

**Ejercicio 1** [4 puntos]

Dada una base de conocimiento definida puede calcularse el conjunto de sus consecuencias por encadenamiento hacia adelante. Por ejemplo, a partir de la base de conocimiento

```

a <- [b, c]. % R1
b <- [d, e]. % R2
b <- [g, e]. % R3
c <- [e]. % R4
d <- []. % R5
e <- []. % R6
f <- [a, g]. % R1
    
```

se obtiene la siguiente sucesión de consecuencias

- d, por la regla R5 (que no tiene condiciones)
- e. por la regla R6
- b. por la regla R2 (porque sus condiciones d y e se verifican)
- c. por la regla R4
- a. por la regla R1

1. Definir el predicado `consecuencias(L)` de forma que se verifique si L es el conjunto de consecuencias del programa objeto obtenidas por encadenamiento hacia adelante. Por ejemplo, si escribimos la base de conocimiento anterior en el fichero `ejemplo_1.pl` y el predicado `consecuencias` en el fichero `progresivo.pl` se obtendría la siguiente sesión Prolog:

```

?- [progresivo, ejemplo_1]. => Yes
?- consecuencias(I).      => I = [a, c, b, e, d]
    
```

2. Explicar las modificaciones necesarias en la definición del predicado `consecuencias(L)` para que pueda aplicarse además a bases de conocimiento de primer orden. Por ejemplo, si escribimos en el fichero `ejemplo_2.pl` la base de conocimiento de primer orden

```

arco(a,b) <- [].
arco(b,c) <- [].
arco(c,a) <- [].
nodo(X) <- [arco(X,Y)].
nodo(Y) <- [arco(X,Y)].
camino(X,X) <- [nodo(X)].
camino(X,Y) <- [camino(X,Z), arco(Z,Y)].
    
```

Apellidos: .....  
 Nombre: .....

y el predicado `consecuencias` en el fichero `progresivo.pl` se obtendría la siguiente sesión Prolog:

```
?- [progresivo, ejemplo_2].
Yes
?- consecuencias(L).
L = [camino(a,c),camino(a,b),camino(b,a),camino(b,c),
     camino(c,b),camino(c,a),camino(c,c),camino(b,b),
     camino(a,a),nodo(a),nodo(b),nodo(c),arco(c,a),
     arco(b,c),arco(a,b)]
Yes
```

3. Definir el predicado `prueba(A)` que sea un meta-intérprete con razonamiento Prolog (con encadenamiento hacia atrás) para las bases de conocimientos anteriores. Por ejemplo,

```
?- [ejemplo_1].      => Yes
?- prueba(a).        => Yes
?- prueba(g).        => No
?- [ejemplo_2].      => Yes
?- prueba(nodo(a)).  => Yes
?- prueba(nodo(p)).  => No
```

4. Definir el predicado `deducibles(L)` que se verifique si `L` es la lista de los átomos deducibles a partir del programa mediante el procedimiento `prueba`. Por ejemplo,

```
?- [ejemplo_1].      => Yes
?- deducibles(L).    => L = [a, b, c, d, e]
```

5. ¿Es cierto que para cualquier base de conocimiento todas sus consecuencias son deducibles; es decir, que si `A` verifica la relación `consecuencias(L1), member(A,L1)` entonces tiene que verificar la relación `deducibles(L2), member(A,L2)`?. Justificar la respuesta.

[Nota: Se valorará la simplicidad de las definiciones de los predicados]

.....

