



Pràctica de Sistemes Basats en el Coneixement

Sistema Expert de Recomanació d'Habitatges de Lloguer

GRAU IA – Q1 CURS 2025-2026

Departament de Ciències de la Computació
Universitat Politècnica de Catalunya

ANEL ADEMOVIC

ALEIX PITARCH

`anel.suljic@estudiantat.upc.edu` `aleix.pitarch@estudiantat.upc.edu`

JOAN SOLINA

`joan.solina@estudiantat.upc.edu`

14 de desembre de 2025

Índex

1	Identificació del problema	4
1.1	Descripció del problema	4
1.2	Anàlisi de viabilitat	4
1.2.1	Viabilitat tècnica	5
1.2.2	Viabilitat de desenvolupament	5
1.2.3	Limitacions identificades	6
1.3	Fonts de coneixement	6
1.3.1	Fonts primàries	6
1.3.2	Fonts secundàries	7
1.4	Objectius del sistema	7
1.4.1	Objectius funcionals	7
1.4.2	Objectius de qualitat	8
1.5	Resultats del sistema	8
1.5.1	Per a cada sol·licitant	8
1.5.2	Per a cada oferta recomanada	8
1.5.3	Informació complementària	9
2	Conceptualització	10
2.1	Adquisició de Coneixement (Rol de l'Expert)	10
2.2	Identificació de Conceptes (Ontologia Preliminar)	10
2.3	Descomposició del Problema	11
3	Formalització	12
3.1	Disseny de l'Ontologia	12
3.1.1	Jerarquia de Classes	12
3.1.2	Atributs i Relacions (Slots)	12
3.2	Model de Raonament i Regles	13
3.2.1	Fase 1: Abstracció i Càlcul Espacial	13
3.2.2	Fase 2: Inferència de Requisits	13
3.2.3	Fase 3: Descart (Hard Constraints)	13
3.2.4	Fase 4: Scoring (Soft Constraints)	13
4	Implementació	15

4.1	Estructura del Codi	15
4.2	Control del Flux d'Execució	15
4.3	Detalls d'Implementació Rellevants	15
4.3.1	Gestió de Distàncies i Proximitat	15
4.3.2	Sistema de Puntuació Incremental	16
4.4	Interfície d'Usuari	16
5	Jocs de prova i Resultats	17
5.1	Cas de Prova 1: Persona Gran (Sra. Montserrat)	17
5.2	Cas de Prova 2: Grup d'Estudiants (Grup UPC)	17
5.3	Cas de Prova 3: Família amb Fills	18
5.4	Cobertura de les Proves	18
6	Conclusions	19
6.1	Assoliment d'Objectius	19
6.2	Punts Forts del Sistema	19
6.3	Limitacions i Millores Futures	19

1 Identificació del problema

1.1 Descripció del problema

El mercat immobiliari de lloguer a Barcelona presenta una complexitat creixent que dificulta la cerca d'habitatge adequat per part dels ciutadans. La regidoria d'habitatge de l'ajuntament de Barcelona disposa d'un gran nombre d'ofertes de lloguer, però connectar aquestes ofertes amb les persones que busquen habitatge de manera eficient requereix un coneixement expert que tingui en compte múltiples factors simultàniament.

El problema que ens proposem resoldre va més enllà d'una simple cerca parametritzada. No es tracta només de filtrar ofertes per preu o nombre d'habitacions, sinó d'entendre les necessitats reals de cada tipus de sol·licitant i fer recomanacions intel·ligents que considerin el context complet de la seva situació vital. Per exemple, una família amb fills petits no només necessita un pis amb suficients habitacions, sinó que valora especialment la proximitat a escoles, zones verdes i serveis pediàtrics, mentre que evita zones amb soroll excessiu. Una persona gran, per contra, prioritza l'accessibilitat, la proximitat a centres de salut i comerços de proximitat. Aquestes preferències no sempre són explícites en la cerca inicial del sol·licitant, però un expert immobiliari les tindria en compte.

