

Creació d'una Ontologia Universal

Alumne: Natàlia Reichardt Berini Dirigit per: Antoni Pérez Navarro

Universitat Oberta de Catalunya Enginyeria Tècnica d'Informàtica de Gestió Treball Fi de Carrera Curs 2004-2005 – Segon Semestre

Resum

L'objectiu d'aquest treball és introduir al lector en les tecnologies que condueixen al desenvolupament de la *web* semàntica, destacant-ne les parts més importants d'aquestes, i veient com cadascuna amplia la funcionalitat de la seva predecessora a l'hora d'aportar un sentit semàntic als documents..

Es comença analitzant XML i XML-Schema, que aporten una estructura de dades correcte i exportable a qualsevol plataforma, amb un cert sentit semàntic. Però XML-Schema aporta una estructura de dades que no té perquè aportar un sentit semàntic a aquestes. Es necessita descriure les dades dels documents XML.

Així doncs, es dóna un pas més. S'analitza el model de dades que representa RDF, que permet afegir més significat a les dades. És una de les tecnologies essencials de la *web* semàntica. Però no proporciona mecanismes per definir relacions entre les dades. RDF-Schema és el vocabulari per descriure les propietats i les classes dels recursos d'RDF.

Amb RDF-Schema podem descriure jerarquies de classes, tal com ontologies senzilles. Però no es prou expressiu per representar ontologies complexes. Així que finalment s'analitza el potencial d'OWL. OWL està construït sobre RDF i codificat en XML, i permet representar ontologies a partir d'un vocabulari més ampli i una sintaxi més forta que la que permet RDF.

Al mateix temps, s'analitzen les especificacions de WordNet, una de les primeres ontologies desenvolupades. Fent un paral·lelisme a les seves especificacions, es desenvolupa un cas pràctic: una ontologia sobre els plans d'estudis que s'imparteixen a la UOC.

Pàgina i

1 Índex

R	esum		
1	Índex		i
2	Introducci	ó	1
3		L-Schema	
		Els documents XML	
		JRIs	
		Namespaces	
		nismes d'intercanvi d'informació	
		ctura d'un document XML	
		OTDs	
		(ML-Schema	
	3.3.2.1		
		Comparativa entre DTD i XML-Schema	
4		F-Schema	
		xpressions RDF	
		Sintaxi RDF	
		Schema	
		OCMI: Dublin Core Metadata Initiative	
		El document RDF	21
5	OWL		23
	5.1 Ontol	ogia	23
	5.2 Word	Net	23
	5.2.1	Substantius	25
	5.2.2 A	Adjectius	25
		/erbs	
		El document OWL	
	5.3.1.1	Classes i instàncies	
	5.3.1.2		
	5.3.1.3	Restriccions	
		s aportacions respecte a RDF	
_			
6		pràctica	
		régé	
		El projecte desenvolupat amb PROTÉGÉ	
	6.1.1.1	Creació de classes	
	6.1.1.2	Creació d'slots	
	6.1.1.3	Creació d'instàncies	
	6.1.1.4	Utilització dels formularis	
	6.1.1.5	Conversió a altres formats	
		ny d'una ontologia	
		El negoci	
	6.2.2 E	Equivalències amb WordNet	
	6.2.2.1	Categories	
	6.2.2.2	Matriu de vocabulari	
	6.2.2.3	Herència	40
	6.2.2.4	Quadre d'equivalències	
		'anàlisi del projecte	
	6.2.3.1	Àrees d'estudi	
	6.2.3.2	Plans d'estudi	
	0.2.0.2	1 10110 0 000001	1

Creació d'una Ontologia Universal

Natàlia Reichardt Berini

	6.2.3.	3 Matéries	. 41
	6.2.4	Gràfic del projecte	42
	6.2.5	Eines de desenvolupament	43
7	Conclus	Eines de desenvolupamentions	. 44
8	Glossari	de termes	45
		ıfia	
Ann	ex A.	Referències de caràcters	49
Ann	ex B.	Document RDF	50
Ann	ex C.	Sequiment del projecte	56

2 Introducció

L'objectiu d'aquest treball és conèixer els mecanismes de què es disposa per aportar significat i semàntica als documents i construir un model que permeti dur a la pràctica els coneixements obtinguts.

Actualment, les bases de dades estan evolucionant davant l'aparició de nous reptes en la gestió de la informació, un d'ells relacionat amb XML i la *Web* semàntica.

La proliferació de la *Web* comporta la necessitat de tractar dades semiestructurades. XML és el llenguatge que, avui en dia, es fa servir per intercanviar informació entre diferents sistemes d'informació donada la flexibilitat i independència de les fonts de dades i de formats fixes que proporciona.

Actualment es pretén que els ordinadors puguin entendre la semàntica de la informació que hi ha a la *Web* i sigui possible integrar diverses fonts d'informació malgrat la procedència i formats de cadascuna d'elles: s'està buscant una *Web* semàntica. Aquesta nova àrea de recerca està clarament lligada amb el món de les bases de dades, les quals hauran d'oferir, i de fet en molts casos ja ofereixen, un nou ventall de possibilitats per poder tractar, emmagatzemar i gestionar aquest nou tipus d'informació semiestructurada, alhora que permetin la comunicació entre sistemes de manera transparent a l'usuari.

El treball consistirà en l'estudi d'algunes de les eines que aporten semàntica a la web i en el disseny d'una ontologia (una petita "web semàntica"). El tema escollit són els plans d'estudis dels diferents estudis que s'imparteixen a la UOC, indicant les relacions que hi ha entre les diferents assignatures: recomanacions, requisits obligatoris, assignatures comunes amb més d'un estudi, etc. Per poder dur a terme aquesta tasca s'hauran de seguir la línia de les especificacions del WordNet, una base de dades lèxica dissenyada per a la llengua anglesa.

L'elaboració d'una ontologia requereix de l'ús d'una sèrie de tecnologies que s'hauran d'anar coneixent i exposant, per a la seva aplicació. Per tant, al llarg d'aquest treball, tot el que s'exposa sobre cadascuna de les tecnologies estarà encaminat a l'elaboració d'aquesta ontologia.

El treball es distribuirà en les següents fases:

- Apartat 3 XML i XML-Schema: Conèixer el llenguatge XML i XML-Schema, tot comprenent la seva importància com a mecanisme d'intercanvi d'informació.
- Apartat 4 RDF i RDF-Schema: Conèixer RDF i RDF-Schema.
- Apartat 5 OWL: Estudiar OWL i veure els nous elements que aporta respecte a RDF.
- Apartat 6 Aplicació pràctica: Portar a la pràctica tots els coneixements adquirits:
 - Aprendre a treballar amb el programari *PROTÉGÉ* per poder posar en pràctica els coneixements adquirits.
 - Dissenyar una ontologia que permeti agrupar les matèries dels diferents plans d'estudi impartits per la UOC. Així, per exemple, la matèria "XML i Web Semàntica" hauria d'indicar que es tracta d'un "Treball de Fi de Carrera" del pla d'estudis d'"Enginyeria Tècnica d'Informàtica de Gestió", i que per poder cursar-la cal haver fet "Bases de Dades I" i "Enginyeria del Programari I".

3 XML i XML-Schema

XML i XML-Schema aporten una estructura de dades correcta i exportable a qualsevol plataforma i amb un cert sentit semàntic, ja que XML aporta la sintaxi superficial per als documents estructurats, però sense dotar-los de cap restricció sobre el significat, i XML-Schema és un llenguatge per definir l'estructura dels documents XML.

En aquest apartat es fa una introducció a l'XML i l'estructura dels documents. També es defineix el que és un document ben format i un document vàlid.

Així, es tractara l'XML (veure 3.1 XML) donant una visió de la utilitat que té com a mecanisme d'intercanvi d'informació (veure 3.2 Mecanismes d'intercanvi d'informació), i els mecanismes per dotar d'estructura als documents (veure 3.3 Estructura d'un document XML).

3.1 XML

L'XML (eXtensible Markup Language, llenguatge de marques extensible) [1] és un llenguatge de marques ampliables desenvolupat pel World Wide Web Consortium (W3C).

Si fem una mica d'història, l'XML és una versió simplificada d'SGML (*Standard Generalized Markup Language*, llenguatge de marques generalitzat), que és un conjunt de normes definides per IBM als anys 70' que permeten definir llenguatges de marques, com ara l'HTML

HTML (*HiperText Markup Language*, llenguatge de marcatge d'hipertext) és el llenguatge de publicació de la *web* basat en SGML, format per un conjunt d'etiquetes que serveixen per definir la forma de presentació del text i altres elements d'una pàgina *web* [2].

Això vol dir que SGML és un metallenguatge, és a dir, un llenguatge que permet descriure altres llenguatges. SGML és una norma que pretén establir una manera genèrica d'especificar i definir documents, i que permet al mateix temps utilitzar formats de major flexibilitat i portabilitat. Un document SGML ha de ser [3]:

- Formal: ha de permetre establir la validesa dels documents.
- Estructurat: ha de ser capaç d'organitzar documents complexos.
- Ampliable: ha de facilitar la gestió de grans dipòsits d'informació.

Però SGML, pensat per l'intercanvi d'informació entre ordinadors, és molt complex i estricte, i al 1996 hom es planteja fer una versió més senzilla. Així sorgeix, al 1998, la versió 1.0 d'XML.

Segons el document "Extensible Markup Language (XML) 1.0 W3C Recommendation" [1], els objectius que es planteja el W3C i el grup de treball del desenvolupament de l'XML són:

- XML ha de ser directament utilitzable a Internet.
- XML ha de suportar una àmplia varietat d'aplicacions.
- XML ha de ser compatible amb SGML.
- Ha de ser fàcil escriure programes que processin documents XML.
- El número de característiques opcionals en XML s'ha de mantenir al mínim, idealment zero.
- Els documents XML han de ser llegibles pels humans i raonablement clars.
- El disseny d'XML ha de ser formal, concís i s'ha de preparar ràpidament.
- Els documents XML han de ser fàcils de crear.

- La brevetat en el sistema de marcatge és de mínima importància.

La diferència fonamental entre HTML i XML és que el primer és un llenguatge basat en les especificacions d'SGML, i el segon, com a subconjunt d'SGML, és un metallenguatge [4].

A continuació es presenten les característiques dels documents XML.

3.1.1 Els documents XML

Seguint els criteris exposats a l'apartat anterior per desenvolupar XML, el W3C defineix les recomanacions de com ha de ser un document XML [1].

