Inteligencia Artificial I.
Ejercicios para los temas 6 y 7.

Formas clausuladas y unificación.

1. Obtener la forma estándar de Skolem de las siguientes sentencias:
   a) $\forall x\, P(x) \supset \exists x\, Q(x)$
   b) $\forall x\, \exists y\, \exists z\, ((\neg P(x, y) \wedge Q(x, z)) \vee R(x, y, z))$
   c) $\forall x\, ((P(x) \vee \exists x\, Q(x)) \supset \exists y(Q(y) \wedge R(x,y)))$

2. Obtener la forma clausulada de las sentencias del ejercicio anterior.

Representación e inferencia.

3. Cara gano yo, cruz pierdes tú. Utilizar lógica de primer orden y refutación por resolución para demostrar que yo siempre gano.

Sugerencias:
1. Representar "cara gano yo" mediante la FBF RESULTADO(CARA) $\supset$ GANO(YO)
2. Modelar las reglas del juego.

4. Demostrar que los ángulos interiores alternos formados por la diagonal de un trapezoide son iguales, sabiendo que los ángulos interiores alternos de dos paralelas son iguales.

Sugerencia:
1. Utilizar el predicado T(x, y, u, v) para representar el trapezoide con vértices
   a. x, superior izquierdo
   b. y, superior derecho
   c. u, inferior derecho
   d. v, inferior izquierdo

5. Problema del baloncesto al aire libre. Las siguientes sentencias reflejan las circunstancias en las que un equipo de baloncesto gana sus partidos.
   a) Hoy se puede jugar si ni ayer ni antes de ayer llovió
   b) Hoy se puede jugar con precaución si ayer no llovió aunque antes de ayer sí que haya llovido.
   c) Hoy ganaremos si pudimos entrenar ayer y antes de ayer.
   d) Los entrenamientos se pueden efectuar si se puede jugar sin problemas o con precaución.

Se desea saber si ganaremos el sábado, sabiendo que llovió el martes, pero que no llovió el miércoles ni el jueves ni el viernes. Solucionar el problema utilizando exclusivamente cláusulas de Horn.

Sugerencia. Representar las sentencia a) mediante la FBF:
jugar(Hoy, sí) $\leftarrow$ no-llovio(X), ayer(X,Hoy), no-llovio(Y), ayer(Y,X)

6. Problema del asesor financiero I. La función de un asesor financiero es ayudar a sus clientes a decidir como distribuir su dinero en distintas inversiones para obtener una buena rentabilidad. Para simplificar el problema, supondremos que los clientes solo pueden invertir en bolsa o en depósitos a plazo. La inversión recomendada depende de los ingresos y el dinero ahorrado, de acuerdo a los siguientes criterios:

   a) Los clientes con ahorros insuficientes deben tener como primera prioridad ahorrar más dinero.
   b) Los clientes con suficientes ahorros y suficientes ingresos deben invertir en bolsa.
   c) Los clientes con suficientes ahorros y menores ingresos deben repartir su inversión entre la bolsa y los depósitos a plazo.

Los ahorros y los ingresos serán suficientes dependiendo de los ingresos del cliente y de las personas que tenga que mantener. El criterio para considerar los ahorros suficientes será tener, por lo menos, 1.000 euros en el banco por cada persona a mantener. Consideraremos que los ingresos son suficientes si la parte estable de los mismos es de 20.000 euros al año más 2.000 euros por persona a mantener por el cliente.

Representar la información anterior mediante sentencias de la Lógica de Primer Orden.

Sugerencias:

1. Representar la sentencia a) mediante la FBF:
   $\forall x$ AHORROS(x, INSUFICIENTES) $\supset$ RECOMENDACIÓN(x, AHORRAR)
2. Utilizar funciones para determinar si los ahorros e ingresos son suficientes, por ejemplo:

$\forall x \exists y \exists z$ AHORRADO(x,y) $\wedge$ MANTENER(x, z) $\wedge$ >=(y, suficienteAhorro(z)) $\supset$ AHORROS(x, SUFICIENTES)
Donde suficienteAhorro es una función y >= el predicado mayor o igual, con la semántica habitual.

7. Problema del asesor financiero II. Luis tiene que mantener a cuatro personas, posee unos ingresos fijos de 20.000 euros y un depósito a plazo de 10.000 euros. Añadir las fórmulas que describen su situación particular a la teoría de inversión genérica presentada en el problema anterior. Sin usar resolución, aplicar las reglas de inferencia necesarias para determinar su mejor inversión.

Sugerencia: realizar la demostración sobre una interpretación parcial, asociando procedimientos que evalúen las funciones y el predicado >=.

8. Problema del asesor financiero III. Resolver el problema anterior usando refutación por resolución.

Sugerencia: realizar la demostración sobre una interpretación parcial, asociando procedimientos que evalúen las funciones y el predicado >=.

Estrategias de resolución.