A més, el sistema ha d'anar més enllà de les característiques intrínseques de l'habitatge (superfície, nombre d'habitacions, preu) i considerar el seu entorn urbà. La localització de l'habitatge en relació amb serveis com transport públic, comerços, centres educatius, sanitaris i zones d'oci és crucial per determinar la seva adequació. Aquest coneixement territorial no és trivial: cal saber què significa estar "a prop" d'un servei segons el context (una persona gran considera prop el que està a 200m, mentre que un jove pot considerar acceptable 500m), i entendre quins serveis són molestos per a qui (una discoteca propera pot ser desitjable per a estudiants però inacceptable per a famílies amb nens petits).

El repte també inclou gestionar restriccions de diferent naturalesa. Algunes són absolutes (permetre mascotes quan el sol·licitant en té, accessibilitat per a persones amb mobilitat reduïda), altres són preferències fortes (pressupost màxim), i d'altres són desitjables però no imprescindibles (orientació solar, vistes). El sistema ha de ser capaç de distingir entre aquests nivells i generar recomanacions que s'adaptin al grau de flexibilitat de cada sol·licitant.

Finalment, el sistema no només ha de trobar habitatges que compleixin uns criteris mínims, sinó que ha de classificar-los en diferents graus de recomanació: des d'ofertes parcialment adequades (que compleixen la majoria de requisits però fallen en algun aspecte menor) fins a ofertes molt recomanables (que no només compleixen tots els requisits sinó que ofereixen avantatges addicionals). Aquesta classificació ha de venir acompanyada d'explicacions clares que permetin al sol·licitant entendre per què una oferta està recomanada i què la fa destacar o quins aspectes caldria considerar abans de prendre una decisió.

1.2 Anàlisi de viabilitat

Per determinar si aquest problema és adequat per ser resolt mitjançant un sistema basat en el coneixement, hem analitzat diverses dimensions de viabilitat.

1.2.1 Viabilitat tècnica

El problema reuneix les característiques fonamentals que fan viable la construcció d'un SBC:

Existència de coneixement expert. Existeix un coneixement expert clar en el domini immobiliari. Els agents immobiliaris experimentats desenvolupen una comprensió profunda de com emparedar perfils de clients amb habitatges adequats, considerant factors que van més enllà de les especificacions tècniques. Aquest coneixement inclou heurístiques del tipus "les famílies amb fills petits valoren especialment la proximitat a escoles i parcs" o "les persones grans necessiten accessibilitat i serveis de salut propers", que es poden formalitzar en regles.

Domini delimitat. Hem acotat el problema a la ciutat de Barcelona, amb tipus d'habitatge i serveis ben definits. Aquesta delimitació fa el problema tractable sense perdre la seva essència. No intentem resoldre el problema general de recomanació d'habitatges a nivell mundial, sinó que ens centrem en un context urbà específic amb característiques ben conegudes.

Problema de classificació i recomanació. El problema s'ajusta perfectament a una metodologia de classificació heurística: hem de classificar ofertes en categories de recomanació (parcialment adequades, adequades, molt recomanables) basant-nos en l'avaluació de múltiples criteris. Aquest tipus de problema és un dels més adequats per SBC, ja que podem descompondre'l en subproblemes (abstracció del sol · licitant, càlcul de proximitats, descart d'ofertes, puntuació, classificació) que es resolen seqüencialment aplicant regles.

Espai de solucions finit. Tot i que l'espai de combinacions possibles entre sol · licitants i ofertes és gran, és finit i manejable. Amb N sol · licitants i M ofertes, tenim $N \times M$ parells a avaluar, però cada avaluació és independent i es pot resoldre aplicant un conjunt de regles ben definides.