Per tal que un document XML sigui un <u>document ben format</u> ha de seguir les regles recomanades del consorci. El fet d'imposar condicions és important per tal que XML es comporti efectivament com una base universal per estructurar la informació.

A continuació es detalla un resum d'aquestes regles [5]:

- Un document XML és un arxiu de text ASCII (sense format) que inclou informació segons les normes establertes pel consorci W3C i amb extensió ".xml".
- Un document XML està format per una capçalera i un cos del document, o element arrel. Per element arrel entenem l'element de nivell superior de l'estructura del document XML. És l'element que representa al document. Tota la resta d'elements es troben aniuats dins de l'element arrel (a la Figura 1, l'element arrel és plans_estudis).
 - La capçalera pot contenir les següents declaracions:
 - Declaració XML: és una instrucció de processament (IP) que especifica la versió d'XML utilitzada, amb la propietat version. Opcionalment pot indicar la codificació o joc de caràcters que fa servir el document (propietat encoding) i la declaració de document aïllat (propietat standalone). A la Figura 1, <?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>.
 - Declaració del tipus de document: descriu les restriccions en l'estructura lògica del document i possibilita l'ús d'unitats d'emmagatzematge predefinides (veure 3.3 Estructura d'un document XML). Aquesta declaració no és obligatòria. A la Figura 1 es fa referència a una DTD externa (veure 3.3.1 DTDs) anomenada prova.dtd amb la línia <!DOCTYPE plans_estudi SYSTEM "plans_estudi.dtd">.
 - Referència a un full d'estil extern: descriu, per un full d'estil CSS (*Cascading Style Sheets*, fulls d'estil en cascada) o per un full de transformacions (XSL), com representar el document. Aquesta declaració no és obligatòria. A l'exemple de la Figura 1, es fa referència a una CSS externa anomenada prova.css amb la línia <?xml-stylesheet href="plans estudi.css" type="text/css"?>.
 - Respecte al cos del document, és una estructura d'arbre identificada per l'element arrel on s'organitza la informació d'una forma coherent. Cada element de l'arbre està format per:
 - Una etiqueta inicial: indica el començament de l'element. A més de servir d'identificació, pot contenir informació addicional mitjançant atributs (veure la Figura 2), que són una manera d'indicar característiques o propietats als elements.
 - Un contingut: tot el que hi ha entre l'etiqueta inicial i la final.
 - Una etiqueta final: indica el final de l'element.

A la Figura 1 es mostra un exemple de document XML ben format, diferenciant la capçalera (primera fila de la taula) del cos del document (segona fila de la taula):

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>

```
<!DOCTYPE plans_estudi SYSTEM "plans_estudi.dtd">
<?xml-stylesheet href=" plans_estudi.css" type="text/css"?>
<plans estudi>
   <universitat>
       UOC
       <àrea>
           Informàtica i Multimèdia
           <estudis cicle="2">Enginveria en Informàtica (pla vell)</estudis>
           <estudis cicle="2">Enginyeria en Informàtica (pla nou)</estudis>
           <estudis cicle="1">Enginyeria Tècnica en Informàtica de Gestió (pla vell)</estudis>
           <estudis cicle="1">Enginyeria Tècnica en Informàtica de Gestió (pla nou)</estudis>
       </area>
       <àrea>
           Turisme
           <estudis cicle="1">Diplomatura en Turisme</estudis>
    </universitat>
</plans_estudi>
```

Figura 1

En el document de la Figura 1 es descriu l'element *plans_estudi*, que representa l'arrel del document; en aquest document es descriuran plans d'estudis de diferents universitats. Dins d'aquest element es descriu un element *universitat*, amb el text UOC, que representà els plans d'estudis que s'imparteixen a la UOC; i dins d'aquest element *universitat*, es descriuen dos elements *àrea*, que representen les diferents àrees d'estudi que s'imparteixen en aquesta universitat, un amb el text Informàtica i Multimèdia, i un altre amb el text Turisme. Dins de cadascun dels elements *àrea* es descriuen els elements *estudis*, per representar cadascun dels plans d'estudis, amb la propietat *cicle*, que indica si els estudis són de primer (1) o segon cicle (2).

A la Figura 1 veiem també que l'element amb l'etiqueta <u>estudis</u> té un atribut <u>cicle</u> i un contingut (per exemple, "Diplomatura de Turisme).

A la Figura 2 es mostra la composició d'un element.

<estudis< th=""><th colspan="2">estudis cicle="2" ></th><th>Enginyeria en Informàtica (pla vell)</th><th colspan="2"></th></estudis<>	estudis cicle="2" >		Enginyeria en Informàtica (pla vell)				
	Atribut						
Etiqueta inicial			Contingut	Etiqueta final			
Element							

Figura 2

Altres normes bàsiques pel que fa al cos del document són:

- La informació inclosa al document XML ha d'estar marcada amb etiquetes.
- Les etiquetes XML es reconeixen perquè van tancades entre els símbols ☐ per indicar l'inici i ☐ per indicar el final.
- Ha d'haver una marca (etiqueta) d'inici i una altra de final.
- L'etiqueta final ha de ser igual que la del començament, però amb el símbol ∅ just després de <.
- Els atributs es defineixen dins l'etiqueta inicial, indicant el nom de l'atribut, el signe | i el seu valor, escrit entre comentes dobles | i el seu valor, escrit entre comentes dobles | i el seu valor, escrit entre comentes dobles | i el seu valor, escrit entre comentes dobles | i el seu valor, escrit entre comentes dobles | i el seu valor, escrit entre comentes dobles | i el seu valor, escrit entre comentes dobles | i el seu valor, escrit entre comentes dobles | i el seu valor, escrit entre comentes dobles | i el seu valor, escrit entre comentes dobles | i el seu valor, escrit entre comentes dobles | i el seu valor, escrit entre comentes dobles | i el seu valor, escrit entre comentes dobles | i el seu valor, escrit entre comentes dobles | i el seu valor, escrit entre comentes dobles | i el seu valor, escrit entre comentes dobles | i el seu valor, escrit entre comentes dobles | i el seu valor, escrit entre comentes dobles | i el seu valor, escrit entre comentes dobles | i el seu valor, escrit entre comentes dobles | i el seu valor, escrit entre comentes dobles | i el seu valor, escrit entre comentes dobles | i el seu valor, escrit entre comentes dobles | i el seu valor, escrit entre comentes dobles | i el seu valor, escrit entre comentes dobles | i el seu valor, escrit entre comentes dobles | i el seu valor, escrit entre comentes dobles | i el seu valor, escrit entre comentes dobles | i el seu valor, escrit entre comentes dobles | i el seu valor, escrit entre comentes dobles | i el seu valor, escrit entre comentes entre comentes entre en
- Només es permet un element arrel.
- Tot element ha de incloure l'etiqueta d'inici i la de final (amb la barra diagonal).
- S'han de fer els aniuaments correctament: si l'etiqueta d'inici d'un element està continguda en un element, l'etiqueta de fi ha d'estar també continguda dins del mateix element, és a dir, els elements no es poden solapar.

- Es diferencia entre majúscules i minúscules.
- Els noms de les etiquetes han de ser correctes:
 - Han de començar per un caràcter alfabètic no accentuat o el guió baix ...
 - No poden contenir espais en blanc.
 - o No poden començar per les sigles "xml", ni en majúscules ni en minúscules.
 - Els caràcters especials, aquells que tenen un sentit pel propi document, com ara
 ☑, etc. s'han de codificar amb la seva referència d'entitat (veure Annex A Referències de caràcters).

Com que XML és un metallenguatge, és possible crear codis o etiquetes segons les necessitats concretes de cada usuari. Ja no es tracta de definir el format del text o la posició de les dades, sinó que cada part de la informació pot ser identificada amb un sistema propi d'etiquetes.

També és interessant destacar que es poden definir seccions de dades de caràcters. Aquestes seccions no seran analitzades pel processador del document i poden, per tant, incloure caràcters reservats, codi d'altres llenguatges, o qualsevol cosa. Aquestes seccions es defineixen utilitzant la marca inicial <![CDATA] i la final []>. Dins d'aquesta marca pot incloure's qualsevol combinació de caràcters, llevat de []]. La Figura 3 es mostra un exemple:

Figura 3

Per últim, indicar que si es volen incloure comentaris dins del document que no han de ser processats, es pot fer entre les marques inicial <!--] i final --->, com mostra l'exemple de la Figura 4:

```
<![-- a partir d'aquesta marca, tot el que hi hagi serà un comenti, fins a arribar a aquesta altra marca -->
Figura 4
```

3.1.2 URIs

URI (*Uniform Resource Identifier*, identificador unificat de recursos) permet la codificació, intercanvi i processament automàtic de metadades normalitzades. [6] És un identificador unificat de recursos: un text curt que identifica unívocament qualsevol recurs.

Normalment consta de dues parts, que són l'identificador del mètode d'accés al recurs (protocol, com per exemple *http:*) i el nom del recurs (com per exemple www.uoc.edu).

No s'ha de confondre un URI amb un URL (*Uniform Resource Locator*, localitzador uniforme de recursos), que és un text amb el que s'assigna una adreça única a cadascun dels recursos disponibles a Internet. És un cas particular d'URI que expressa una adreça, mapejat a un algoritme de recuperació d'objectes que fa servir protocols de comunicació a través d'Internet.

3.1.3 Namespaces

El concepte de *namespace* és una part fonamental d'XML. Els *namespaces* (espais de noms) [7] són una recomanació del W3C per resoldre el problema de possibles coincidències de noms d'elements.

Com que tothom pot crear els seus propis vocabularis en XML, es pot produir ambigüitat de noms si dos documents tenen noms iguals per referir-se a conceptes diferents. Els espais de noms van Pàgina 5

ser introduïts a XML per resoldre conflictes de noms entre elements d'un document XML quan els elements es deriven de fonts diferents. Per exemple, l'etiqueta <nom> pot produir col·lisions si en un document fa referència al nom d'un carrer i en un altre fa referència al nom d'una persona. Si fem servir espais de noms, es podrien diferenciar de la manera indicada a la Figura 5:

Un namespace XML és una col·lecció de noms, identificats per una referència URI, que són fets servir en documents XML com noms d'elements o d'atributs. Això permet que els noms no siguin utilitzats de forma ambigua, facilitant el fet de compartir semàntiques.

