

# **Pràctica de Sistemes Basats en el Coneixement**

Intel·ligència Artificial Primavera 2022/23

Rubén Aciego

Mariona Jaramillo

Francesc Pifarré

# Contingut

<b>1. Identificació</b>	<b>3</b>
1.1 Descripció del problema	3
1.2 Valoració del Sistema Basat en el Coneixement	3
1.3 Fonts del coneixement	4
1.4 Resultats esperats	6
<b>2. Conceptualització</b>	<b>7</b>
2.1 Descripció del domini	7
2.2 Identificació dels subproblemes i procés de resolució.	9
2.3 Ús del coneixement expert	10
<b>3. Formalització</b>	<b>11</b>
3.1 Classes de la ontologia	11
3.1.1 Persona	11
3.1.2 Malaltia	13
3.1.3 Menú Setmanal	13
3.1.4 Menú Diari	13
3.1.5 Esmorzar	13
3.1.6 Dinar	13
3.1.7 Sopar	13
3.1.8 Plat	14
3.1.9 Mètode de cocció	15
3.1.10 Ingredient	15
<b>4. Implementació</b>	<b>16</b>
4.1 Prototip 1	16
4.2 Prototip 2	17
4.3 Prototip 3	17
4.4 Prototip 4	18
<b>5. Jocs de proves</b>	<b>19</b>
5.1 Prova 1	19
5.2 Prova 2	19
5.3 Prova 3	21
5.4 Prova 4	22
5.5 Prova 5	24
5.6 Prova 6	26
<b>6. Conclusions</b>	<b>28</b>

# 1. Identificació

## 1.1 Descripció del problema

Per aquesta pràctica, es demana crear un Sistema Basat en el Coneixement que sigui capaç de generar menús per persones d'edat avançada.

Posant-nos en el paper d'una persona experta en nutrició, l'objectiu serà simular una interacció en què un usuari del servei demana que se li elabori un menú setmanal per la seva alimentació. Aquest menú haurà de ser nutricionalment equilibrat, amb l'objectiu de mantenir un bon estat de salut, tenint en compte la realitat dels usuaris.

El problema s'enfoca exclusivament a persones d'edat avançada, és a dir, aquelles que tinguin una edat superior o igual als 65 anys. Per poder adaptar el menú generat a la realitat dels usuaris, aquests proporcionaran, responnent a diverses preguntes, informació sobre el seu gènere, alçada, pes, nivell físic, i altres condicions amb impacte alimentari (ja siguin al·lèrgies, malalties amb afectació en la dieta o preferències com podrien ser vegetarianes).

El Sistema Basat en el Coneixement que se'ns demana haurà de ser capaç, a partir d'aquesta informació i coneixement expert extret de diverses fonts, elaborar un menú setmanal amb tres àpats diaris: esmorzar, dinar i sopar. Cada un dels àpats comptarà d'un nombre determinat de plats, que son elaborats amb diversos ingredients seguint un mètode d'elaboració concret.

Aquest menú ha de ser adequat per satisfer les necessitats nutricionals que es puguin inferir de la informació que l'usuari ha proporcionat al sistema.

A més, sempre que sigui possible, s'haurà d'intentar afavorir que el menú sigui variat i adequat a la temporada de l'any en què es vagi a consumir; intentant evitar una excessiva monotonia en els àpats.

## 1.2 Valoració del Sistema Basat en el Coneixement

El problema que se'ns planteja és adequat per ser resolt amb un Sistema Basat en el Coneixement (en endavant, SBC), en poder abstroure i conceptualitzar diferents elements del problema i ser capaç de derivar-ne classes, atributs i, en última instància, una ontologia. La capacitat dels SBC d'acumular molt coneixement i, a partir d'aquests, donar una solució fa que en el nostre cas puguem identificar i emmagatzemar coneixements experts en nutrició i salut de les persones d'avançada edat per posteriorment, restringint aquest coneixement amb restriccions i inferint-ne conclusions amb regles, arribar a un resultat.

La naturalesa del problema fa que, en canvi, si l'haguéssim de plantejar com un problema de cerca o usant altres mètodes vists en l'assignatura; ens trobaríem amb un problema de complexitat molt més elevada ja fos en termes de definir espais de cerca que tindrien una

mida enorme, o heurístiques adequades a cada usuari per poder personalitzar les solucions. Un SBC evita tots aquests problemes.

### 1.3 Fonts del coneixement

Per poder construir l'ontologia, necessitem instàncies, és a dir, elements identificables de cada una de les classes. Per una banda, extreurem informació dels individus de l'ontologia mitjançant el sistema de preguntes adreçades a l'usuari. D'altra banda, també hem hagut de fer molta recerca per poder aconseguir informació sobre:

1. Tipus de plats a incloure en el nostre menú
2. Requeriments nutricionals diaris depenent de certes condicions de cada persona
3. Consum diari de calories
4. Distinció dels ingredients que conformen un plat en diferents tipus
5. Relació entre malalties i nutrició
6. Informació nutricional dels plats
7. Estacionalitat dels aliments

Pel primer punt, bàsicament hem consultat l'annex 2.1 i 2.2 del pdf que se'ns ha proporcionat titulat "Diseño de un menú semanal equilibrado, sugerente y saludable".

D'aquesta manera hem pogut crear diferents instàncies de plats, ja siguin begudes, esmorzars, dinars o sopars, que siguin coherents, dins un context de dieta mediterrània, ja que és la dieta que ens pertoca per la regió on vivim.

Pel segon punt, hem consultat una taula titulada *Nutritional goals for each age/sex group used in assessing adequacy of USDA Food Patterns at various calorie levels* (accessible a <https://health.gov/sites/default/files/2019-09/Appendix-E3-1-Table-A4.pdf>). D'aquesta manera hem pogut separar requeriments específics de carbohidrats, greixos, proteïnes, vitamines, etc., que necessita una persona diàriament segons el seu sexe i la seva edat (i suposant que no pateix cap malaltia rellevant).