1.2.2 Viabilitat de desenvolupament

El projecte és viable des del punt de vista del desenvolupament per diverses raons:

Disponibilitat d'eines. CLIPS proporciona un entorn robust per implementar sistemes basats en regles, amb suport per a programació orientada a objectes (COOL) que ens permet representar l'ontologia del domini de manera natural. Protégé ens ha permès dissenyar i documentar l'ontologia de forma sistemàtica abans de la implementació.

Desenvolupament incremental. El problema es pot abordar de manera incremental, començant amb un conjunt bàsic de regles i ampliant progressivament la cobertura. Hem pogut començar amb la gestió de restriccions dures (preu, mascotes, accessibilitat) i anar afegint regles més sofisticades per a la puntuació i classificació.

Prototipatge ràpid. La naturalesa declarativa de CLIPS permet fer prototips ràpidament i iterar sobre el disseny. Modificar o afegir regles no requereix reescriure grans porcions de codi, cosa que facilita l'experimentació i refinament.

1.2.3 Limitacions identificades

Tot i la viabilitat general, hem identificat algunes limitacions que cal tenir presents:

Coneixement incomplet del domini. No som experts immobiliaris reals, per la qual cosa el nostre sistema es basa principalment en coneixement de sentit comú i en patrons generals que hem pogut inferir. Un sistema de producció requeriria la participació activa d'experts del sector per afinar les regles i els pesos de puntuació.

Dades sintètiques. Les instàncies que utilitzem són simulades. Un sistema real necessitaria integrar-se amb bases de dades reals d'ofertes i disposar d'informació actualitzada sobre serveis urbans. També caldria considerar la dinàmica temporal (ofertes que deixen d'estar disponibles, preus que canvien).

Absència de retroalimentació. El sistema actual no aprèn de les decisions dels usuaris. No sabem si les recomanacions que fem són realment útils o si els usuaris acaben escollint opcions diferents de les que el sistema proposa com a millors. Un sistema real hauria d'incorporar mecanismes de feedback per ajustar els pesos i les regles.

Factors subjectius. Alguns factors que influeixen en la decisió d'escollir un habitatge són altament subjectius i difícils de codificar en regles (l'estètica del barri, la "sensació" que transmet un habitatge, factors culturals o personals molt específics). El nostre sistema se centra en factors objectius o preferències generals, però no pot capturar aquestes nuances individuals.

1.3 Fonts de coneixement

Per construir el sistema hem identificat i utilitzat diverses fonts de coneixement:

1.3.1 Fonts primàries

Coneixement de sentit comú. La base principal del nostre sistema prové del sentit comú sobre necessitats habitacionals segons perfils demogràfics. Aquest coneixement inclou afirmacions com "les persones grans necessiten accessibilitat" o "els estudiants valoren la proximitat al transport públic", que són àmpliament acceptades i no requereixen expertesa específica.

Normativa d'accessibilitat. Hem consultat els requisits bàsics d'accessibilitat (presència d'ascensor en plantes altes, accés sense barreres) que són estàndards regulats i objectius.

Webs d'anuncis immobiliaris. Plataformes com Idealista ens han servit per identificar les característiques rellevants que es descriuen en les ofertes reals (superfície, nombre d'habitacions, si permet mascotes, si té terrassa, consum energètic, etc.). També ens han permès veure quines són les categories de serveis que es mencionen habitualment com a punts forts de les ubicacions.

1.3.2 Fonts secundàries

Models de llenguatge (opcional). Tal com s'indica a l'enunciat, podríem haver utilitzat models de llenguatge com a "experts" per fer elicitació de coneixement sobre criteris de decisió en la recomanació d'habitatges. Tot i que no ho hem documentat extensament en aquest apartat, seria una via legítima per obtenir coneixement estructurat sobre el domini.

Experiència personal. Els membres de l'equip hem aplicat la nostra pròpia experiència en la cerca d'habitatge i coneixement de la ciutat de Barcelona per definir proximitats raonables, serveis rellevants i preferències típiques.

Ontologies existents. Hem consultat exemples d'ontologies del domini immobiliari i de recomanació de serveis per estructurar adequadament els conceptes i relacions del nostre sistema.