.....  
**Solución 1.1**

Operador <-:

```
:- op(1200, xfx, <-).
```

`consecuencias(+I)`: es verdad si I es el conjunto de consecuencias obtenidas a partir del programa mediante razonamiento progresivo.

```
consecuencias(I) :-  
    consecuencias([],I).
```

`consecuencias(+I1, -I2)`: es verdad si I2 es el conjunto de consecuencias obtenidas a partir de la interpretación I1 mediante razonamiento progresivo.

```
consecuencias(I1,I2) :-  
    (A <- L),  
    es_valida(L,I1),  
    not(member(A,I1)), !,  
    consecuencias([A|I1],I2).
```

```
consecuencias(I,I).
```

`es_valida(+L, +I)`: es verdad si los átomos de la lista de átomos L son válidos en la interpretación I.

```
es_valida([],_I).
```

```
es_valida([A|L],I) :-  
    es_valido(A,I),  
    es_valida(L,I).
```

`es_valido(+A, +I)`: es verdad si el átomo A es válido en la interpretación I.

```
es_valido(A,I) :-  
    member(A,I).
```

**Solución 1.2**

No hay que hacer cambio alguno. El predicado `consecuencia` anterior puede aplicarse a bases de conocimiento de primer orden.

### Solución 1.3

```
prueba([]).
prueba([A|L]) :-
    prueba(A),
    prueba(L).
prueba(A) :-
    (A <- L),
    prueba(L).
```

### Solución 1.4

```
deducibles(L) :-
    setof(_X, _B^(( _X <- _B), prueba(_X)), L).
```

### Solución 1.5

No, pueden existir consecuencias no deducibles. Por ejemplo, consideremos la siguiente base de conocimiento,

```
p <- [q].
q <- [p].
p <- [].
```

La fórmula q es una consecuencia no deducible de dicha B.C. como se puede observar en la siguiente sesión

```
?- consecuencias(L).
L = [q, p]
Yes
?- deducibles(L).
[WARNING: Out of local stack]
Execution Aborted
?- prueba(q).
[WARNING: Out of local stack]
Execution Aborted
```

---

### Ejercicio 2 [3 puntos]

Se considera la siguiente base de conocimiento en CLIPS:

```
(defrule regla
  ?h1 <- (resultado $?r)
  ?h2 <- (datos ?x $?d)
  (not (datos ?y&:(< ?y ?x) $?))
```

```
=>
(retract ?h1 ?h2)
(assert (resultado $?r ?x)
        (datos ?d)))

(deffacts hechos
  (datos -1 2 5)
  (datos 0 3)
  (resultado))
```

1. Escribir la tabla de seguimiento de su ejecución e indicar los hechos que quedan finalmente en memoria.
2. Explicar brevemente qué condiciones han de cumplir los hechos (datos \$?) para que el programa anterior tenga sentido.
3. Explicar brevemente qué valor se almacena en el hecho (resultado \$?) cuando se parte de cualquier cantidad de hechos (datos \$?).
4. Construir el predicado resultado en Prolog, de forma que a partir de dos datos como los del ejemplo anterior, construya el mismo resultado que se obtiene con la base de conocimiento en CLIPS.

.....

### Solución 2.1

Hechos	E	S	Agenda	D
f0 (initial-fact)	0			
f1 (datos -1 2 5)	0	1		
f2 (datos 0 3)	0	2		
f3 (resultado)	0	1	regla: f3,f1	1
f4 (resultado -1)	1	2	regla: f4,f2	2
f5 (datos 2 5)	1	3		
f6 (resultado -1 0)	2	3	regla: f6,f5	3
f7 (datos 3)	2	4		
f8 (resultado -1 0 2)	3	4	regla: f8,f7	4
f9 (datos 5)	3	5		
f10 (resultado -1 0 2 3)	4	5	regla: f10,f9	5
f11 (datos)	4			
f12 (resultado -1 0 2 3 5)	5			

### Solución 2.2

Han de ser secuencias de números ordenados de menor a mayor.

### Solución 2.3

El hecho (resultado \$?) almacenará la mezcla ordenada de menor a mayor, de todos los valores numéricos almacenados en hechos de la forma (datos \$?).