Per tant, els espais de noms proporcionen un mètode simple per qualificar noms d'elements i atributs fets servir en XML associant-los amb espais de noms identificats per referències URI.

Per declarar un *namespace* en un document XML es fa servir l'atribut *xmlns*, amb un valor URI que identificarà unívocament el nom del *namespace* utilitzat. Opcionalment, l'atribut *xmlns* pot anar seguit de dos punts i el prefix, prefix">[prefix que se li vol donar al *namespace* declarat. El prefix serveix per donar-li un nom d'àmbit local al *namespace* utilitzat, i referenciar-lo, així, a cada element que es vulgui aplicar.

A la Figura 6 es mostra una declaració de *namespace* que fa servir el prefix xsd, i que més endavant es fa servir a la Figura 7:

Figura 6

Un *namespace* és aplicable a l'element XML en el que s'especifica, i a tots els elements que conté, mentre no aparegui una nova declaració de *namespace*.

3.2 Mecanismes d'intercanvi d'informació

XML és un format flexible per a documents digitals. Un possible ús és l'intercanvi electrònic de dades.

Encara que la intenció inicial en desenvolupar l'XML fou la de succeir HTML, separant l'estructura del contingut i permetent el desenvolupament de vocabularis modulars, compatibles amb una certa unitat i simplicitat del llenguatge, mitjançant la simplificació d'SGML, té unes altres aplicacions entre les que destaca el seu ús com a estàndard per a l'intercanvi de dades entre aplicacions [8].

De la mateixa manera que HTML, XML es basa en documents de text pla, i per tant, independents de la plataforma, en què s'utilitzen etiquetes per delimitar els elements del document. La diferència és que XML defineix aquestes etiquetes en funció del tipus de dades que està descrivint, i no de l'aparença final que tindrà en pantalla, a més de permetre definir les etiquetes al propi usuari. Amb això, XML serveix per emmagatzemar i intercanviar informació.

Així doncs, els documents XML:

- Són documents de text pla i, per tant, independents de la plataforma.

- Contenen informació estructurada.
- Permeten utilitzar un conjunt d'etiquetes de marcatge propi, de tal manera que reflecteixen la semàntica específica del domini tractat per les dades.

XML és, doncs, una simplificació d'SGML que defineix un format de text dissenyat per la transmissió de dades estructurades, mantenint les característiques de validació, estructuració i, especialment, facilitant l'extensibilitat, ja que és un metallenguatge que permet descriure llenguatges de marques, tant per la definició d'etiquetes com per la relació estructural que existeixen entre elles.

3.3 Estructura d'un document XML

El fet que un document estigui ben format no vol dir que el contingut sigui raonable. El document pot seguir totes les regles de bona formació, però que el seu contingut no sigui estructurat, des del punt de vista de les bases de dades, sinó tan sols una sèrie d'etiquetes amb contingut, que aporten informació desordenadament.

Això també es pot controlar, definint la seva estructura. En aquest apartat es descriuen les principals metodologies per definir l'estructura d'un document XML, que són l'ús de DTDs (veure 3.3.1 DTDs) o d'XML-Schema (veure 3.3.2 XML-Schema).

Els documents que s'ajusten a la definició d'estructura s'anomenen documents vàlids.

Inicialment es van definir les estructures dels documents XML mitjançant les DTDs. Actualment, però, estan en desús, pels inconvenients que, com veurem a continuació, presenten, i es recomana la definició de les estructures mitjançant XML-Schema.

3.3.1 DTDs

Un document DTD (**Document Type Definition**, definició de tipus de document) [1] és una declaració en un document XML que especifica les restriccions en la seva estructura, és a dir, descriu amb exactitud la composició que ha de mantenir l'estructura de dades de qualsevol document XML. Indica quins codis conté el document XML que la conté, en quin ordre han d'aparèixer, com estan aniuats els uns dins dels altres, si poden estar buits o no, etc. [5].

La DTD pot estar inserida en el mateix document XML, o bé pot declarar-se en un document a part, i fer referència a ella des del document XML (com a la Figura 7).

No és obligatori que existeixi una DTD per cada document XML, però si existeix, ha de descriure tot el que pot contenir el document XML, i tot el que no està descrit a la DTD està prohibit al document XML que la conté o que la té associada. Així, amb una DTD l'estructura d'un document XML està predefinida.

A les DTDs podem definir:

- Els elements que poden aparèixer en un document.
- Els atributs que es poden utilitzar per a cada element.
- Com es poden aniuar els diferents elements.
- L'ordre que han de seguir els elements fills dins d'un mateix element pare.
- El número d'aparicions permeses per a cada element.
- Si un element pot ser, ha de ser, o no pot ser buit.
- El tipus de dades que pot contenir un element.

- Valors per defecte, o predefinits, per a elements o atributs.

A favor de les DTDs es pot dir que segueixen un estàndard força madur, el que implica que existeixen moltes aplicacions, tant d'edició, com de processament, etc. En canvi, tenen una sèrie de limitacions:

- Tenen la seva pròpia sintaxi, i no és XML.
- No suporten namespaces.
- Ofereixen tipus de dades limitats:
 - o EMPTY → indica que l'element no té contingut.
 - o PCDATA → indica que l'element pot contenir text de caràcters.
 - CDATA → text.
 - ANY → indica que l'element pot contenir qualsevol tipus de contingut.
- Capacitats limitades per a definicions complexes de relacions entre tipus de dades i elements.
- Capacitats limitades per especificar restriccions en tipus de dades. Per exemple, no és possible especificar l'ocurrència exacte d'un element. Com a molt podem dir:
 - ? → indica 0 o 1 vegada.

 - \circ + \rightarrow indica 1 o n vegades.

Per tant, una DTD no diu res sobre la longitud, estructura, significat, valors permesos, o del contingut de text d'un element.

3.3.2 XML-Schema

Un document XML-Schema és un document de definició estructural, semblant a una DTD, que a més compleix amb l'estàndard XML [8]. Els documents XML-Schema són un substitut de les DTDs. En el seu desenvolupament s'ha tingut en compte:

- Els punts febles de les DTDs.
- La cerca de majors i millors capacitats a l'hora de definir estructures per als documents XML, com la declaració dels tipus de dades.

Així, en un esquema es defineixen relacions d'estructura i tipus de dades.

Els avantatges de fer servir un document XML-Schema en lloc d'una DTD són:

- Com ja hem dit, les definicions realitzades en un XML-Schema són per sí mateixes documents XML: no cal un segon llenguatge.
- Proveeix un conjunt de tipus de dades molt més ric que les DTDs.
- Permet definir aniuaments en l'estructura d'una manera molt més rica que les DTDs.
- Fa servir el mecanisme d'espais de noms d'XML.

Per aquestes raons, XML-Schema és una bona alternativa a les DTDs. Tot i que hi ha molts documents XML enllaçats a una DTD, aquestes estan en desús, deixant pas als XML-Schema, per la millora que suposen.

A continuació es detalla la sintaxi d'XML-Schema.

3.3.2.1 Els documents XML-Schema

Els documents XML-Schema, com hem dit, han de ser documents XML ben formats, i, com a tal, han de començar per la declaració XML. A continuació, com tot document XML, cal que hi hagi un element arrel. Pels documents XML-Schema aquest element és schema».

A la Figura 7 presentem un exemple que fa servir un espai de noms fictici definit a http://laMevaWeb/espaiDeNoms (veure 3.1.3 Namespaces):

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<xsd:schema xmlns:xsd="http://www.w3.org/1999/XMLSchema"
   targetNamespace="http://laMevaWeb/espaiDeNoms"
   xmlns="hppt://laMevaWeb/espaiDeNoms"
   elementFormDefault="qualified">
   <xsd:element name="plans_estudi" type="TipusPlansEstudi"/>
   <xsd:complexType name="TipusPlansEstudi">
       <xsd:sequence>
          <xsd:element name="universitat" type="TipusUniversitat" maxOccurs="unbounded"/>
       </xsd:sequence>
   </xsd:complexType>
   <xsd:complexType name="TipusUniversitat">
       <xsd:sequence>
          <xsd:element name="descripcio" type="TipusDesc" maxOccurs="1"/>
          <xsd:element name="area" type="TipusArea" maxOccurs="unbounded"/>
       </xsd:sequence>
       <xsd:attribute name="nomUniversitat" type="xsd:string" use="required"/>
   </xsd:complexType>
   <xsd:complexType name="TipusDesc">
       <xsd:attribute name="nomComplert" type="xsd:string" use="required"/>
   </xsd:complexTvpe>
   <xsd:complexType name="TipusArea">
       <xsd:all>
          <xsd:element name="estudis" type="TipusEstudis" maxOccurs="unbounded"/>
          <xsd:element name="responsable" type="xsd:string" maxOccurs="unbounded"/>
       </xsd:all>
       <xsd:attribute name="nomArea" type="xsd:string" use="required"/>
   </xsd:complexType>
   <xsd:complexType name="TipusEstudis" base="xsd:string">
       <xsd:attribute name="cicle" type="xsd:integer" use="required"/>
   </xsd:complexType>
</xsd:schema>
```

Figura 7

I la Figura 8 mostra un exemple d'un document XML que fa servir l'esquema de la Figura 7, tal com indica l'atribut xsi:noNamespaceSchemaLocation="C:\UOC ETIG\TFC\exercici\plans estudis.xsd", que indica la ubicació de l'XML-Schema de la Figura 7:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>
<?xml-stylesheet href=" plans_estudi.css" type="text/css"?>
<plans estudi xmlns:xsi="http://www.w3.org/1999/XMLSchema-instance"</pre>
xsi:noNamespaceSchemaLocation="C:\UOC ETIG\TFC\exercici\plans_estudis.xsd">
    <universitat nomUniversitat="UOC">
       <descripcio nomComplert="Universitat Oberta de Catalunya"/>
       <area nomArea="Informàtica i Multimèdia">
           <estudis cicle="2">Enginyeria en Informàtica (pla vell)</estudis>
           <responsable>Nom del responsable</responsable>
           <responsable>Nom d'un altre responsable</responsable>
           <estudis cicle="2">Enginyeria en Informàtica (pla nou)</estudis>
           <estudis cicle="1">Enginyeria Tècnica en Informàtica de Gestió (pla vell)</estudis>
           <estudis cicle="1">Enginyeria Tècnica en Informàtica de Gestió (pla nou)</estudis>
       </area>
       <area nomArea="Turisme">
           <estudis cicle="1">Diplomatura en Turisme</estudis>
       </area>
   </universitat>
</plans estudi>
```

Figura 8

Alguns dels atributs de l'element schema són els espais de noms involucrats [9]:

- *xmlns:*refix>: indica l'espai de noms dels elements del propi esquema, especificant un prefix vàlid pels elements descrits. A la Figura 7 podem veure que s'ha utilitzat el prefix xsd.
- targetNamespace: indica l'espai de noms dels elements i atributs definits a l'esquema. A la Figura 7 presentem un exemple que fa servir un espai de noms fictici definit a http://laMevaWeb/espaiDeNoms.
- *xmlns*: indica l'espai de noms dels elements referenciats. A la Figura 7 presentem un exemple que fa servir un espai de noms fictici definit a http://laMevaWeb/espaiDeNoms.
- *elementFormDefault*: serveix per exigir que, al aplicar l'esquema a un document XML, els elements s'associïn amb el *targetNamespace* de l'esquema. Els valors possibles són *qualified* o *unqualified*, per activar l'opció o no, respectivament.