1.4 Objectius del sistema

Els objectius principals que ha d'assolir el nostre sistema són:

1.4.1 Objectius funcionals

1. **Classificar sol · licitants automàticament:** A partir de les característiques bàsiques del sol · licitant (edat, nombre de persones, fills, situació laboral, etc.), el sistema ha d'inferir el seu perfil (persona gran, família amb fills, estudiants, parella jove, etc.) sense requerir que el propi usuari s'auto-classifiqui.
2. **Inferir necessitats implícites:** El sistema ha de deduir requeriments que el sol · licitant potser no ha expressat explícitament. Per exemple, si el sol · licitant té fills petits, el sistema ha d'entendre que necessitarà escoles properes encara que no ho hagi demanat directament.
3. **Descartar ofertes inadequades:** Abans de puntuar, el sistema ha d'aplicar filtres durs per eliminar ofertes que clarament no són adequades (fora de pressupost estricte, no permeten mascotes quan és imprescindible, no són accessibles quan cal, etc.).
4. **Puntuar ofertes segons adequació:** Les ofertes que superen els filtres han de rebre una puntuació que reflecteixi el seu grau d'adequació global, considerant tant aspectes de l'habitatge com de l'entorn.
5. **Classificar ofertes en graus de recomanació:** Basant-se en la puntuació, assignar cada oferta a una categoria: parcialment adequada, adequada o molt recomanable.
6. **Explicar les recomanacions:** Per a cada oferta recomanada, el sistema ha de generar explicacions que indiquin per què és adequada (punts forts) i, en cas d'ofertes parcialment adequades, quins criteris no compleix plenament.

1.4.2 Objectius de qualitat

1. **Transparència:** Les decisions del sistema han de ser comprensibles i justificables. L'usuari ha de poder entendre per què una oferta està recomanada i una altra no.
2. **Equitat:** El sistema no ha de discriminar de manera injustificada cap perfil de sol · licitant. Les regles han de reflectir preferències raonables, no biaixos arbitraris.
3. **Cobertura:** El sistema ha de ser capaç de gestionar una àmplia varietat de perfils i ofertes, no només casos ideals o trivials.
4. **Consistència:** Aplicat a situacions similars, el sistema ha de produir recomanacions coherents.

1.5 Resultats del sistema

El sistema proporciona com a sortida una llista de recomanacions personalitzades per a cada sol · licitant, amb la següent informació:

1.5.1 Per a cada sol · licitant

- **Top 3 d'ofertes recomanades:** El sistema presenta les tres millors ofertes ordenades per puntuació, facilitant la presa de decisió sense saturar l'usuari amb massa opcions.
- **Grau de recomanació:** Per a cada oferta, s'indica si és "Parcialment adequada", "Adequada" o "Molt recomanable".
- **Puntuació numèrica:** Tot i que l'usuari final veu principalment la classificació qualitativa, el sistema genera internament una puntuació numèrica que permet ordenar les ofertes amb precisió.

1.5.2 Per a cada oferta recomanada

- **Característiques bàsiques:** Tipus d'habitatge, superfície, nombre de dormitoris i banys, preu mensual, adreça i districte.
- **Punts forts:** Llista de característiques positives que fan l'oferta especialment adequada per al sol · licitant concret. Per exemple: "Té terrassa o balcó (+10p)", "Molt assolellat (+20p)", "Proximitat a escoles (inferida) (+20p)".
- **Aspectes a considerar:** Per a ofertes parcialment adequades o adequades, s'indiquen els criteris que no es compleixen completament. Per exemple: "Preu lleugerament superior al pressupost màxim (Moderat)", "Planta alta sense ascensor (Lleu)".