### Solución 2.4

```
resultado([],R,R).
```

```
resultado(R,[],R).
```

```
resultado([X|R1],[Y|R2],[X|R]) :-  
    X =< Y,  
    resultado(R1,[Y|R2],R).
```

```
resultado([X|R1],[Y|R2],[Y|R]) :-  
    Y < X,  
    resultado([X|R1],R2,R).
```

---

### Ejercicio 3 [3 puntos]

Consideremos la siguiente GCD:

```
oración          --> sintagma_nominal,  
                  sintagma_verbal.  
sintagma_nominal --> nombre.  
sintagma_nominal --> artículo,  
                  nombre.  
sintagma_verbal  --> verbo,  
                  sintagma_nominal.  
artículo         --> [el].  
nombre          --> [gato].  
nombre          --> [perro].  
nombre          --> [pescado].  
nombre          --> [carne].  
verbo           --> [come].
```

Ejemplos de frases admitidas por esta gramática son: **el perro come carne** y **el gato come pescado**.

El objetivo de este ejercicio es el de implementar en CLIPS el proceso de análisis sintáctico asociado a esta gramática. Para ello utilizaremos dos plantillas:

- **regla:** que servirá para almacenar las reglas de la gramática. Tendrá dos campos, uno para almacenar el símbolo no terminal del lado izquierdo (*izquierda*) y otro para almacenar los símbolos del lado derecho (*derecha*).
- **analisis:** que servirá para almacenar información relativa al proceso de análisis. Tendrá dos campos, uno para almacenar la frase que se quiere analizar (*frase*) y otro (*simbolos*) para almacenar el o los símbolos (terminales o no) a partir de los que se tiene que deducir la frase.

Se pide:

1. Construir las plantillas *regla* y  *analisis* tal y como se han descrito.
2. Construir un conjunto de hechos para almacenar las reglas de la gramática, utilizando para ello la plantilla *regla*.
3. Construir reglas CLIPS (se puede hacer con tres reglas) que implemente el proceso de análisis sintáctico, de manera que a partir de las reglas de la gramática y un hecho que almacene un frase válida, por ejemplo:

```
( analisis ( simbolos F) ( frase el gato come pescado))
```

imprima en pantalla un mensaje diciendo que la frase es admitida.

[**Nota:** Para el desarrollo de este ejercicio no se permite el uso de condicionales (*if ... then ... else*), el uso de bucles (*while ... do* o *loop-for-count*) ni la definición de nuevas funciones (*deffunction*)]

.....  
**Solución 3.1**

```
(deftemplate analisis
  (multislot simbolos)
  (multislot frase))
```

```
(deftemplate regla
  (slot izquierda)
  (multislot derecha))
```

**Solución 3.2**

```
(deffacts reglas
  (regla (izquierda oracion)
        (derecha sintagma_nominal sintagma_verbal))
  (regla (izquierda sintagma_nominal)
```

```

        (derecha nombre))
(regla (izquierda sintagma_nominal)
      (derecha articulo nombre))
(regla (izquierda sintagma_verbal)
      (derecha verbo sintagma_nominal))
(regla (izquierda articulo) (derecha el))
(regla (izquierda nombre)   (derecha gato))
(regla (izquierda nombre)   (derecha perro))
(regla (izquierda nombre)   (derecha pescado))
(regla (izquierda nombre)   (derecha carne))
(regla (izquierda verbo)    (derecha come)))

```

### Solución 3.3

```

(defrule inferencia-terminales
  ?h <- (analisis (simbolos ?x $?r1)
         (frase ?x $?r2))
  =>
  (retract ?h)
  (assert (analisis (simbolos $?r1)
                   (frase $?r2))))

(defrule inferencia-no-terminales
  ?h <- (analisis (simbolos ?x $?r1)
         (frase $?r2))
  (regla (izquierda ?x) (derecha $?d))
  =>
  (assert (analisis (simbolos $?d $?r1)
                   (frase $?r2))))

(defrule final-inferencia
  (analisis (simbolos) (frase))
  =>
  (printout t "La frase es admitida" crlf)
  (halt))

```

---