Dins d'un esquema podem definir:

- tipus d'estructures:
 - o sequence: defineix un element que està format per una seqüència d'elements, en un ordre concret. La Figura 7 defineix, per exemple, que l'element universitat conté un element descripcio i elements area, que a més han d'aparèixer en aguest ordre.
 - Els elements buits es defineixen com un complexType sense elements. Podem veure a l'exemple de la Figura 7 que l'element descripcio és buit, tot i que conté un atribut.
 - o choice: per alternatives.
 - o all: per conjunts d'elements en els què no importa l'ordre. A la Figura 7, l'element areal conté elements responsables i estudis, però és indiferent l'ordre en què apareixen.
- Tipus de dades: tant pels elements com pels atributs.
 - o *string*: cadena de caràcters.
 - boolean: els valors possibles són true o false, per indicar un valor vertader o fals, respectivament.
 - o integer: nombre enter.
 - o *positiveInteger*: nombre natural.
 - o decimal: nombre decimal.
 - o time: valor d'hora amb el format hh:mm:ss.
 - o date: valor de data amb el format YYYY-MM-DD.
 - o anyURI: adreça que indica una referència URI, amb el format http://www.web.com.
 - o ID i NMTOKEN (per fer compatibles les DTDs).
 - o És possible crear nous tipus de dades a partir dels ja existents imposant restriccions de domini.
 - o Enumeration: per definir una llista de valors (minInclusive/maxInclusive).

3.3.3 Comparativa entre DTD i XML-Schema

Com hem dit abans, les DTDs presenten els següents inconvenients (veure 3.3.1 DTDs):

- Tenen la seva pròpia sintaxi, i no és XML.
- No suporten namespaces.
- Ofereixen tipus de dades limitats

Amb el que s'ha explicat sobre XML-Schema, queda clar que aquest resolt els problemes de les DTDs, ja que:

- És XML.
- Suporten namespaces.
- Ofereixen un ampli nombre de tipus de dades.

Tot i això, XML-Schema aporta una estructura de dades que no té perquè aportar un sentit semàntic a aquestes. No es poden relacionar els element per aportar un significat al seu contingut. Ara caldria poder definir què significa cada element del document vers els altres. Això facilitaria l'automatització de processos entre màquines, sense una gestió manual de les dades. Es necessita descriure les dades dels documents XML.

En el següent apartat s'aporta una solució, amb l'ús d'RDF.

4 RDF i RDF-Schema

RDF és un model de dades llegibles i entenedores per màquines, que aporta significat al contingut del document XML. En aquest apartat s'explica el model de descripció que representa RDF (veure 4.1 RDF) i RDF-Schema (veure 4.2 RDF-Schema), l'esquema que serveix per restringir les propietats i valors vàlids del model dissenyat amb RDF.

També es plantegen les raons per les que és preferible l'ús d'aquestes tècniques per aportar un major sentit semàntic al contingut i l'estructuració de la informació.

4.1 RDF

RDF (*Resource Description Framework*, marc de descripció de recursos) [10] és l'especificació d'un model de metadades, implementat com una aplicació XML, desenvolupat pel W3C. Per metadades entenem les dades que tracten sobre altres dades.

RDF és la proposta del W3C per definir metadades, i la base del processament de metadades, proporcionant interoperatibitat semàntica entre aplicacions que intercanvien informació entenedora per màquines. És a dir, RDF és simplement un model de dades que permet crear metadades llegibles i entenedores per màquines, un model de dades per a recursos i relacions que es puguin establir entre ells, aportant semàntica al contingut del document XML.

Per recurs hem d'entendre tot el que es vulgui definir. És una entitat que pot ser referenciada per un URI. Un objecte d'informació o recurs es descriu mitjançant un conjunt de propietats. Per exemple, com es mostra a la Figura 9, una matèria universitària és un recurs que es descriu per les propietats nom i número de crèdits.

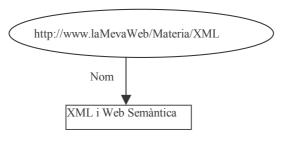


Figura 9

Seguint amb l'exemple, es pot establir una relació entre recursos. A la Figura 10 es mostra gràficament una relació entre recursos. Concretament, es representa que aquesta matèria forma part del pla d'estudis d'ETIG, que és un altre recurs:

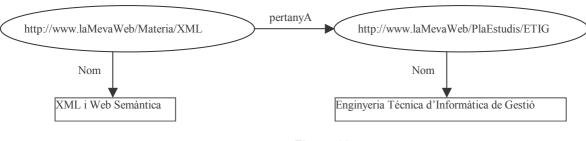


Figura 10

I fins i tot, com es mostra a Figura 11, indicar propietats o noves relacions d'aquesta relació, com per exemple les altres matèries que té com a pre-requisits:

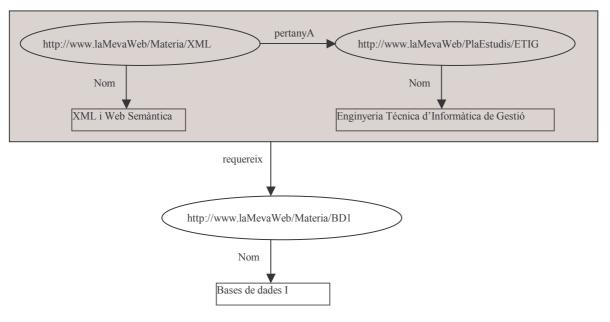


Figura 11

Així, RDF proporciona una infrastructura que possibilita que un grup de sistemes entenguin un sistema de metadades concret. És a dir, RDF proporciona regles per facilitar tècnicament la manera d'explicar els conceptes. Amb aquest model de dades, els ordinadors poden processar els conceptes i es poden crear vocabularis per la descripció de recursos.

Per tant, RDF és un model formal per a la representació de les propietats i els valors d'aquestes propietats. A més, RDF ofereix una estructura semàntica <u>no ambigua</u>, per l'ús dels URI [3].

4.1.1 Expressions RDF

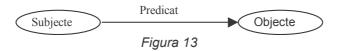
El model de dades RDF es basa en la idea de convertir les declaracions dels recursos en expressions amb la forma subjecte-predicat-objecte (el que es coneix com a triplets) [8]:

- El subjecte és el recurs, és a dir, allò que s'està descrivint. En l'exemple que s'ha vist a la Figura 10, el subjecte és la matèria "XML".
- El predicat és la propietat o relació que es desitja establir a aquest recurs. A la Figura 10, la propietat de "pertànyer a" és el predicat.
- L'objecte és el valor de la propietat o l'altre recurs amb el qual s'estableix la relació. En el cas representat a la Figura 10, l'objecte és el pla d'estudis "ETIG".

El model RDF pot ser representat com un graf dirigit etiquetat. Els nodes (representats per el·lipses) representen els recursos, i els arcs representen propietats amb nom (l'etiqueta de l'arc és el nom de la propietat). Els nodes literals, com s'ha vist a la Figura 10, es dibuixen amb rectangles [11]. Això es pot veure esquematitzat a la Figura 12 i la Figura 13:



O el que és el mateix:



A la Figura 14 es descriuen les assignatures que hi ha als diferents plans d'estudi que s'imparteixen a la UOC (concretament, un segment), seguint la forma subjecte-predicat-objecte. Com es pot veure, hi ha diferents relacions:

- pertanyA: significa que una assignatura pertany a un pla d'estudis; si A pertanyA B, l'assignatura A pertany al pla d'estudis B. Per tant, segons la Figura 14, Àlgebra, TFC, BD1, EP i POO són assignatures del pla d'estudis d'ETIG, i Àlgebra, al seu torn, també és una assignatura del pla d'estudis d'ETIS.
- requereix: vol dir que per poder cursar una assignatura és necessari haver cursat abans una altra; si A requereix B, per poder cursar l'assignatura A cal haver cursat l'assignatura B. Com es pot veure a l'exemple de la Figura 14, per poder cursar XML cal haver cursat BD1 i EP.
- recomana: significa que per poder cursar una assignatura és recomanable haver cursat abans una altra, tot i que no és obligatori fer-ho; si *A recomana B*, per cursar *A* es recomana haver cursat *B*. Per tant, la Figura 14 indica que per cursar EP es recomana haver cursat POO.
- esUn: vol dir que una assignatura és, en realitat, una àrea de treball d'una altra, és a dir, dins la mateixa assignatura podem fer una àrea o una altra; si A esUn B, A és un àrea de treball de B. Seguint l'exemple de la Figura 14, veiem que XML és un TFC.
- *volDir*: descriu el nom del recurs. Com que és un literal, es representa amb un rectangle. A l'exemple de la Figura 14 es diu que POO vol dir Programació Orientada a Objectes.

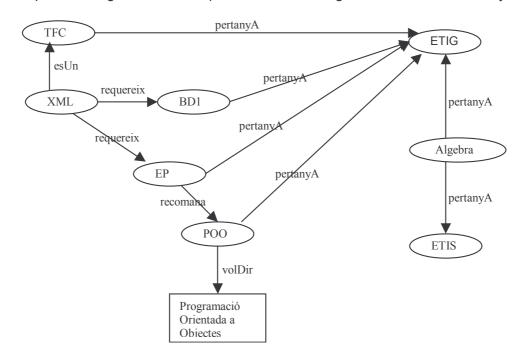


Figura 14

4.1.2 Sintaxi RDF

El model de dades RDF proporciona un model abstracte i conceptual per definir i utilitzar metadades. Necessita també una sintaxi concreta per crear i intercanviar dades. En aquest treball s'utilitza RDF/XML, però existeixen altres sintaxis com ara el graf RDF, la notació 3 o els n-triplets. RDF necessita també utilitzar *Namespaces* per associar amb precisió cada propietat amb l'esquema que defineix aquesta propietat.