1.5.3 Informació complementària

El sistema també genera informació interna útil per a depuració i anàlisi:

- **Ofertes descartades:** Registre de quines ofertes s'han descartat i per quin motiu per a cada sol·licitant.
- **Requisits inferits:** Documentació de quines necessitats s'han deduït automàticament per a cada perfil.
- **Proximitats calculades:** Taula de distàncies entre cada habitatge i cada servei, classificades en molt a prop, distància mitjana o lluny.

Aquest disseny de sortida equilibra la utilitat per a l'usuari final (informació clara i accionable) amb la necessitat de transparència i explicabilitat que són fonamentals en un sistema basat en coneixement.

2 Conceptualització

2.1 Adquisició de Coneixement (Rol de l'Expert)

Seguint les indicacions de la pràctica, s'ha realitzat una fase d'elicitació de coneixement utilitzant un LLM amb el següent *prompt* de context:

"You are a real estate agent with wide experience... The knowledge engineer is going to ask about the characteristics, criteria, and knowledge that you use for making the decisions."

A partir de les respostes de l'expert sintètic, s'han identificat els següents patrons de raonament que s'han incorporat al sistema:

- **Persones Grans:** Necessitat crítica d'accessibilitat (ascensor, plantes baixes), silenci i proximitat a farmàcies/CAPs.
- **Famílies:** Prioritat per l'espai (mínim 10m² per persona), zones verdes i escoles. Eviten zones d'oci nocturn sorollós.
- **Estudiants:** Pressupost ajustat, necessitat d'habitatge moblat i bones comunicacions amb transport públic.
- **Segona Residència:** Cerca de luxe, vistes, terrasses i no importa tant la proximitat a serveis bàsics com escoles.

2.2 Identificació de Conceptes (Ontologia Preliminar)

S'han identificat les quatre grans classes que conformen el domini:

1. **Sol · licitant:** L'entitat que demana el lloguer. Es classifica en sub-rols per facilitar l'aplicació de regles específiques:
 - *Joves* (Grup d'estudiants, Parella jove, Individu jove).
 - *Adults* (Família amb fills, Parella sense fills, etc.).
 - *Persona Gran*.
 - *Comprador Segona Residència*.
2. **Habitatge:** L'objecte físic. Atributs clau: superfície, preu, habitacions (dobles/-simples), ascensor, orientació solar, estat de conservació, etc. Subtipus: *Pis*, *Dúplex*, *Àtic*, *Unifamiliar*, *Estudi*.
3. **Servei:** Punts d'interès a la ciutat que aporten valor o resten segons el perfil.
 - *Salut:* Hospital, CAP, Farmàcia.
 - *Educació:* Escola, Universitat.

- *Oci*: Bar, Discoteca, Gimnàs, Parc.
 - *Transport*: Metro, Bus, Autopista.
4. **Oferta**: L'entitat que vincula un Habitatge amb un preu i una disponibilitat. És l'objecte que el sistema ha de recomanar.
 5. **Localització**: Coordenades (X, Y), barri i districte, compartida tant per Habitatges com per Serveis per calcular distàncies.

2.3 Descomposició del Problema

El procés de resolució s'ha dividit en tasques seqüencials seguint una metodologia de ****Classificació Heurística****:

1. **Abstracció de Dades**: Convertir dades brutes (ex: edat=72, coordenades X/Y) en trets abstractes (ex: és *PersonaGran*, el servei està *MoltAProp*).
2. **Inferència de Requisits**: Determinar necessitats no dites. Si és *PersonaGran* → REQUEREIX *Ascensor*.
3. **Filtrat (Descart)**: Eliminar ofertes que incompleixen restriccions dures (preu màxim estricte, falta d'ascensor necessari, prohibició de mascotes).
4. **Puntuació (Scoring)**: Assignar punts positius per característiques desitjables (terrassa, piscina, serveis preferits a prop) i punts negatius per defectes menors (preu lleugerament superior, soroll).
5. **Classificació**: Etiquetar l'oferta segons la puntuació final (Molt Recomanable, Adequat, Parcialment Adequat).