En tercer lloc, hem investigat quina és la despesa calòrica diària d'una persona segons l'equació de Harris Benedict. Aquesta fórmula estableix quin és el metabolisme basal diari d'una persona, que és: (<http://www-users.med.cornell.edu/~spon/picu/calc/beecalc.htm>)

- Homes:  $(10 \times \text{pes en kg}) + (6.25 \times \text{alçada en cm}) - (5 \times \text{edat en anys}) + 5$
- Dona:  $(10 \times \text{pes en kg}) + (6.25 \times \text{alçada en cm}) - (5 \times \text{edat en años}) - 161$

Aquesta despesa es veu més o menys incrementada segons l'activitat diària que es faci. El factor de multiplicació canvia segons la freqüència en què es fa exercici:

- 1-3 dies a la setmana: factor 1.372
- 3-5 dies a la setmana: factor 1.55
- 6-7 dies a la setmana: factor 1.725

- 2 cops al dia, cada dia de la setmana: factor 1.9

Pel quart punt, hem fet servir el sentit comú i també hem tingut en compte la piràmide dels aliments per saber quines són les principals categories d'aliments. També hem considerat els al·lèrgens més comuns, com són el gluten dels cereals en el cas dels celíacs, per exemple.

Pel cinquè punt, hem llegit els pdf's que se'ns han proporcionat i gràcies a ells, hem pogut extreure quines són les recomanacions alimentàries quan es pateixen certes malalties.

Pel sisè punt, hem consultat majoritàriament la web <https://www.nutritionix.com/> per obtenir tota la informació nutricional dels plats considerats.

Per l'últim punt, hem tingut en compte si un plat és més comú en unes estacions que en d'altres. Una consideració ha estat, per exemple, que els plats freds com el gaspatxo o el gelat es consumeixen més en les estacions càlides i els plats calents, en les estacions fredes. Una altra consideració ha estat l'estacionalitat de la fruita, la qual es veu reflectida en la següent taula:

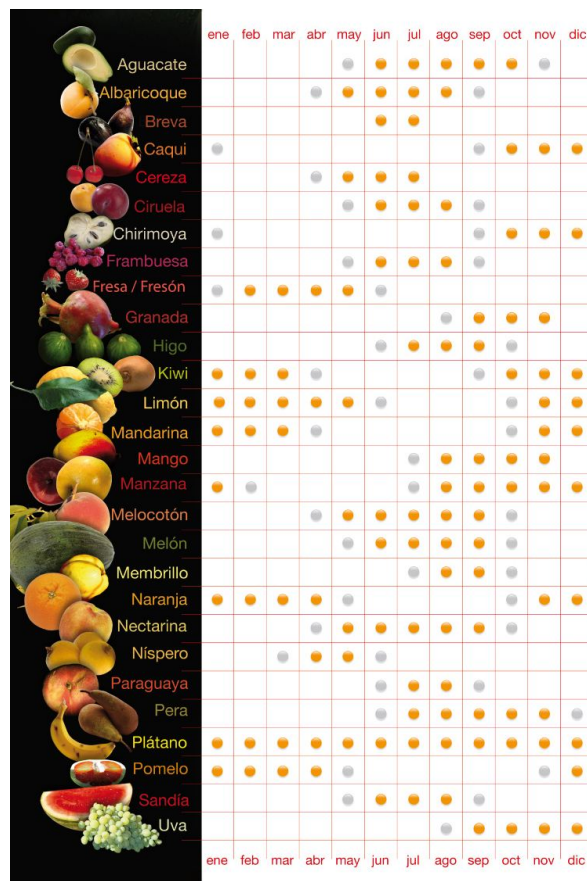


Figura 1. Estacionalitat de la fruita. Font:

<https://blog.frescum.es/wp-content/uploads/2012/09/Calendario-Frutas.jpg>

## 1.4 Resultats esperats

Esperem doncs, en aquesta pràctica, poder desenvolupar un SBD adequat per resoldre el problema a partir del coneixement extret de les fonts prèvies.

El resultat serà un programa que sigui capaç de preguntar a l'usuari aquelles dades que necessiti per resoldre el problema; d'abstreure a partir d'aquests les necessitats que ha de satisfer un menú diari adequat per aquesta persona; de construir el menú a partir d'aquestes necessitats usant el coneixement expert i, per últim, retornar el resultat a l'usuari amb tots els detalls necessaris per a que pugui seguir la dieta que se li proposa.

## 2. Conceptualització

### 2.1 Descripció del domini

Per definir el domini, hem considerat les següents característiques per definir una persona:

- Nom
- Sexe
- Edat
- Alçada
- Pes
- Nivell d'activitat física
- Calories diàries recomanades

A més, s'han afegit multiplicadors de certs nutrients en el domini per definir una persona segons si aquesta persona pateix o no una malaltia. D'aquesta manera, es podrà tenir coneixement específic de si limitar o augmentar el consum de certs nutrients per una persona en concret.

Per modelar les malalties, s'ha fet un llistat de les malalties que considerarem per aquest sistema basat en coneixement. Hem escollit doncs les malalties que són més rellevants i que tenen relació o una inferència directa amb els aliments que es consumeixen. Les malalties que hem considerat són:

- Cèliaquia
- Al·lèrgia fruits secs
- Intolerància lactosa
- Al·lèrgia marisc
- Vegetarianisme
- Diabetis
- Hipertensió
- Colesterol alt
- Anèmia
- Úlcères

Realment, cada malaltia farà que es limiti o s'augmenti el consum de certs aliments. És per aquest motiu que a efectes pràctics, el vegetarianisme es pot considerar una “malaltia” en aquest sistema basat en coneixement perquè, com en el cas de les al·lèrgies, es suprimirà el consum d'un cert conjunt d'aliments: tots aquells provinents d'origen animal.

En el cas dels plats, es codifica la informació nutricional extreta d'aquest plat mitjançant

- Quantitat

- Nutrients específics com: calci, carbohidrats, colesterol, ferro, fibra, greixos saturats, greixos insaturats, greixos totals, potassi, proteïnes, sodi, sucres, vitamina A i C
- Calories
- Temporada on és habitual consumir-lo
- Tipus de plat que és: beguda, primer plat, segon plat o postre
- Àpat en el qual és comú consumir-lo: esmorzar, dinar o sopar

També s'ha considerat en el domini quin és el mètode de cocció utilitzat: fregit, bullit, estofat, cru, planxa o forn, ja que pot tenir relació amb certes malalties.

Finalment, s'ha hagut d'extreure quins són els ingredients principals de cada plat per poder classificar els plats en grups d'ingredients. Aquests ingredients són:

- Carn vermella
- Carn blanca
- Peix blanc
- Peix blau
- Cereals amb gluten
- Cereals sense gluten
- Làctics
- Llegum
- Fruits secs
- Fruita
- Verdura
- Tubercles
- Marisc
- Ous
- Làctics vegetals
- Proteïna vegetal
- Dolços/processats
- Embotits
- Xocolata
- Hortalisses

A partir de tots aquests elements del domini, s'han pogut crear àpats: esmorzars, dinars i sopars, els quals han format menús diaris i finalment, un menú setmanal adequat a l'usuari en concret, que és la solució del nostre problema expressat mitjançant aquest sistema basat en coneixement.