Així doncs, el model de dades d'RDF preveu tres tipus d'objectes:

- Recursos: entitats que poden ser referenciades per un URI.
- Propietats: relació binària entre recursos i/o valors atòmics dels tipus de dades d'XML. Els tipus de valors (recursos) aptes per una propietat són:
 - o Un URI.
 - o Un literal pla: text sense etiquetes XML.
 - Un literal XML.
 - o Un literal tipificat: un tipus de dades d'XML-Schema.
- Sentències: especifica un valor a una propietat per a un recurs determinat [12].

RDF permet que les condicions que es vulguin conèixer sobre un recurs siguin definides com un conjunt de propietats que composen l'esquema de dades. El model de dades RDF ofereix el recurs predefinit *rdf:statement* i les propietats predefinides *rdf:subject*, *rdf:predicate* i *rdf:object* per construir una sentència [13]. A la Figura 15 es mostra un exemple de descripció de sentències. D'una banda es descriuen les parts de la sentència (subjecte-predicat-objecte), i s'assenyala amb la propietat *rdf:*type que aquests recursos formen una sentència:

Figura 15

A partir d'aquí, és possible afegir nous atributs a les sentències mitjançant la reficació (sentències sobre sentències, com meta-metadades), que consisteix, com s'ha fet a la Figura 11, a utilitzar una sentència com si fos un recurs, ja que les propietats i les sentències també són recursos (és a dir, definir sentències sobre sentències). L'objecte és el contenidor de la sentència original (sentència reificada, referenciada amb la propietat *about*) i pot fer-se servir per formar noves sentències referents a la sentència original. L'element *rdf:Description* menciona a l'atribut *about* el recurs a què s'apliquen les sentències.

Com que fem servir propietats del document RDF com a etiquetes, el seu nom es separa en <u>namespace:nom_etiqueta</u>. Així doncs, totes les propietats tindran un prefix. Tots els elements <u>predefinits per RDF porten el prefix rdf, ja que els documents RDF defineixen el namespace xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#".</u>

RDF proporciona els següents elements per definir valors múltiples (com estructures de dades):

o rdf:Bag: representa una llista de recursos o literals sense ordre.

- o *rdf*:Seq: representa una llista ordenada de recursos o literals. Es permeten valors duplicats.
- o *rdf.Alt*: representa una llista de recursos o literals per a un únic valor o propietat. De la llista de recursos o literals s'ha d'escollir un únic valor.
- o rdf:List: representa una col·lecció d'element fixos.

En totes aquestes estructures, els elements s'indiquen amb la marca li>. Aquestes estructures poden fer-se servir a tot arreu on es permeti una descripció. Un exemple d'ús d'aquestes estructures es mostra a la Figura 16, on es vol representar els coautors d'una obra:

Figura 16

El prefix de utilitzat a la Figura 16 correspon al vocabulari Dublin Core, del que parlarem més detingudament a l'apartat 4.2.1 DCMI: Dublin Core Metadata Initiative.

També cal considerar la propietat *rdf:type*, que indica que un recurs pertany a una classe (el recurs és una instància de la classe), com hem vist a la Figura 15.

Per tant, un document RDF fet amb sintaxi RDF/XML és un document XML amb més restriccions estructurals per tal d'assegurar la consistència de les dades. Tot i que XML-Schema també permet una definició de classes, amb RDF es pot definir una jerarquia de classes que també es pot examinar i manipular en temps d'execució. La raó per fer servir RDF en lloc d'XML és que RDF aporta un model estàndard per a la representació de metadades en XML. Utilitzant directament XML, podrien fer-se representacions diferents.

A més, a diferència del model de dades Entitat-Relació, amb RDF les relacions són objectes, i ofereix una gran capacitat d'extensió, ja que l'estructura definida amb RDF-Schema (veure 4.2 RDF-Schema), com es veurà a continuació, és oberta i es poden afegir relacions posteriorment.

Per tant, RDF és un model de dades per als recursos i les relacions que es puguin establir entre ells. Aporta una semàntica bàsica pel model de dades que pot representar-se mitjançant XML.

RDF permet afegir més significat a les pàgines, i és una de les tecnologies essencials de la *web* semàntica, és a dir, la *web* que aporta un cert sentit semàntic al seu contingut.

4.2 RDF-Schema

RDF és un model de dades, però no proporciona mecanismes per declarar les propietats dels recursos, ni proporciona cap mecanisme per definir les relacions entre aquestes propietats i altres recursos. RDF-Schema va ser definit sobre el llenguatge RDF per oferir un vocabulari particular per modelar classes i jerarquies de propietats i altres primitives bàsiques que puguin ser referenciades des de models RDF. RDF-Schema és un vocabulari per descriure les propietats i les classes dels recursos RDF, amb una semàntica per establir jerarquies de generalització entre aquestes propietats i classes. És a dir, serveix per restringir les propietats i valors vàlids en una

descripció. Un esquema no tan sols defineix les propietats d'un recurs, sinó que també pot definir els tipus de recursos que es descriuran.

Un esquema XML es dissenya per analitzar i validar l'estructura d'etiquetes d'arxius de metadades (és com un esquema de document). En canvi, per representar les relacions de termes particulars amb altres termes de l'esquema o amb termes definits en altres esquemes de la *web*, és preferible un esquema RDF (és com un esquema semàntic). XML-Schema, com les DTDs, prescriu l'ordre i combinació de les etiquetes en un document XML. En canvi, RDF-Schema proporciona informació sobre la interpretació de les sentències contingudes en un model de dades RDF, però sense restringir l'aparença sintàctica d'una descripció RDF.

Amb RDF-Schema es poden definir jerarquies de classes de recursos, especificant les propietats i relacions que s'admeten entre elles. En RDF, les classes, relacions i les pròpies sentències són també recursos, i per tant es poden examinar i recórrer com part del graf, o fins i tot incloure sentències sobre elles. Així, RDF-Schema és el mecanisme necessari per definir els elements del model de dades definit per RDF, per definir les classes de recursos amb què es pot utilitzar el model, per limitar les combinacions de classes i relacions possibles, i per detectar quan no s'estan respectant aquestes restriccions.

A continuació es descriuen les primitives d'RDF-Schema, identificades pel prefix *rdfs* [14] (s'inclouen les primitives d'RDF, identificades pel prefix *rdf*, per tal d'identificar-les dins la jerarquia de classes). Es pot seguir un exemple d'aquestes primitives a la Figura 17:

- classes (recursos de tipus Class):
 - o *rdfs:resource*: correspon al conjunt de recursos. És la classe més rellevant d'RDF-Schema. Té dues subclasses que es diuen *rdfs:Class* i *rdfs:Property*. Quan s'especifica un esquema per un domini en RDF-Schema, les classes i propietats definides en aquest esquema es tornen instàncies d'aquests dos recursos.
 - o *rdfs:property*: correspon al conjunt de propietats. Una propietat definida en un RDF-Schema específic d'una aplicació, és una instància d'*rdfs:Property*.
 - o *rdfs:class*: tipus a assignar a les definicions de classes. Denota el conjunt de totes les classes en el sentit d'orientació a objectes.
 - o *rdfs:literal*: cadena de caràcters, elements XML (no RDF), que corresponen al conjunt *Literals*.
- propietats (instàncies de *Property*):
 - o *rdf:type*: indica que un recurs pertany a una classe (el recurs és una instància de la classe). L'objecte ha de ser un recurs de tipus *Class* (o subtipus de *Class*). Es permet que un recurs tingui més d'un tipus.
 - o rdfs:subClassOf: estableix una relació de subconjunt entre classes (una instància d'una classe ho és també de totes les superclasses d'aquesta). Propietat especial que defineix la relació subclasse entre classes. És una propietat transitiva (les definicions són heretades per les classes més específiques des de les més generals, i recursos que són instàncies d'una classe ho són automàticament de totes les superclasses de la classe), i no permet referències circulars (està prohibit que qualsevol classe sigui rdfs:subClassOf de sí mateixa o de una de les seves subclasses), però no es permet herència múltiple. Tant el subjecte com l'objecte han de ser recursos de tipus Class (o subtipus de Class).
 - o rdfs:seeA/so: subjecte i predicats són recursos.
 - o *rdfs:isDefinedBy*: és una subpropietat de *seeAlso*, on subjecte i objecte són recursos.
 - o rdfs:comment: comentari.
 - o *rdfs:label*: etiqueta.
 - o *rdfs:subPropertyOf*: subjecte i predicat són propietats. Defineix una jerarquia de propietats.

- altres classes:
 - o rdf:Statement: classe de les sentències del model d'RDF.
 - o rdf:subject: propietat del subjecte del model d'RDF.
 - o rdf:predicate: propietat del predicat del model d'RDF.
 - o rdf:object: propietat objecte del model d'RDF.
 - o *rdfs:Container*: és una subclasse de *rdfs:Resource*, i una superclasse de *rdf:bag*, *rdf:Seq* i *rdf:Alt*.
 - rdf:Bag: instància d'rdfs:Class i subclasse d'rdfs:Container, que representa una llista de recursos o literals sense ordre.
 - o *rdf:Seq:* instància d'*rdfs:Class* i subclasse d'*rdfs:Container*, que representa una llista ordenada de recursos o literals. Es permeten valors duplicats.
 - o *rdf.Alt*: instància d'*rdfs:Class* i subclasse d'*rdfs:Container* que representa una llista de recursos o literals per a un únic valor o propietat. De la llista de recursos o literals s'ha d'escollir un únic valor.
 - o *rdfs:ContainerMembershipProperty*: és una subclasse de *rdfs:Property*, i classe de les propietats _1, _2, _3, etc., utilitzades per indicar l'agrupació d'un contenidor.
 - o *rdf:value*: identifica el principal valor d'una propietat quant el valor de la propietat és un recurs estructurat. Normalment és una cadena de caràcters.