3 Formalització

3.1 Disseny de l'Ontologia

L'ontologia s'ha implementat utilitzant Protégé i exportada a CLIPS. A continuació es detalla l'estructura formal de classes i propietats.

3.1.1 Jerarquia de Classes

L'arbre de classes principal és el següent:

```
USER
+-- Solicitant
|   +-- Joves (GrupEstudiants, ParellaJove)
|   +-- Adults (ParellaAmbFillls, Individu, etc.)
|   +-- PersonaGran
|   +-- CompradorSegonaResidencia
+-- Habitatge
|   +-- Pis
|   +-- Atic
|   +-- Duplex
|   +-- HabitatgeUnifamiliar
+-- Servei
|   +-- ServeiSalut (Hospital, CAP...)
|   +-- ServeiOci (Bar, Cinema...)
|   +-- Transport (Metro, Bus...)
+-- Oferta
+-- Localitzacio
```

3.1.2 Atributs i Relacions (Slots)

Els atributs s'han definit amb tipus estrictes per facilitar el raonament a les regles:

- **Relacions d'Objectes:**

- `teLocalitzacio`: Vincula Habitatge/Servei amb Localitzacio.
- `teHabitatge`: Vincula Oferta amb Habitatge.
- `prefereixServei` / `evitaServei`: Multislots a Solicitant que contenen instàncies de serveis específics.

- **Atributs de Dades:**

- `preuMensual` (FLOAT): Per comparacions numèriques.
- `disponible` (SYMBOL: si/no).
- `orientacioSolar` (STRING: "TotElDia", "Mati", etc.).

3.2 Model de Raonament i Regles

El sistema utilitza un motor d'inferència basat en regles de producció (forward chaining) organitzat en mòduls o fases temporals.

3.2.1 Fase 1: Abstracció i Càlcul Espacial

Es defineix una funció de distància euclidiana:

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

Les regles categoritzen aquesta distància en conceptes qualitatius:

- $d < 500m \rightarrow \text{MoltAProp}$
- $500m \leq d < 1000m \rightarrow \text{DistanciaMitjana}$
- $d \geq 1000m \rightarrow \text{Lluny}$

Això permet escriure regles com: "Si hi ha una escola **MoltAProp**, suma punts".

3.2.2 Fase 2: Inferència de Requisits

En aquesta fase es generen fets intermedis `requisit-inferit`.

- *Regla:* Si `numeroFills > 0` \rightarrow Assert `requisit-inferit(Educacio, Obligatori: no, Motiu: "Família")`.
- *Regla:* Si `classe és PersonaGran` \rightarrow Assert `requisit-inferit(Salut, Obligatori: si)`.

3.2.3 Fase 3: Descart (Hard Constraints)

S'eliminen les ofertes que violen restriccions crítiques. Es genera un fet `oferta-descartada` i es documenta el motiu. Exemples de regles de descart:

- `Preu > Pressupost Màxim` (si el marge és estricte).
- `Habitatge sense ascensor AND Pis > 0 AND Sol · licitant requereix accessibilitat`.
- `Habitatge sense mobles AND Sol · licitant és GrupEstudiants`.

3.2.4 Fase 4: Scoring (Soft Constraints)

Les ofertes supervivents reben punts. Es parteix d'una puntuació base (0) i es modifica mitjançant `modify ?rec`.

- +20 punts si té habitació doble (per parelles).

- +25 punts si el transport públic és MoltAProp.
- -10 punts si el preu supera el pressupost però està dins del marge flexible (15%).
- +50 punts si és una "ganga" (preu < 70% del pressupost).

4 Implementació

El sistema s'ha implementat completament en **CLIPS 6.3**. El codi s'ha estructurat en diversos fitxers per mantenir la modularitat i facilitar el manteniment, seguint les bones pràctiques d'enginyeria del programari.