## 2.2 Identificació dels subproblemes i procés de resolució.

Per poder resoldre un problema gran, normalment el que es fa és dividir-lo en subproblemes de forma que si es solucionen aquests subproblemes, és més fàcil arribar a solucionar el problema global. Com que en aquest cas, el que estem fent és interpretar un sistema per poder obtenir una solució, estem davant d'una tasca d'anàlisi i per tant, estem davant un cas de **classificació heurística**.

Hem considerat que estem davant un problema de classificació heurística perquè tenim un conjunt finit de solucions, que serien tots els possibles menús que es poden crear mitjançant la combinació dels plats i tenint en compte les restriccions per malalties i requeriments nutricionals/calòrics o estacionalitat (aquest seria el subconjunt de solucions que ens interessarà). Per tant, l'objectiu del nostre problema és escollir una solució dins un conjunt finit.

Els problemes de classificació heurística tenen quatre etapes concretes, que de fet, divideixen el problema inicial en quatre subproblemes, que són:

1. Identificació del problema concret i extracció de dades mitjançant totes les preguntes que es fan a l'usuari i mitjançant la informació externa de com fer els menús, quins plats considerem, la seva informació nutricional o malalties rellevants en el sentit de la nutrició, per exemple.
2. Abstracció del problema: el que es pretén és aconseguir una formulació del problema concret en un problema abstracte que utilitzi la informació inicial i la codifiqui en un format que sigui útil per poder trobar la solució. En el nostre cas, per exemple, s'han calculat quines són les calories diàries recomanades per una certa persona o s'han definit els multiplicadors de certs aliments segons les malalties/preferències que té l'usuari. El que es fa és doncs, inferir certes dades a partir de les dades inicials.
3. Associació heurística i solució abstracta: en aquesta fase es genera una solució abstracta. És a dir, es generen àpats a partir dels plats i menús diaris a partir dels àpats: esmorzar, dinar, sopar
4. Generació d'una solució concreta/refinament: un cop el sistema té una solució abstracta, aquest s'encarrega de generar una solució concreta, és a dir, una combinació de 7 menús diaris amb les quantitats i tipus d'àpats i plats exactes per formar un menú setmanal i satisfer totes les restriccions imposades per tal d'obtenir el que per nosaltres és un "bon" menú setmanal.

Aquestes quatre etapes són doncs els subproblemes que s'han considerat en el procés de resolució del problema general de la nostra pràctica.

## 2.3 Ús del coneixement expert

Per proporcionar coneixement expert al sistema de coneixement, ha sigut vital consultar fonts d'informació expertes. Aquestes fonts s'han concretat en detall a l'apartat 1.3. *Fonts de coneixement* d'aquest document. Mitjançant aquestes fonts hem pogut extreure informació sobre quines instàncies usar i quines regles d'abstracció, heurística i de resolució utilitzar per obtenir la solució, com s'ha anat detallant en l'apartat que s'ha indicat.

### 3. Formalització

#### 3.1 Classes de la ontologia

A partir del subproblemes identificats prèviament i els elements que intervenen en la seva resolució, hem desenvolupat la següent ontologia:

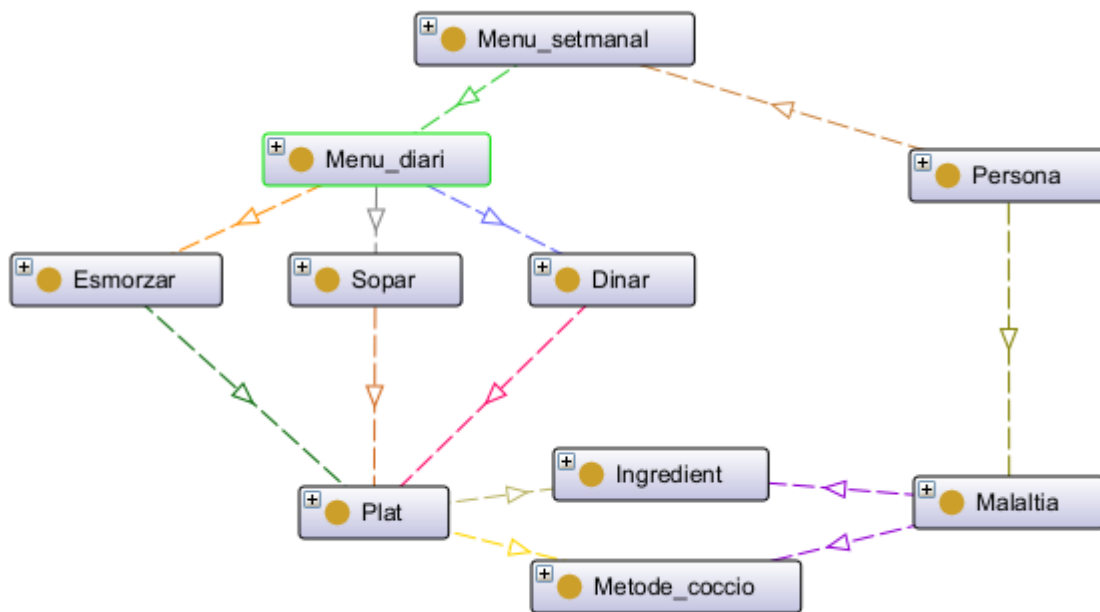


Figura 2. Ontologia proposada

Aquesta compta d'un seguit de classes, que descriurem ara en detall. Es descriuran en primera instància les classes que conformen la ontologia i que estan lligades per les relacions que es poden veure en l'anterior Figura.

##### 3.1.1 Persona

La classe *Persona* representa l'usuari del programa que demana que se li elabori un menú setmanal.

Per representar correctament totes les seves característiques, compta dels següents atributs:

- Nom: no és necessari per la resolució del problema pero afegeix un element de personalització a les respostes i serveix com a identificador primari de la persona.
- Sexe: s'utilitzarà per inferir les calories diàries necessàries a partir de la Taxa Metabòlica Basal.