Un exemple senzill de l'ús d'aquestes primitives, restriccions i propietats s'il·lustra a la Figura 17:

```
<rdf:Description ID="VehicleDeMotor">
         <rdf:type resource="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Class" />
         <rdfs:subClassOf rdf:resource = "http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Resource/>
</rdf:Description>
<rdf:Description ID = "VehicleDePassatgers">
         <rdf:type resource = "http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Class" />
         <rdfs:subClassOf rdf:resource = "#VehicleDeMotor" />
</rdf:Description>
<rdf:Description ID = "Furgoneta" >
         <rdf:type resource = "http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Class" />
         <rdfs:subClassOf rdf:resource = "#VehicleDeMotor" />
</rdf:Description>
<rdf:Description ID = "FurgonetaPetita" >
         <rdf:type resource = "http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Class" />
         <rdfs:subClassOf rdf:resource = "#Furgoneta" />
         <rdfs:subClassOf rdf:resource = "#VehicleDePassatgers" />
</rdf:Description>
<rdf:Description ID = "registratA" >
         <rdf:type resource = "http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns@Property" />
         <rdfs:domain rdf:resource = "#VehicleDeMotor" />
         <rdfs:range rdf:resource = "#Persona" />
</rdf:Description>
<rdf:Description ID = "SeientsDarrera" />
         <rdf:type resource = "http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns@Property" />
         <rdfs:domain rdf:resource = "#VehicleDePassatgers" />
         <rdfs:domain rdf:resource = "#FurgonetaPetita" />
         <rdfs:range rdf:resource = "http://www.w3.org/2000/03/example/classes#Number" />
</rdf:Description>
```

Figura 17

A la Figura 18 es mostren esquemàticament les relacions entre aquestes classes i propietats [13].

rdfs:Resource rdfs:Literal rdf:Statement rdfs:Class rdf:Property rdfs:ConstraintResource rdfs:ConstraintProperty

Figura 18

Les relacions jeràrquiques entre recursos fan referència al fet que les classes i les propietats són subclasses de recursos. Al mateix temps, les propietats són instàncies d'una classe. Això queda reflectit a la Figura 19.

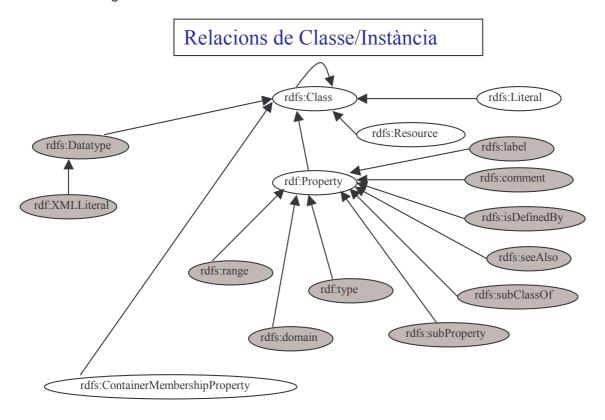


Figura 19

Les restriccions (o *constraints*) [13] s'utilitzen per associar propietats a les classes. RDF no explicita com s'han de processar. Aquestes restriccions són:

- rdfs:ConstraintResource: defineix la classe de totes les restriccions.
- rdfs:ConstraintProperty: subclasse d'rdfs:ConstraintResource, que té dues instàncies que són rdfs:range i rdfs:domain.

- rdfs:range: el subjecte és una propietat, i l'objecte una classe. Declara la classe de valor que pot tenir una propietat. Una propietat pot tenir, com a màxim, un rang definit; i si no té cap és que no té restriccions.
- *rdfs:domain*: el subjecte és una propietat i l'objecte una classe. Indica la classe a què pertany la propietat. Una propietat pot tenir cap (sense restriccions) o diversos dominis.

A la Figura 20 es mostren aquestes restriccions, destacant en **negreta** els nodes que són objectes específics (instàncies) d'*rdfs:Class* [13]:

Constraints predefinides per a les propietats primitives de RDFS

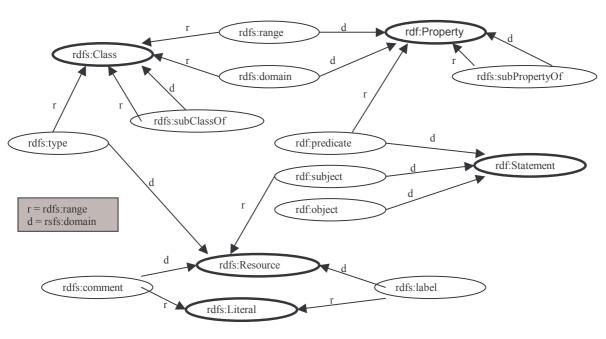


Figura 20

A les recomanacions sobre RDF es troben a faltar algunes de les restriccions que facilita XML-Schema, especialment pel que fa als tipus de dades. Amb RDF potser falta una major precisió sobre les codificacions, tipus de dades bàsiques, etc. Així i tot, amb el que s'ha vist fins ara, per desenvolupar un treball entorn a les metadades, doncs, podem fer servir RDF com model conceptual i XML per a la sintaxi [11].

Com es descriu a l'especificació d'RDF [10], els recursos poden ser objectes específics d'una categoria (instàncies) d'una o més classes; això s'indica amb la propietat *rdf:type*. Les classes s'organitzen moltes vegades d'una forma jeràrquica. Aquesta especificació descriu la propietat *rdfs:subClassOf*, per indicar aquest tipus de relacions.

Per fer sentències sobre restriccions en l'ús de les propietats i classes de dades RDF s'utilitzen les propietats *rdfs:domain* i *rdfs:range*. L'especificació no defineix cap tipus de dades específic, però es poden utilitzar tipus de dades com a valors de la propietat *rdfs:range*.

4.2.1 DCMI: Dublin Core Metadata Initiative

Podem crear nous vocabularis a partir dels esquemes que ofereix RDF-Schema. A Internet es poden trobar, per exemple, definicions de recursos com el Dublin Core (DC).

La Dublin Core Metadata Iniciative (DCMI) és la iniciativa internacional de metadades més sòlida i important per a l'organització i recuperació d'informació a Internet d'una forma normalitzada, eficaç i de propòsit general. A més, el conjunt d'elements Dublin Core, són l'estàndard internacional ISO15836-2003, tot i que cada àmbit informatiu està desenvolupant els seus propis esquemes de metainformació per millorar la recuperació a la xarxa.

La DCMI és una semàntica comú per a la creació de metadades ja que, mitjançant els seus quinze elements, es poden crear metadades d'una forma senzilla i robusta per a la majoria de recursos. En el cas que un recurs necessiti un nivell de detall major, és possible combinar les metadades per crear estructures de metadades més complexes. El conjunt bàsic d'elements que formen el Dublin Core pretén ser prou precís per a les necessitats de descripció de recursos, així com per obtenir de forma efectiva uns resultats de cerca, amb l'avantatge de poder recombinar-se, de forma que puqui adaptar-se a múltiples recursos.

Els elements del Dublin Core defineixen una sèrie d'atributs o característiques dels recursos. Són elements opcionals i, si cal, es poden repetir. Els quinze elements bàsics són [15]:

- title: nom de l'objecte.
- *creator*: persona o persones que responen principalment a la propietat intel·lectual del document.
- subject: tema de què tracta l'objecte descrit.
- description: descripció textual dels continguts del recurs.
- publisher: l'agent o agència responsable de la publicació del recurs.
- contributors: la persona o persones, com editors i transcriptors, que han fet alguna contribució intel·lectual significativa al recurs.
- date: data de la publicació.
- type: gènere de l'objecte, com una novel·la, un poema, un full de càlcul, etc.
- format: format de dades de l'objecte, com HTML, Postscript, etc.
- identifier: codi utilitzat per identificar univocament l'objecte.
- source: fonts, impreses o electròniques, de les s'ha extret l'objecte.
- language: llenguatge del contingut intel·lectual.
- relation: relacions entre aquest i altres objectes.
- coverage: localitzacions espacials i la duració temporal característica de l'objecte.
- rights: condicions legals i drets d'autor.

4.2.2 El document RDF

El document RDF està format per:

- La declaració dels esquemes RDF a utilitzar (Namespaces indicant un prefix).
- Les descripcions formades per l'URI del subjecte (recurs):
 - o El llistat de parell de predicat-objecte que descriuen cadascun dels subjectes.

La realització d'un document RDF no és senzilla. A continuació es mostra una proposta pel tipus de dades descrits a la Figura 14, les assignatures de tots els plans d'estudi que s'imparteixen a la UOC, indicant les relacions de requeriments i recomanacions que existeixen entre elles. Per fer-lo, s'ha fet servir programari lliure. Concretament, s'ha fet servir el programa OntoEdit Free 2.6.6 d'ontoprise GmbH (http://www.ontoprise.de), que és un editor d'ontologies que exporta fitxers a format RDF.

Un cop definides les relacions citades a la Figura 14, es crea una estructura com la que mostra la Figura 21:

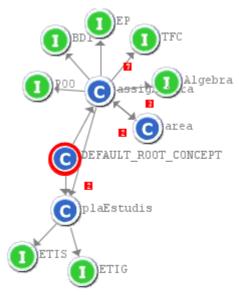


Figura 21

D'on s'obté, fent una exportació, el document RDF amb sintaxi XML detallat a l'Annex B Document RDF i la representació en triplets detallats també a l'Annex B Document RDF.

El que convé ara és definir una col·lecció d'enunciats concreta que tracti sobre tots els elements i relacions entre ells que fan referència al contingut dels documents a gestionar. En el cas particular a desenvolupar en aquest treball, cal definir tot el vocabulari referent als plans d'estudi que s'imparteixen a la UOC, i les relacions que es poden donar entre les diferents matèries de cadascun dels plans d'estudis.

Per aquest motiu, en el següent apartat es presenta una manera de definir vocabularis concrets, definint ontologies, i les eines per portar-ho a terme.

5 OWL

En aquest apartat s'explica què és una ontologia (veure 5.1 Ontologia) i un exemple com és *WordNet* (veure 5.2 *WordNet*). A continuació s'introdueix l'OWL (veure 5.3 OWL). També es detallen les aportacions que suposa OWL vers RDF-Schema (veure 5.4 Noves aportacions respecte a RDF)

5.1 Ontologia

Segons el Diccionari de l'Institut d'Estudis Catalans [16], l'ontologia és la part de la metafísica que tracta de l'ésser en general i les seves propietats essencials.