4.1 Estructura del Codi

- **ontologia.clp**: Conté la definició de classes (`defclass`) generada automàticament des de Protégé i refinada manualment. Defineix l'estructura d'objectes (COOL).
- **instancies_ciutat.clp**: Conté el conjunt de dades de prova: 6 perfils de sol · licitants variats, 10 localitzacions, 60 serveis i 24 habitatges amb les seves ofertes corresponents.
- **regles.clp**: El nucli del sistema expert. Conté els `deftemplates` per a fets de control i totes les regles de negoci.
- **main.clp**: Implementa la interfície d'usuari per línia de comandes, permetent crear nous perfils interactivament i mostrant els resultats finals formatats.

4.2 Control del Flux d'Execució

S'ha utilitzat un mecanisme de control basat en un fet global (`fase (actual ?x)`). Les regles tenen prioritat (*salience*) o condicions al LHS que comproven la fase actual. Això assegura que el sistema no comenci a puntuar abans d'haver descartat les ofertes inviables.

Les transicions de fase són:

```
init → abstraccio → descart → scoring → classificacio → presentacio
```

4.3 Detalls d'Implementació Rellevants

4.3.1 Gestió de Distàncies i Proximitat

Per evitar calcular distàncies $N \times M$ constantment, a la fase d'abstracció es generen fets proximitat una sola vegada:

```
(defrule abstraccio-calculer-proximitats
  (fase (actual init))
  ?hab <- (object (is-a Habitatge) (teLocalitzacio ?locH))
  ?serv <- (object (is-a Servei) (teLocalitzacio ?locS))
  ...
=>
  (bind ?metres (calcular-distancia ?x1 ?y1 ?x2 ?y2))
  (assert (proximitat (habitatge ?hab) (servei ?serv)
    (distancia (classificar-distancia ?metres))))
)
```

Aquesta tècnica millora el rendiment i simplifica les regles posteriors, que només han de fer *matching* amb el símbol **MoltAProp**.

4.3.2 Sistema de Puntuació Incremental

S'ha implementat un `deftemplate` **Recomanacio** que manté l'estat de l'avaluació. Les regles de *scoring* modifiquen aquest fet:

```
(defrule resolucio-puntuar-piscina
  (fase (actual scoring))
  ...
  ?rec <- (Recomanacio (puntuacio ?pts))
  =>
  (modify ?rec (puntuacio (+ ?pts 5)))
  (assert (punt-positiu ... (descripcio "Te piscina"))))
)
```

A més, es genera un historial de **punt-positiu** i **criteri-no-complert** per poder explicar a l'usuari final per què ha rebut aquella puntuació (explicabilitat).

4.4 Interfície d'Usuari

El fitxer `main.clp` utilitza funcions de lectura (`read`, `readline`) per capturar les necessitats de l'usuari dinàmicament. Aquestes dades es converteixen en instàncies de la classe **Solicitant** (o les seves subclasses, inferides mitjançant regles a la fase d'inicialització) perquè el motor d'inferència les processa igual que les instàncies estàtiques.

5 Jocs de prova i Resultats

Per validar el sistema, s’han dissenyat jocs de prova que cobreixen els diferents perfils d’usuari identificats a la conceptualització. A continuació s’analitzen dos casos representatius que mostren com el sistema s’adapta a necessitats oposades.

5.1 Cas de Prova 1: Persona Gran (Sra. Montserrat)

Perfil: Dona de 72 anys, viu sola, necessita accessibilitat i transport públic. Pressupost 1500€. Prioritza salut i silenci. **Resultats Obtinguts:**

- **Oferta Recomanada:** *oferta-avis-1* (Pis a l’Eixample).
- **Puntuació:** Alta (Molt Recomanable).
- **Justificació del Sistema:**
 - "Serveis de salut molt propers"(+25p).
 - "Transport públic molt a prop"(+25p).
 - "Te ascensor"(Requisit dur complert).
- **Descarts:** El sistema ha descartat correctament l’*oferta-parella-1* (Pis 4t sense ascensor a Gràcia) aplicant la regla **resolucio-descartar-no-accessible**. També ha descartat ofertes amb soroll alt a zones de festa.