- Edat: en anys, s'acceptaran només persones amb una edat major o igual a 65 anys en ser enfocat a aquest grup d'edat el problema. S'utilitzarà per inferir les calories diàries necessàries a partir de la Taxa Metabòlica Basal.
- Alçada: en centímetres. S'utilitzarà per inferir les calories diàries necessàries a partir de la Taxa Metabòlica Basal.
- Pes: en kilograms. S'utilitzarà per inferir les calories diàries necessàries a partir de la Taxa Metabòlica Basal.
- Nivell d'activitat física: representada amb un identificador del 1 al 5, corresponent 5 a un nivell elevat d'activitat física i 1 a un de baix. S'utilitzarà per inferir les calories diàries necessàries a partir de la Taxa Metabòlica Basal.
- Calories diàries recomanades: inferida d'altres atributs a partir de la Taxa Metabòlica Basal.
- Multiplicador de sucre: multiplicador que afecta la quantitat de sucre recomanada per la persona. Inferida a partir de les relacions de la classe *Persona* amb la classe *Malaltia*.
- Multiplicador de fibra: multiplicador que afecta la quantitat de fibra recomanada per la persona. Inferida a partir de les relacions de la classe *Persona* amb la classe *Malaltia*.
- Multiplicador de greixos: multiplicador que afecta la quantitat de greixos recomanada per la persona. Inferida a partir de les relacions de la classe *Persona* amb la classe *Malaltia*.
- Multiplicador de colesterol: multiplicador que afecta la quantitat de colesterol recomanada per la persona. Inferida a partir de les relacions de la classe *Persona* amb la classe *Malaltia*.
- Multiplicador de ferro: multiplicador que afecta la quantitat de ferro recomanada per la persona. Inferida a partir de les relacions de la classe *Persona* amb la classe *Malaltia*.
- Multiplicador de calci: multiplicador que afecta la quantitat de calci recomanada per la persona. Inferida a partir de les relacions de la classe *Persona* amb la classe *Malaltia*.
- Multiplicador de proteïnes: multiplicador que afecta la quantitat de proteïnes recomanada per la persona. Inferida a partir de les relacions de la classe *Persona* amb la classe *Malaltia*.
- Multiplicador de sodi: multiplicador que afecta la quantitat de sodi recomanada per la persona. Inferida a partir de les relacions de la classe *Persona* amb la classe *Malaltia*.

### 3.1.2 Malaltia

La classe *Malaltia* representa algunes condicions amb impacte alimentari. Aquestes condicions poden afectar la dieta o bé restringint els aliments que es poden consumir o bé modificant les quantitats recomanades a consumir d'alguns nutrients.

Degut a la gran complexitat mèdica del món de les condicions amb impacte alimentari, hem optat per seleccionar-ne un conjunt fix que seran les que considerarem a l'hora d'elaborar menús setmanals; amb cada malaltia tenint un impacte fix.

Una modelització més complexa d'aquestes condicions hauria requerit d'una gran quantitat d'informació mèdica i coneixement expert en aquest camp que escapa a l'abast del problema que es demana.

La classe *Malaltia* no compta amb cap atribut.

### 3.1.3 Menú Setmanal

La classe *Menú Setmanal* representa una dieta setmanal equilibrada, formada per les tres menjades demanades (esmorzar, dinar i sopar) per cada dia de la setmana (de dilluns a diumenge).

La classe *Menú Setmanal* no compta amb cap atribut.

### 3.1.4 Menú Diari

La classe *Menú Diari* representa una dieta diària equilibrada, formada per les tres menjades demanades (esmorzar, dinar i sopar).

La classe *Menú Diari* no compta amb cap atribut.

### 3.1.5 Esmorzar

La classe *Esmorzar* representa un esmorzar equilibrat, formada per o bé un menjar i una beguda o bé dos menjars i una beguda.

La classe *Esmorzar* no compta amb cap atribut.

### 3.1.6 Dinar

La classe *Dinar* representa un dinar equilibrat, formada per o bé un plat principal i un postre o bé dos plats principals i un postre.

La classe *Dinar* no compta amb cap atribut.

### 3.1.7 Sopar

La classe *Sopar* representa un sopar equilibrat, formada per o bé un plat principal i un postre o bé dos plats principals i un postre.

La classe *Sopar* no compta amb cap atribut.

### 3.1.8 Plat

La classe *Plat* representa un plat concret a ser consumit en alguna menjada. Codifica, principalment, la informació nutricional i d'elaboració del plat.

La classe *Plat* compta amb els següents atributs:

- Quantitat: unitat de massa o volum la quantitat que es recomana consumir del plat i de la qual s'extreuen els valors nutricionals.
- Calci: expressat en miligrams. Quantitat de calci que conté el plat.
- Calories: expressat en kcal. Quantitat de calories que conté el plat.
- Carbohidrats: expressat en grams. Quantitat de carbohidrats que conté el plat.
- Colesterol: expressat en miligrams. Quantitat de colesterol que conté el plat.
- Ferro: expressat en miligrams. Quantitat de ferro que conté el plat.
- Fibra: expressat en miligrams. Quantitat de fibra que conté el plat.
- Greixos saturats i trans: expressat en grams. Quantitat de greixos saturats i trans que conté el plat.
- Greixos insaturats: expressat en grams. Quantitat de greixos insaturats que conté el plat.
- Greixos totals: expressat en grams. Quantitat de greixos totals que conté el plat.  
Degut a l'existència de greixos que no estem considerant, no sempre correspondrà a la suma dels greixos definits anteriorment.
- Potassi: expressat en miligrams. Quantitat de potassi que conté el plat.
- Proteïnes: expressat en grams. Quantitat de proteïnes que conté el plat.
- Sodi: expressat en miligrams. Quantitat de sodi que conté el plat.
- Sucres: expressat en grams. Quantitat de sucres que conté el plat.
- Vitamina A: expressat en micrograms. Quantitat de vitamina A que conté el plat.
- Vitamina C: expressat en miligrams. Quantitat de vitamina C que conté el plat.
- Temporada de primavera: valor booleà que expressa si el plat es pot consumir durant la primavera, ja sigui per disponibilitat dels aliments que el formen o restriccions tèrmiques.
- Temporada d'estiu: valor booleà que expressa si el plat es pot consumir durant l'estiu, ja sigui per disponibilitat dels aliments que el formen o restriccions tèrmiques.
- Temporada de tardor: valor booleà que expressa si el plat es pot consumir durant la tardor, ja sigui per disponibilitat dels aliments que el formen o restriccions tèrmiques.
- Temporada d'hivern: valor booleà que expressa si el plat es pot consumir durant l'hivern, ja sigui per disponibilitat dels aliments que el formen o restriccions tèrmiques.