Segons el Diccionari General de la Llengua Espanyola VOX [17], l'ontologia és metafísica general. Les principals problemàtiques que es planteja l'ontologia són el concepte del ser, les seves maneres i reflexions, els seus principis, les seves propietats, les seves divisions (ser en potència i ser en acte; substància i accident) i les seves causes.

L'ontologia és l'estudi de l'ens com a tal. Per això se l'anomena la teoria de l'ésser, és a dir, l'estudi de les coses: què és, com és i com és possible. L'ontologia s'ocupa d'establir les categories fonamentals o maneres generals de ser de les coses [8].

Tot i que el concepte d'ontologia no està directament relacionat amb el món de la informàtica, queda clar, a mida que anem avaluant la seva definició, que es pot adaptar, com a tècnica de descripció dels conceptes. És una via, doncs, per donar un sentit semàntic a un document que, aparentment, està ple de conceptes sense cap relació. Una ontologia és [18]:

- Un vocabulari compartit que descriu un domini determinat.
- Un conjunt de supòsits sobre els termes d'aquest vocabulari, en un llenguatge formal manipulable automàticament.

Veurem un exemple d'aquests punts a l'explicació de *WordNet* (veure 5.2 *WordNet*), una ontologia en anglès. És un diccionari conceptual inspirat en teories psicolingüístiques de la memòria lèxica humana, on les paraules s'organitzen en conjunts de sinonímia corresponents a un concepte que els engloba. Per exemple, la paraula roure (*oak*) està relacionada amb arbre (*tree*), que al mateix temps està relacionada amb planta (*plant*), i aquesta amb organisme (*organism*).

Les ontologies són col·leccions explícites d'enunciats redactats en un llenguatge formal que defineixen les relacions entre conceptes i especifiquen regles lògiques per tractar-los. Són un conjunt de termes i relacions entre ells que descriuen un domini concret. L'objectiu de les ontologies és que les màquines entenguin el significat de les dades expressades seguint els vincles d'una ontologia específica. [3]

Les ontologies van ser desenvolupades als anys 80 en l'àrea d'Intel·ligència Artificial (IA), per tal de facilitar el compartir i reutilitzar el coneixement. Són teories formals sobre un domini i per això requereixen un llenguatge lògic formal per ser expressades. En l'àrea informàtica, s'utilitzen les ontologies per definir vocabularis que les màquines puguin entendre, i que siguin especificats amb prou precisió com per permetre diferenciar termes i referenciar-los d'una manera precisa.

5.2 WordNet

WordNet és una de les primeres ontologies desenvolupades. És un sistema de referència lèxica en anglès, desenvolupat en forma de base de dades lèxica [19]. El disseny de *WordNet* segueix les teories psicolingüístiques relatives a l'organització de la informació lèxica en la ment del parlant [20]. Això vol dir que segueix una organització del lèxic en camps semàntics.

WordNet divideix el lèxic en cinc **categories**: noms, verbs, adjectius, adverbis i elements funcionals. Les quatre primeres categories es consideren <u>categories obertes</u>, mentre que l'última, considerada una <u>categoria tancada</u>, fa referència a les proposicions, conjuncions, etc. Els elements funcionals no es representen en *WordNet*, ja que es considera que són part del coneixement sintàctic dels parlants, i no del coneixement lèxic-semàntic, que és el que es pretén representar [21].

Aquesta forma de catalogar el lèxic suposa que hi ha una quantitat considerable d'informació redundant, ja que un concepte pot pertànyer a més d'una categoria. Però aquest tipus d'organització facilita l'anàlisi de les diferències d'organització semàntica existents entre aquestes cinc categories. Així, es pot buscar l'esquema representacional més idoni per cadascuna de les categories, sense imposar el mateix esquema de representació per tractaments tant diferents com pot ser la definició lèxica d'un substantiu vers la definició lèxica d'un verb.

La base teòrica del sistema té el seu origen en la idea de la <u>matriu de vocabulari</u> (vocabulari matrix) [20]. S'utilitza el terme de <u>forma lèxica</u> (word form) per referir-se a l'expressió física que s'escriu o es pronuncia, i <u>significat lèxic</u> (word meaning) per referir-se al concepte lexicalitzat que s'expressa per mitjà d'una forma lèxica. Les columnes de la matriu contindran totes les paraules (formes lèxiques) d'un idioma, mentre que les files contindran tots els significats. A la Figura 22 es mostra un exemple d'aquesta estructura:

Significats lèxics	Formes lèxiques				
	F1	F2	F3		Fn
M1	E1.1	E1.2			
M2		E2.2			
M3			E3.3		
				Em.n	
Mn					

Figura 22

En el cas que hi hagi dues entrades en la mateixa columna, la forma lèxica és **polisèmica**; si hi ha dues entrades en la mateixa fila, les dues formes lèxiques són **sinònimes**.

La matriu dóna accés a la informació de dues maneres:

- Es pot accedir a una columna i anar baixant fins al final, obtenint tots els significats que una paraula pot tenir en diferents contexts.
- Es pot accedir per una fila i seguir-la fins al final, obtenint totes les maneres possibles d'expressar un determinat concepte.

La resposta que *WordNet* proposa per a la representació dels conceptes està basada en la matriu de vocabulari. Un *synonym set*, abreujat *synset*, és el resultat de creuar una fila de la matriu i assignar un número arbitrari al conjunt de paraules que conté. Els *synset* no expliquen el què són els conceptes, sinó que indiquen que un determinat concepte existeix. A més, un *synset* no té una paraula clau representativa del conjunt. Aquest sistema, evidentment, porta a alts nivells de redundància.

La sinonímia és, per tant, la relació lèxica principal en *WordNet*, però no és l'única. *WordNet* tracta també l'antonímia, superordinació (hiperonímia), subordinació (hiponímia), relacions entre les parts i un tot (meronímia) i relacions morfològiques.

A continuació, analitzarem el tractament que es dóna a cadascuna de les categories de conceptes.

5.2.1 Substantius

WordNet conté unes 57.000 formes nominals organitzades en uns 48.000 significats. Les definicions dels noms estan organitzades en jerarquies semàntiques, construïdes en base a termes subordinats que apareixen en les definicions dels substantius.

Els trets distintius s'introdueixen de manera que es crea un sistema d'herència lèxica en què cada paraula hereta els trets distintius del seu terme subordinat, creant-se una jerarquia que va des dels termes inferiors o subordinats dels nivells inferiors cap a un número de termes genèrics en la part superior de la jerarquia. Però no hi ha un únic terme què conté tota la resta. Els substantius s'han agrupat al voltant d'un conjunt de "primitius semàntics" o conceptes genèrics, de manera que cadascun d'ells és el terme superior d'una jerarquia separada. Aquestes jerarquies es corresponen amb camps lèxics relativament ben definits, cadascun dels quals compta amb el seu propi vocabulari. Aquests termes es mostren a la Figura 23:

```
{actuar, acció, actuació (act, action, activity)}
                                                 {objecte natural (natural object)}
{animal, fauna (animal, fauna)}
                                                 {fenomen natural (natural phenomenon)}
                                                 {persona, ésser humà (person, human being)}
{artefacte (artifact)}
{atribut, propietat (attribute, property)}
                                                 {planta, flora (plant, flora)}
                                                 {possessió (possession)}
{cos (body, corpus)}
{saber, coneixement (cognition, knowledge)}
                                                 {procés (process)}
                                                 {quantitat (quantity, amount)}
{comunicació (communication)}
{aconteixement, succés (event, happening)}
                                                 {relació (relation)}
                                                 {forma (shape)}
{sentiment, emoció (feeling, emotion)}
{menjar (food)}
                                                 {estat, condició (estate, condition)}
                                                 {substància (substance)}
{grup, col·lecció (group, collection)}
{ubicació, localització (location, place)}
                                                 {temps (time)}
{motivació (motive)}
```

Figura 23

Gran part de l'estructuració dels substantius de *WordNet* s'ha generat per mitjà de les relacions d'**hiponímia**, encara que també s'inclouen detalls sobre els trets que distingeixen un concepte de l'altre. Aquests substantius tenen unes propietats que defineixen:

- Atributs dels substantius, utilitzant adjectius.
- Parts dels substantius, utilitzant substantius.
- Funcions dels substantius, utilitzant verbs.

De moment, però, *WordNet* ha implementat tan sols les característiques distintives que indiquen relacions de **meronímia** (parts), ja que aquestes van de substantius a substantius, deixant les relacions de modificació o **atributives** i les de **funcionalitat** per a versions posteriors del projecte.

5.2.2 Adjectius

WordNet conté unes 19.000 formes adjectivals, organitzades en uns 10.000 *synsets* o significats lèxics. Els adjectius es divideixen en:

 Descriptius: adjectius que descriuen els substantius amb atributs majoritàriament bipolar, és a dir, per cada concepte i ha un concepte contrari, i per tant estan organitzats en base a oposicions binàries (antonímia) o similitud de significat (sinonímia). El fet que la majoria de les relacions entre aquests tipus d'adjectius sigui bipolar fa que existeixin problemes,

- per exemple, en el cas de dos adjectius que tinguin significats molt semblants, però amb antònims diferents, o en el cas d'adjectius sense cap antònim.
- Relacionals: adjectius que signifiquen relatiu a o associat a un substantiu. Són **variants estilístiques** de modificadors nominals, com per exemple, higiene dental (*dental hygiene*).
- Un grup tancat d'adjectius de modificació de referència, com former (antecessor) o alleged (presumpció).

Els problemes que existeixen en la definició dels adjectius, especialment els descriptius, són conseqüència de la falta de distinció clara entre conceptes i unitats lèxiques. No es pot comparar la relació d'antonímia que existeix (o pot existir) entre conceptes, amb la que pot existir entre unitats lèxiques.

5.2.3 Verbs

WordNet conté més de 21.000 verbs i uns 8.400 significats lèxics. Els verbs estan dividits en 15 arxius diferents, en base a criteris semàntics. Aquesta divisió es correspon amb dominis semàntics com, per exemple, verbs de manera de ser i funcions (bodily care and functions), canvi (change), coneixement (cognition), comunicació (communication), competició (competition), contacte (contact), creació (creation), emoció (emotion), etc. Tots aquests verbs impliquen accions o events, excepte d'un arxiu que fa referència a estats.

