos tres frames A, B, C y las definiciones de las siguientes relaciones:

	$R_{AB}$	$R_{BC}$	$R_{CC}$
Dominio	A	B	C
Rango	B	C	C
Cardinalidad	N	1	1
Inversa	$R_{AB}^{-1}$ (1)	$R_{BC}^{-1}$ (N)	$R_{CC}^{-1}$ (1)
Transitiva	no	no	no

- a) ¿Podría ser la relación  $R_{CC}$  transitiva? Justifica tu respuesta.
- b) ¿Es posible definir un slot *sb* en el frame B con un demon **if-needed** con parámetro *x* que retorne todas las instancias de C que tengan el valor de *x* en el slot *sc* (*sc* y *x* son del mismo tipo)? Implementalo si la respuesta es afirmativa o justifica tu respuesta si es negativa.
- c) Define un método en el frame B que retorne todas las parejas de instancias de B que tengan una relación  $R_{AB}^{-1}$  con la misma instancia de A y tal que ambas tengan además una relación  $R_{BC}$  con alguna instancia de C.
- d) Queremos definir el slot *sb* en el frame A de tipo booleano y cardinalidad uno y una relación entre los frames A y C de manera que las instancias de C puedan heredar este slot. Define el slot y la relación de manera que esta herencia sea posible suponiendo que la cardinalidad del slot no se puede cambiar (si hay varias posibilidades, indícalo).