- Beguda: valor booleà que representa si el plat és una beguda o un menjar sòlid.
- Primer plat: valor booleà que representa si el plat es pot consumir com a primer plat en una menjada de dinar o sopar.
- Segon plat: valor booleà que representa si el plat es pot consumir com a segon plat en una menjada de dinar o sopar.
- Postre: valor booleà que representa si el plat es pot consumir com a postre en una menjada de dinar o sopar.
- Esmorzable: valor booleà que representa si el plat es pot consumir en un esmorzar.
- Dirable: valor booleà que representa si el plat es pot consumir en un dinar.
- Sopable: valor booleà que representa si el plat es pot consumir en un sopar.

### 3.1.9 Mètode de cocció

La classe *Mètode de cocció* representa un mètode culinari mitjançant el qual es possible elaborar un plat.

La classe *Mètode de cocció* no compta amb cap atribut.

### 3.1.10 Ingredient

La classe *Ingredient* representa un grup alimentari genèric a partir del qual es poden elaborar plats més complexos.

La classe *Ingredient* no compta amb cap atribut.

## 4. Implementació

Per implementar la ontologia i codificar els subproblemes mitjançant regles hem usat el llenguatge CLIPS: un llenguatge de programació basat en regles útil per crear sistemes experts, escrit en C.

Per dividir el problema hem separat la implementació en dos arxius: el primer dedicat a codificar les diferents classes de la ontologia, amb els seus atributs i relacions, en format del CLIPS i definir les diferents instàncies estàtiques extretes de les diferents fonts d'informació consultades (plats, malalties...).

El segon arxiu està dedicat a implementar les diferents regles per demanar a l'usuari tota la informació necessària i posteriorment resoldre el problema segons els subproblemes prèviament descrits, que en CLIPS es distribueixen en diferents mòduls.

Fins arribar a la solució final que s'entrega amb aquesta documentació, s'ha seguit un desenvolupament iteratiu i constructiu a partir de diferents prototips.

### 4.1 Prototip 1

Pel primer prototip hem prioritzat que s'instanciessin correctament tots els elements de les diferents classes que necessitem per arribar a una solució.

Així, hem desenvolupat el sistema per preguntar a l'usuari les dades que ens interessin a l'hora de generar el seu menú, en les següents preguntes:

- Com et dius?
- Quants anys tens?
- Quant mesures? (cm)
- Quant peses? (kg)
- Sexe: (h/d)
- Quin és el teu nivell d'activitat física diària? (1-5)
- Per quina temporada vols el menú? (estiu, tardor, primavera, hivern)
- Ets vegetarià? (s/n)
- Pateixes celiaquia? (s/n)
- Pateixes al·lèrgia als fruits secs? (s/n)
- Pateixes intolerància a la lactosa? (s/n)
- Pateixes al·lèrgia al marisc? (s/n)
- Tens diabetis? (s/n)
- Tens hipertensió? (s/n)
- Tens el colesterol alt? (s/n)
- Tens anèmia? (s/n)
- Tens úlceres? (s/n)



Hem anomenat *Preguntes* aquest mòdul on es demana a l'usuari aquesta informació i es guarda en una instància de la classe *Persona*. També emmagatzema la informació sobre la temporada (primavera, estiu, tardor o hivern).

Posteriorment entrem en el segon mòdul, que hem anomenat *Abstracció*. En aquest mòdul i en el primer prototip funcional, s'abstreu a partir de la informació proporcionada per l'usuari i emmagatzemada durant *Preguntes* les característiques bàsiques que haurà de tenir el un menú setmanal per aquest usuari: principalment les calories diàries.

Un cop abstracta aquesta informació entrem en el mòdul d'*Inferència* en el que s'infereixen a partir de les necessitats abstractes de la informació que ens ha proporcionat l'usuari tots els menús diaris que compleixen aquests requeriments.

Es generen, en primer lloc, instàncies de les classes *Esmorzar*, *Dinar* i *Sopar* que tenen una quantitat de calories adequada per cada menjada segons el coneixement expert consultat (entre un 20% i 30% de les calories diàries haurien d'estar ingerides en l'esmorzar, entre un 40% i 50% en el dinar, i un altre 20% o 30% en el sopar).

Un cop instanciades aquestes menjades, instanciem *Menús Diaris* combinant-les i comprovant de nou que el rang de calories total estigui dins del consum diari recomanat. Finalment, instanciem de forma anàloga *Menús Setmanals* combinant *Menús Diaris*. Com en aquest prototip només ens interessa arribar a una solució, per molt que no sigui variada, donem per vàlid el primer *Menú Setmanal* que s'instancia complint els requeriments nutricionals i retronem aquesta resposta a l'usuari, en el darrer mòdul anomenat *Resposta*.

## 4.2 Prototip 2

En aquest segon prototip s'utilitza la informació que havíem emmagatzemat en el mòdul de Preguntes sobre les malalties que té una persona. D'aquesta manera, en l'etapa d'*Abstracció* també calculem uns multiplicadors per cada nutrient/vitamina per cada persona segons les malalties que pateix (per poder restringir o ampliar el consum d'aliments que tinguin més o menys quantitat d'aquests nutrients/vitamines) i també es tracten les malalties mitjançant la regla *tractaMalalties*, que s'encarrega de restringir els aliments incompatibles segons la malaltia que es pateix. Per exemple, si es pateix de celiaquia, es restringeixen tots els ingredients amb gluten que tenim catalogats.

Amb aquest prototip ja anem una mica més encaminats a la solució final i ja tenim menys instàncies possibles de menú setmanal.

## 4.3 Prototip 3

Com que volem un menú que sigui variat a nivell de plats/àpats i que estigui ben distribuït, així com que compleixi amb les recomanacions nutricionals diàries, a l'etapa d'inferència

hem utilitzat funcions per veure que, donats tres àpats (1 esmorzar, 1 dinar i 1 sopar), no hi ha cap plat repetit en aquests.

Hem fet el mateix pels àpats, donat un conjunt de menús diaris, hem desenvolupat una funció que ens digui si hi ha algun àpat repetit en el conjunt de menús diaris.

Aquestes dues funcions serveixen, si s'apliquen com hem fet amb clips, per tenir varietat a nivel de plats/àpats diàriament i setmanalment.