9. Utilizando como única regla de inferencia la resolución determinar, para la teoría formada por las 13 cláusulas que se proporcionan, que trabajo desempeña Ana y que trabajo desempeña Juan.

1. TIENETRABAJO(Ana, ATS) $\vee$ TIENETRABAJO(Ana, Profesor)
2. TIENETRABAJO(Juan, ATS) $\vee$ TIENETRABAJO(Juan, Profesor)
3. $\neg$TIENETRABAJO(Ana, ATS) $\vee$ $\neg$TIENETRABAJO(Ana, Profesor)
4. $\neg$TIENETRABAJO(Juan, ATS) $\vee$ $\neg$TIENETRABAJO(Juan, Profesor)
5. TIENETRABAJO(Ana, Profesor) $\vee$ TIENETRABAJO(Juan, Profesor)
6. TIENETRABAJO(Ana, ATS) $\vee$ TIENETRABAJO(Juan, ATS)
7. $\neg$TIENETRABAJO(Ana, Profesor) $\vee$ $\neg$TIENETRABAJO(Juan, Profesor)
8. $\neg$TIENETRABAJO(Ana, ATS) $\vee$ $\neg$TIENETRABAJO(Juan, ATS)
9. $\neg$TIENETRABAJO(x, ATS) $\vee$ HOMBRE(x)
10. HOMBRE(x) $\vee$ MUJER(X)
11. $\neg$HOMBRE(x) $\vee$ $\neg$MUJER(X)
12. MUJER(Ana)
13. HOMBRE(Juan)

Sugerencias.

a) Utilizar dos procedimientos de extracción de respuesta, uno para Ana y otro para Juan.
b) Sin la cláusula nueve no se puede obtener una inconsistencia.

10. Sea S el conjunto de cláusulas $\{p \vee q, \neg p \vee q, p \vee \neg q, \neg p \vee \neg q\}$. Obtener una derivación de la cláusula vacía a partir de S utilizando la estrategia de saturación por niveles, junto a las estrategias de eliminación de tautologías y eliminación por subsunción.

11. Sea el conjunto de cláusulas C={ $\neg$P(X) $\vee$ W(X), $\neg$P(X) $\vee$ R(X), P(A), Q(A), $\neg$Q(X) $\vee$ $\neg$R(X)}.

a) Derivar la cláusula vacía a partir de C usando la estrategia del conjunto soporte.
b) Derivar la cláusula vacía a partir de C usando una estrategia lineal.

12. Buscar un conjunto de cuatro o más cláusulas de primer orden que cumplan, simultáneamente, las siguientes condiciones:

a) Exista una derivación por resolución de la cláusula vacía utilizando la estrategia del conjunto soporte. Proporcionar dicha derivación.
b) No exista una derivación por resolución de la cláusula vacía utilizando la estrategia de resolución por entradas

13. Sea S el conjunto de cláusulas {p, ¬p ∨ q, p ∨ ¬q, ¬p ∨ ¬q }. Obtener una derivación de la cláusula vacía a partir de S utilizando una estrategia:
c) Unitaria, que no sea lineal.
d) Por entradas.
e) Lineal y unitaria.

Programación lógica

14. Sean P y G el programa y la meta definidas descritas en la figura 1. Encontrar la respuesta computada utilizando como regla de cómputo 'primer literal a la izquierda' y como regla de búsqueda:
a) 'búsqueda primero en anchura'.
b) 'búsqueda primero en profundidad'

Si hay más de una cláusula de igual profundidad, utilizar el orden lineal del programa para seleccionar la cláusula con que resolver.

```
P: {    p(a, b) ← ,
        P(c, b) ←,
        p(x,z) ← p(x, y), p(y,z)
        p(x, y) ← p(y, x) }

G: ← p(a,c)
```

Figura 1

15. Elaborar un programa definido y una meta definida para los cuales existan respuestas correctas que no se pueden computar.

16. Sea P el programa definido y G la meta normal descritos en la figura 2. Indicar, razonadamente, cuál es la respuesta computada de P∪ G en los siguientes casos:
a. Regla de búsqueda: primero en profundidad; Regla de cómputo: 1er literal a la izquierda.
b. Regla de búsqueda: primero en profundidad; Regla de cómputo: 1er literal a la derecha.

```
P: {    estudiante_grado(juan) ← ,
        estudiante_doctorado(luis) ←,
        estudiante(X) ← estudiante_grado(X),
        estudiante(X) ← estudiante_ doctorado (X),
        profesor(X) ← estudiante_ doctorado (X)}

G: ← estudiante(X), ¬profesor(X)
```

Figura 2

17. Sea P un programa Prolog, ?-q(x). una pregunta y ?-q(a). la pregunta obtenida aplicando la substitución x=a sobre q(x). Se sabe que "si" es una respuesta correcta para el programa P y la pregunta ?-q(a). ¿Es posible que "no" sea una respuesta computada para el programa P y la pregunta ?-q(x).? Justificar la respuesta y, si esta es afirmativa, elaborar un programa P que tenga este comportamiento.