5.2 Cas de Prova 2: Grup d’Estudiants (Grup UPC)

Perfil: 4 joves, pressupost ajustat per persona, necessiten pis moblat i prop de la universitat. **Resultats Obtinguts:**

- **Oferta Recomanada:** *oferta-estudiants-1* (Pis Zona Universitària).
- **Puntuació:** Molt Recomanable.
- **Justificació del Sistema:**
 - "A prop d’una universitat"(+20p).
 - "Ja moblat"(+25p).
 - "Dormitoris individuals per tothom"(+20p).
- **Descarts:** El sistema ha descartat automàticament tots els pisos que apareixen com moblat no mitjançant la regla **resolucio-descartar-estudiant-sense-mobles**, ja que l’expert (LLM) va indicar que els estudiants rarament compren mobles.

5.3 Cas de Prova 3: Família amb Fills

Perfil: Parella amb 2 fills (6 i 9 anys). Busquen espai i escoles. **Anàlisi:** El sistema valora positivament els pisos amb més de 100m² i amb 3 o més habitacions. Es dispara la inferència `abstraccio-familia-amb-fills` que afegeix la necessitat d'Escoles. El sistema puntua alt l'*oferta-familia-1* (Les Corts) perquè té escoles i parcs a menys de 500m.

5.4 Cobertura de les Proves

Els jocs de prova han validat:

1. **Restriccions Dures:** Pressupost estricte vs flexible, mascotes, ascensor.
2. **Inferència:** Detecció automàtica de necessitats (escoles, autopista per qui treballa fora).
3. **Càlcul Espacial:** Correcta classificació de distàncies (MoltAProp vs Lluny).
4. **Explicabilitat:** El sistema és capaç de llistar els motius positius i negatius.

6 Conclusions

6.1 Assoliment d'Objectius

En aquesta pràctica s'ha dissenyat i implementat amb èxit un Sistema Basat en el Coneixement per a la recomanació d'habitatges. S'han complert els objectius inicials:

- S'ha formalitzat el coneixement expert en una ontologia complexa amb classes, subclasses i relacions.
- S'ha utilitzat CLIPS per implementar un motor de regles modular (fases).
- El sistema és capaç de raonar sobre dades implícites (inferència de necessitats) i no només fer filtrat SQL.
- La integració del coneixement extret via LLM ha permès enriquir les regles amb criteris realistes (ex: importància del mobiliari per a estudiants).

6.2 Punts Forts del Sistema

1. **Modularitat:** La separació en fitxers d'instàncies, ontologia i regles, i l'ús de fases d'execució, fa que el sistema sigui fàcilment ampliable.
2. **Sensibilitat al Context:** El sistema tracta diferent la mateixa distància segons l'usuari. Una discoteca a prop és positiva per a un estudiant però negativa per a una família (regla d'evitació de serveis).
3. **Explicabilitat:** A diferència d'una caixa negra (com una xarxa neuronal), aquest sistema expert pot justificar exactament per què una oferta és bona, llistant els criteris aplicats.

6.3 Limitacions i Millores Futures

- **Càlcul de distàncies:** Actualment s'usa la distància euclidiana directa. Una millora seria integrar una API de mapes per calcular distàncies reals caminant o en transport públic.
- **Lògica Difusa (Fuzzy Logic):** Els límits de distància (500m) o preu són rígids. Implementar lògica difusa permetria una transició més suau (ex: "bastant a prop").
- **Dinamisme:** Les ofertes són estàtiques. En un entorn real, caldria connectar el sistema a una base de dades en temps real.

En conclusió, la pràctica ha permès aprofundir en el cicle de vida de l'enginyeria del coneixement, des de la conceptualització abstracta fins a la implementació concreta de regles de producció, demostrant la utilitat dels SBC en problemes de presa de decisions complexes.