A més, com que volem que es verifiquin les recomanacions nutricionals diàries, també tenim una funció que utilitzem a l'etapa d'inferència (per poder crear un nou menú diari), que es diu *checkMacros* i que s'encarrega de verificar que totes les vitamines i nutrients que hem decidit considerar estan dins els rangs "correctes" a nivell diari, segons la taula que hem especificat en l'apartat de "Fonts del coneixement".

#### 4.4 Prototip 4

El prototip anterior presentava greus problemes a l'hora de trobar solucions concretes, que en aquest cas serien combinacions de 7 menús diaris diferents entre ells. Degut a la gran quantitat de menús diaris que es creen mitjançant l'esquema plantejat i que el nombre de combinacions possibles per menús setmanals creix molt ràpidament, el programa generalment no acabava (o utilitzava una quantitat exagerada de memòria). A més, en cas que trobi una solució, degut a com CLIPS va creant les regles, s'obtenen generalment combinacions amb plats molt semblants.

És per això que vam decidir enfocar la creació d'aquest menú setmanal final d'una forma diferent. Vam decidir prendre 7 menús diaris aleatoris prèviament creats i juntar-los en un menú setmanal. Aquest procés de selecció aleatori és repeteix un nombre fixat de cops i s'acaba triant el menú que presenti menys repeticions de plats en total (hem decidit minimitzar per a cada plat diferent que apareix, la suma de quadrats dels cops que el tenim al menú; doncs és l'heurística que ha presentat millors resultats). Tot aquest procés es realitza a la regla *imprimirMenuSetmanal*.

## 5. Jocs de proves

### 5.1 Prova 1

**Cas:** en aquesta prova, l'usuari no verifica els requisits del programa, és a dir, té menys de 65 anys.

**Resultat esperat:** esperem que el programa doni error.

**Resultat obtingut:** el programa dona error i fa exit.

### 5.2 Prova 2

**Cas:** en aquesta prova, tenim un home de 67 anys sense malalties, que fa activitat física moderada i té un pes/alçada estàndards. Aquesta prova és doncs una prova pels usuaris "normals" o "estàndards"

**Resultat esperat:** esperem veure un menú variat perquè no té gaires restriccions, ja que és l'associat a una persona sana i dins els estàndards

**Entrada i resultat obtingut:**

---BENVINGUTS AL SISTEMA DE RECOMANACIÓ DE MENÚS SETMANALS---

Com et dius? Joan

Quants anys tens? 67

Quant mesures? (cm) 175

Quant peses? (kg) 70

Sexe: (h/d) h

Quin és el teu nivell d'activitat física diària? (1-5) 2

Per quina temporada vols el menú? (estiu, tardor, primavera, hivern) estiu

Ets vegetarià? (s/n) n

Pateixes celiaquia? (s/n) n

Pateixes al·lèrgia als fruits secs? (s/n) n

Pateixes intolerància a la lactosa? (s/n) n

Pateixes al·lèrgia al marisc? (s/n) n

Tens diabetis? (s/n) n

Tens hipertensió? (s/n) n

Tens el colesterol alt? (s/n) n

Tens anèmia? (s/n) n

Tens úlceres? (s/n) n

Gràcies Joan, espera si us plau mentre calculem el teu menú...

Hola Joan, amb les teves respostes hem creat el següent menú setmanal:

Menu setmanal:

Dilluns:

[Esmorzar:Pa\_amb\_melmelada+Smoothie]

[Dinar:Truita\_de\_patates+Rissotto+Pressec]

[Sopar:Amanida\_de\_cigrons+Peix\_fregit]

Dimarts:

[Esmorzar:Torrades\_amb\_alvocat+Smoothie]

[Dinar:Rissotto+Lluc\_a\_la\_planxa+Muffin]

[Sopar:Amanida\_de\_cigrons+Xai\_a\_la\_planxa]

Dimecres:

[Esmorzar:Fruits\_secs\_plat+Cafe\_amb\_llet]

[Dinar:Amanida\_de\_patates+Rissotto+logurt]

[Sopar:Amanida\_de\_llenties+Broquetes\_de\_pollastre+Cireres]

Dijous:

[Esmorzar:Muffin+Smoothie]

[Dinar:Sopa\_freda\_de\_meló\_amb\_arnal+Paella\_valenciana+Flam]

[Sopar:Amanida\_de\_llenties+Tofu+Sindria]

Divendres:

[Esmorzar:Pa\_amb\_melmelada+Smoothie]

[Dinar:Amanida\_de\_patates+Rissotto+logurt]

[Sopar:Gaspaxo+Xai\_a\_la\_planxa+Cireres]

Dissabte:

[Esmorzar:Granola+Smoothie]

[Dinar:Gaspaxo+Paella\_valenciana+Cireres]

[Sopar:Truita\_de\_patates+Galletes\_integrals]

Diumenge:

[Esmorzar:Torrades\_amb\_crema\_de\_cacahuet+Smoothie]

[Dinar:Amanida\_de\_cigrons+Sipia\_a\_la\_planxa+Muffin]

[Sopar:Pizza\_de\_arnal\_i\_formatge+logurt]

**Comentari final:** el menú obtingut és variat i inclou tot tipus de plats sense restriccions extremes aparents, com hauria de ser.

### 5.3 Prova 3

**Cas:** en aquesta prova, tenim una dona de 75 anys celíaca i amb al·lèrgia als fruits secs, sense més malalties, que fa activitat física moderada i té un pes/alçada estàndards. Aquesta prova és doncs una prova pels usuaris que tenen al·lèrgies.

**Resultat esperat:** esperem veure un menú variat, ja que la Maria és una persona sana i dins els estàndards, però sense aliments amb gluten ni amb fruits secs, respectant així les seves al·lèrgies.

**Entrada i resultat obtingut:**

---BENVINGUTS AL SISTEMA DE RECOMANACIÓ DE MENÚS SETMANALS---

Com et dius? Maria

Quants anys tens? 75

Quant mesures? (cm) 160

Quant peses? (kg) 50

Sexe: (h/d) d

Quin és el teu nivell d'activitat física diària? (1-5) 3

Per quina temporada vols el menú? (estiu, tardor, primavera, hivern) hivern

Ets vegetarià? (s/n) n

Pateixes celiaquia? (s/n) s

Pateixes al·lèrgia als fruits secs? (s/n) s

Pateixes intolerància a la lactosa? (s/n) n

Pateixes al·lèrgia al marisc? (s/n) n

Tens diabetis? (s/n) n

Tens hipertensió? (s/n) n

Tens el colesterol alt? (s/n) n

Tens anèmia? (s/n) n

Tens úlceres? (s/n) n

Gràcies Maria, espera si us plau mentre calculem el teu menú...

Hola Maria, amb les teves respostes hem creat el següent menú setmanal:

Menu setmanal:

Dilluns:

[Esmorzar:logurt+Llet\_amb\_cacau]

[Dinar:Llenties\_estofades\_amb\_verdures+Hamburguesa\_vegana+Smoothie]

[Sopar:Peix\_fregit+Mandarina]

Dimarts:

[Esmorzar:Poma+Cafe\_amb\_llet]

[Dinar:Pesols\_amb\_patata+Xai\_a\_la\_planxa+logurt]

[Sopar:Pure\_de\_patata+Flam]

Dimecres:

[Esmorzar:Smoothie+Cafe\_amb\_llet]

[Dinar:Llenties\_estofades\_amb\_verdures+Peix\_fregit+Galetes\_integrals(sense\_gluten)]

[Sopar:Pure\_de\_patata+logurt]

Dijous:

[Esmorzar:logurt+Llet\_amb\_cacau]

[Dinar:Crema\_de\_carbassa+Pit\_de\_pollastre\_al\_forn+Pa\_de\_pessic(sense\_gluten)]

[Sopar:Broquetes\_de\_pollastre+Smoothie]

Divendres:

[Esmorzar:Granola(sense\_gluten)+Llet\_amb\_cacau]

[Dinar:Pure\_de\_patata+Rissotto+Poma]

[Sopar:Truita\_de\_patates+Mandarina]

Dissabte:

[Esmorzar:logurt+Cafe\_amb\_llet]

[Dinar:Pure\_de\_patata+Peix\_fregit+Pa\_de\_pessic(sense\_gluten)]

[Sopar:Crema\_de\_carbassa+Smoothie]

Diumenge:

[Esmorzar:Granola(sense\_gluten)+Llet\_amb\_cacau]

[Dinar:Crema\_de\_carbassa+Llom\_arrebossat+Mandarina]

[Sopar:Hamburguesa\_vegana+logurt]

**Comentari final:** el menú obtingut s'adiu amb el resultat esperat perquè és variat i no conté fruits secs. A més, veiem que, efectivament, no conté aliments amb gluten i els que en podrien contenir, és a dir, els que contenen cereals, s'ha especificat que el plat s'ha de cuinar sense gluten. Hem suposat doncs que tots els plats es poden cuinar amb cereals alternatius sense gluten (com el fajol, quinoa, arròs, etc)

## 5.4 Prova 4

**Entrada:** La Gisela, de 80 anys, té un estil de vida sedentari i sobrepès, patint també hipertensió i diabetis degut a aquest. És també celíaca i vol un menú equilibrat que s'adapti a aquestes necessitats.

**Resultat esperat:** Esperem un menú sense plats que continguin glúten i que pugui adaptar-se a les necessitats de salut de la Gisela.

Resultat obtingut:

---BENVINGUTS AL SISTEMA DE RECOMANACIÓ DE MENÚS SETMANALS---

Com et dius? Gisela

Quants anys tens? 80

Quant mesures? (cm) 168

Quant peses? (kg) 78

Sexe: (h/d) d

Quin és el teu nivell d'activitat física diària? (1-5) 1

Per quina temporada vols el menú? (estiu, tardor, primavera, hivern) primavera

Ets vegetarià? (s/n) n

Pateixes celiaquia? (s/n) s

Pateixes al·lèrgia als fruits secs? (s/n) n

Pateixes intolerància a la lactosa? (s/n) n

Pateixes al·lèrgia al marisc? (s/n) n

Tens diabetis? (s/n) s

Tens hipertensió? (s/n) s

Tens el colesterol alt? (s/n) n

Tens anèmia? (s/n) n

Tens úlceres? (s/n) n

Gràcies Gisela, espera si us plau mentre calculem el teu menú...

Hola Gisela, amb les teves respostes hem creat el següent menú setmanal:

Menu setmanal:

Dilluns:

[Esmorzar:Pa\_de\_pessic(sense\_gluten)+Smoothie]

[Dinar:Amanida\_de\_cigrons+Lluc\_a\_la\_planxa+Muffin(sense\_gluten)]

[Sopar:Pit\_de\_pollastre\_al\_forn+Cireres]

Dimarts:

[Esmorzar:Entropa\_de\_pernil\_dolc(sense\_gluten)+Llet\_amb\_cacau]

[Dinar:Pesols\_amb\_patata+Salmo\_a\_la\_planxa+Galletes\_integrals(sense\_gluten)]

[Sopar:Sipia\_a\_la\_planxa+Cireres]

Dimecres:

[Esmorzar:Pressec+Smoothie]

[Dinar:Pizza\_de\_pernil\_i\_formatge(sense\_gluten)+Lluc\_a\_la\_planxa+Galletes\_integrals(sense\_gluten)]

[Sopar:Amanida\_de\_llenties+logurt]

Dijous:

[Esmorzar:logurt+Cafe\_amb\_llet]

[Dinar:Croquetes\_de\_pernil(sense\_gluten)+Broquetes\_de\_pollastre+Smoothie]

[Sopar:Hamburguesa\_vegana+Cireres]

Divendres:

[Esmorzar:Llet\_amb\_cacau+Cafe\_amb\_llet]

[Dinar:Pesols\_amb\_patata+Hamburguesa\_vegana+logurt]

[Sopar:Xai\_a\_la\_planxa+Cireres]

Dissabte:

[Esmorzar:Cireres+Cafe\_amb\_llet]

[Dinar:Llenties\_estofades\_amb\_verdures+Hamburguesa\_vegana+Pa\_de\_pessic(sense\_gluten)]

[Sopar:Sipia\_a\_la\_planxa+Smoothie]

Diumenge:

[Esmorzar:Pa\_amb\_melmelada(sense\_gluten)+Llet\_amb\_cacau]

[Dinar:Amanida\_de\_llenties+Peix\_fregit+Flam]

[Sopar:Pure\_de\_patata+Pressec]

**Comentari final:** El menú proposat té en compte alternatives saludables sense glúten a algunes menjades típiques, adaptant-se a les necessitats de l'usuari.

## 5.5 Prova 5

**Entrada:** L'Adrià té 90 anys i intenta mantenir un nivell d'activitat física elevat. És també vegetarià, i espera poder obtenir una dieta equilibrada per mantenir el seu nivell d'activitat física respectant aquesta opció alimentària.

**Resultat esperat:** Esperem un resultat en què no apareixin carns o peixos per respectar la opció vegetariana de l'usuari.

**Resultat obtingut:**

---BENVINGUTS AL SISTEMA DE RECOMANACIÓ DE MENÚS SETMANALS---

Com et dius? Adrià

Quants anys tens? 90

Quant mesures? (cm) 170



Quant peses? (kg) 67

Sexe: (h/d) h

Quin és el teu nivell d'activitat física diària? (1-5) 4

Per quina temporada vols el menú? (estiu, tardor, primavera, hivern) tardor

Ets vegetarià? (s/n) s

Pateixes celiaquia? (s/n) n

Pateixes al·lèrgia als fruits secs? (s/n) n

Pateixes intolerància a la lactosa? (s/n) n

Pateixes al·lèrgia al marisc? (s/n) n

Tens diabetis? (s/n) n

Tens hipertensió? (s/n) n

Tens el colesterol alt? (s/n) n

Tens anèmia? (s/n) n

Tens úlceres? (s/n) n

Gràcies Adrià, espera si us plau mentre calculem el teu menú...

Hola Adrià, amb les teves respostes hem creat el següent menú setmanal:

Menu setmanal:

Dilluns:

[Esmorzar:Torrades\_amb\_alvocat+Cafe\_amb\_llet]

[Dinar:Rissotto+Hamburguesa\_vegana+Muffin]

[Sopar:Pure\_de\_patata+Smoothie]

Dimarts:

[Esmorzar:Pa\_de\_pessic+Cafe\_amb\_llet]

[Dinar:Amanida\_de\_cigrons+Truita\_de\_patates+Muffin]

[Sopar:Rissotto+Smoothie]

Dimecres:

[Esmorzar:Granola+Smoothie]

[Dinar:Rissotto+Pasta\_fresca\_amb\_parmesa+Flam]

[Sopar:Pesols\_amb\_patata+Galetes\_integrals]

Dijous:

[Esmorzar:Fruits\_secs\_plat+Smoothie]

[Dinar:Amanida\_de\_llenties+Pasta\_fresca\_amb\_parmesa+Muffin]

[Sopar:Pure\_de\_patata+logurt]

Divendres:

[Esmorzar:Torrades\_amb\_alvocat+Smoothie]

[Dinar:Rissotto+Pasta\_fresca\_amb\_parmesa+Flam]

[Sopar:Crema\_de\_carbassa+Hamburguesa\_vegana+Poma]

Dissabte:

[Esmorzar:Granola+Smoothie]

[Dinar:Truita\_de\_patates+Rissotto+Flam]

[Sopar:Amanida\_de\_cigrons+logurt]

Diumenge:

[Esmorzar:Pa\_de\_pessic+Smoothie]

[Dinar:Amanida\_de\_cigrons+Hamburguesa\_vegana+Muffin]

[Sopar:Crema\_de\_carbassa+Cafe\_amb\_llet]

**Comentari final:** com podem esperar, el menú proposat per l'Adrià no consta de carn, embotits o peix, sent una opció vegetariana de dieta que té en compte els valors nutricionals recomanats per el seu estil de vida amb activitat física elevada.

## 5.6 Prova 6

**Entrada:** L'Adrià, de 100 anys, pesant 150kg i amb diverses malalties, es un cas atípic de persona d'edat avançada.

**Resultat esperat:** El nostre sistema no està preparat per gestionar casos tan límit en que la recomanació d'una dieta hauria d'estar assessorada per experts humans amb un seguiment molt constant i individualitzat per assegurar un correcte manteniment de l'estat de salut.

Així, el sistema hauria de reconèixer aquesta limitació.

**Resultat obtingut:**

---BENVINGUTS AL SISTEMA DE RECOMANACIÓ DE MENÚS SETMANALS---

Com et dius? Adrià

Quants anys tens? 100

Quant mesures? (cm) 170

Quant peses? (kg) 150

Sexe: (h/d) h

Quin és el teu nivell d'activitat física diària? (1-5) 1

Per quina temporada vols el menú? (estiu, tardor, primavera, hivern) estiu

Ets vegetarià? (s/n) s

Pateixes celiaquia? (s/n) n

Pateixes al·lèrgia als fruits secs? (s/n) n

Pateixes intolerància a la lactosa? (s/n) n

Pateixes al·lèrgia al marisc? (s/n) n

Tens diabetis? (s/n) n

Tens hipertensió? (s/n) s

Tens el colesterol alt? (s/n) s

Tens anèmia? (s/n) s

Tens úlceres? (s/n) s

Gràcies Adrià, espera si us plau mentre calculem el teu menú...

Ho sentim Adrià, amb les teves respostes no hem pogut crear cap menú setmanal

**Comentari final:** el nostre sistema no contempla casos tan límit com l'Adrià amb una edat molt avançada, malalties i pes desorbitat. En casos com aquest en que no hi hagi un menú possible adequat a les seves necessitats, segons el coneixement del que consta el nostre sistema, s'imprimeix un missatge informant de que no es possible solucionar el problema.

## 6. Conclusions

Durant la pràctica, hem pogut implementar un Sistema Basat en el Coneixement per resoldre el problema proposat i proporcionar a usuaris d'edat avançada un menú setmanal equilibrat. La identificació dels subproblemes i recerca del coneixement expert han aportat un marc en que hem pogut desenvolupar una ontologia per tractar el problema i implementar un sistema amb CLIPS per resoldre amb diferents regles totes les restriccions derivades del coneixement expert.

Una de les principals limitacions ha estat el consum de recursos requerit per CLIPS per calcular totes les possibles permutacions de menús i plats, que ha forçat a limitar el nombre de menús en que podria aparèixer un plat per posteriorment combinar-los a nivell setmanal. Potser alguna altra eina que fes una millor gestió de la memòria hauria permès no haver de necessitar d'aquesta limitació per arribar a solucions del problema amb un consum de temps i espai raonables.

La implementació i proposta final, com s'ha vist amb els jocs de prova, permet resoldre un conjunt de jocs de prova ampli amb solucions coherents amb les especificacions demanades del problema.

Propostes de millora del programa podrien passar per un major nombre de plats per afegir varietat a les combinacions de menús, tenint sempre en compte la major complexitat en memòria que això pot comportar, com hem apuntat prèviament.

En conclusió, resoldre la pràctica amb un Sistema de Coneixement Expert ha resultat una forma satisfactòria d'encarar-ho, proporcionant respostes adequades a les necessitats dels usuaris per poder portar una dieta equilibrada i saludable.