Les diferents relacions que organitzen els verbs a *WordNet* s'aglutinen en torn al principi d'**implicació lèxica** (*lexical entailment*). Aquest principi, originari de la lògica proposicional, es refereix a la relació existent entre dos verbs, quan l'existència de l'un implica lògicament l'existència de l'altre. Per exemple, roncar (*snore*) implica lèxicament dormir (*sleep*). Aquest tipus de relació és unilateral, a no ser que els verbs siguin sinònims.

La relació que, en el cas dels substantius, s'ha denominat hiponímia, es denomina, en el cas dels verbs, **troponímia** (*troponymy*), ja que es considera que les distincions de manera de ser dels verbs són les més importants a l'hora de diferenciar un hipònim verbal del seu hiperònim. Aquesta relació implica que un verb és una manera particular de ser d'un altre. Es considera una implicació lèxica, ja que un verb és més general que l'altre. Per exemple, donar (*give*) o regalar (*give away*) és una manera de transferir (*transfer*).

Les altres dues relacions d'implicació considerades a *WordNet* són la relació d'**oposició** i la relació **causal**:

- La d'oposició és una relació força complexa, ja que té una base morfològica, i planteja problemes similars als analitzats pels adjectius.
- La relació causativa es compon de dos conceptes: un causatiu i un altre resultatiu com, per exemple, donar (give) i tenir (have). Està clar que l'efecte de donar una cosa a algú implica que algú té aquesta cosa.

5.3 OWL

Per definir una manera estàndard per representar ontologies, hem de decidir sobre dos punts:

 Quines són les primitives utilitzades per representar una ontologia: això és, quins elements utilitzarem per definir classes, relacions del tipus "és un" o "és un element de", atributs, dominis, restriccions de dades, etc. Bàsicament, decidir quina és la meta-ontologia a utilitzar per definir una ontologia. - Com podran ser representants els conceptes de l'ontologia en la sintaxi del llenguatge escollit [12].

Amb RDF-Schema podem descriure jerarquies de classes, tal com ontologies senzilles, sobre les quals es poden fer consultes i raonaments automàtics. Però no és prou expressiu per a representar ontologies complexes: es poden definir relacions jeràrquiques d'herència de propietats, però no es poden declarar axiomes.

En l'àrea d'IA s'han desenvolupat molts llenguatges amb aquesta finalitat, com són OIL, DAML i OWL.

OIL és un llenguatge d'ontologies amb una sintaxi definida en XML, basada en XML-Schema. D'altra banda, OIL és una extensió d'RDF i RDF-Schema, i com a tal, cal destacar que, respecte les ontologies, aporta:

- Una sintaxi estandarditzada per denotar ontologies.
- Un conjunt estàndard de primitives de modelat de dades.

Però presenta limitacions com:

- No ofereix la possibilitat de reescriure valors heretats d'una classe.
- Presenta falta d'expressivitat en la declaració d'axiomes.
- No suporta dominis concrets.

DAML va ser desenvolupat per DARPA (*Defense Advanced Research Projects Agency*) i pel W3C, també com a extensió d'RDF-Schema, millorant la precisió en l'establiment de restriccions.

Com a fruit de la cooperació entre els grups de treball d'OIL i de DAML neix el que es coneix com DAML+OIL. El resultat d'aquesta cooperació demostra ser més útil com a suport per les ontologies que l'RDF-Schema, encara que té certes mancances, com el format d'intercanvi i el modelat de les ontologies.

OWL (originàriament anomenat WOL, *Web Ontology Language*) és un llenguatge desenvolupat pel W3C per publicar i compartir ontologies. OWL es deriva de la col·laboració DAML+OIL. És, per tant, una extensió d'RDF-Schema. OWL permet crear jerarquies i sinònims que poden fer-se servir per mostrar com es relacionen els recursos. És una recomanació del W3C des del 10 de febrer de 2004.

Sens dubte, l'aparició d'OWL suposa un nou horitzó en el marcat de sistemes d'organització del coneixement. Aquestes noves perspectives tenen com a punt de partida les experiències prèvies portades a terme amb DAML+OIL, en què es van inspirar els creadors d'OWL per desenvolupar el llenguatge.

OWL és un llenguatge de marcat per a la publicació d'ontologies i té com a objectiu facilitar un model de marcat, construït sobre RDF i codificat en XML, que permeti representar ontologies a partir d'un vocabulari més ampli i una sintaxi més forta que la que permet RDF. Per aquest motiu, OWL pot ser utilitzat per representar de forma explícita el significat de termes que pertanyen a un vocabulari, i definir les relacions que existeixen entre ells [22].

OWL es divideix en tres subllenguatges que es complementen incrementalment i que es fan servir segons el tipus d'implementació a realitzar [23]:

- OWL-Lite: és el més senzill dels tres, destinat als usuaris que necessiten una classificació jeràrquica primària i restriccions simples. Per exemple, només es permet la cardinalitat de 0 o 1 elements.
- OWL-DL: destinat als usuaris que necessiten la màxima expressivitat sense perdre la capacitat de processament. Dissenyat per a suportar les actuals regles de negoci, i amb propietats per simular raonament dels sistemes.
- OWL-Full: és el més complet, destinat als usuaris que necessiten la màxima expressivitat i
 tota la capacitat sintàctica d'RDF, però aquesta versió no els garanteix l'eficiència, perquè
 afegeix una gran càrrega de processament. Permet l'ampliació de les ontologies.

A la Figura 24 es mostra com, de forma incremental, s'integren aquestes versions:

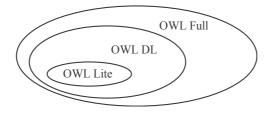


Figura 24

D'ara endavant, quan es faci referència a alguna característica que només sigui vàlida per alguns dels nivells, s'indicarà explícitament. Si no es fa menció a cap nivell, s'estarà parlant d'OWL en general, vàlid pels tres nivells de llenguatge.

Les declaracions en OWL defineixen les classes, propietats (que es fan servir per descriure una relació entre recursos) i instàncies, així com propietats ja definides a RDF-Schema (subclasse, subpropietat, domini, rang), a les que s'afegeixen altres com la relació inversa entre propietats (*inverse-of*) i un conjunt d'axiomes addicionals per definir restriccions, com cardinalitats de propietats d'instàncies de classe (*cardinality, mincardinality, maxcardinality*), enumeracions d'instàncies de classe (*oneOf*) i combinacions de classes (interseccions, unions i complements). Incorpora una classe general denominada *owl:Thing*, que és la classe de tots els recursos, i la superclasse de totes les classes; i una classe final especial anomenada *owl:Nothing*, que és la classe buida. A continuació es detallen tots aquests punts.

5.3.1 El document OWL

En aquest punt es descriuen les parts que componen un document OWL [24].

OWL ha de permetre obtenir informació de fonts distribuïdes. Això s'aconsegueix permetent que les ontologies incloguin informació explícita d'altres ontologies. Però llavors, cal indicar inequívocament els vocabularis específics que s'utilitzen. La primera declaració del document OWL és, per tant, una etiqueta *rdf:RDF*, que inclou totes les declaracions de *namespaces* utilitzats. A la Figura 25 es mostra un exemple.

```
<rdf:RDF
     xmlns = "http:://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-20010210/wine#"
     xmlns:vin = "http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-20040210/wine#"
     xml:base = "http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-20040210/wine#"
     xmlns:food = "http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-20040210/food#"
     xmlns:owl = "http://www.w3.org/2002/07/owl#"
     xmlns:rdf = "http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
     xmlns:rdfs = "http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"/>
```

Figura 25

Un cop establerts els espais de noms, s'inclouen una sèrie de metadades referents a l'ontologia, en una etiqueta *owl:Ontology*. Es pot veure un exemple a la Figura 26. D'aquestes metadades, cal destacar:

- *rdf:about*: propietat que indica el nom o referència de l'ontologia. Si el valor és nul, el nom de l'ontologia és la URI de l'element *owl:Ontology*.
- *owl:priorversion*: element per a proveir els enllaços utilitzats pel sistema de control de versions.
- *owl:imports*: element que indica les URI d'altres ontologies incloses en la que s'està definint. És, per tant, el sistema per incloure altres ontologies.

Figura 26

Seguidament, ja es poden definir els components de l'ontologia: classes, propietats, instàncies de classe i relacions entre les instàncies.

5.3.1.1 Classes i instàncies

Cal diferenciar entre les **classes simples**, que són el que es coneix com a classe en la programació orientada a objectes, i els **elements individuals**, que són els elements que pertanyen a les classes simples, és a dir, instàncies de classe. En la construcció d'ontologies, aquesta distinció s'acostuma a confondre en dos punts:

- <u>Nivells de representació</u>: en alguns contexts, alguna cosa que és clarament una classe pot ser considerada una instància d'alguna altra cosa. Per exemple, en una ontologia sobre vins, està el concepte de *Licor*, que pretén representar el conjunt de totes les varietats de licors. *CabernetSauvingon* és clarament una instància d'aquesta classe. En canvi, *CabernetSauvingon* pot ser considerat una classe, que determinaria el conjunt de licors realitzats amb aquesta varietat de raïm.
- Subclasses i instàncies: és molt fàcil confondre una instància amb una subclasse. Per exemple, pot semblar arbitrari l'elecció de fer que CabernetSauvingon fos un individual de Licor, en lloc de fer que fos una subclasse de Licor, però no ho és. La classe Licor representa el conjunt de totes les varietats de licors. En canvi, CabernetSauvingon no és un conjunt d'una varietat concreta de licors, sinó que és un licor.

De totes maneres, el punt clau d'aquesta discussió és adonar-se de que el desenvolupador d'una ontologia pot estar dirigit per la intenció d'ús que té de la mateixa.

Tots els elements individuals en OWL són membres de la classe *owl:Thing*. A més, cada classe és, implícitament, una subclasse d'aquesta classe. En OWL també es pot definir la classe buida, que és una classe sense instàncies, amb l'etiqueta *owl:Nothing*.

Per definir les classes, s'ha de fer servir l'etiqueta *owl:Class*, indicant el nom de la classe amb la propietat *rdf:ID*. A la Figura 27 es pot veure com s'han definit les classes *ConsumableThing* i *PortableLiquid*.

```
<owl:Class rdf:ID="ConsumableThing"/>
<owl:Class rdf:ID="PortableLiquid">
```

```
<rdfs:subClassOf rdf:resource="#ConsumableThing"/>
</owl:Class>
<Aigua rdf:ID="PortableLiquid"/>
```

Figura 27

Un cop definida la classe, es pot referenciar afegint el símbol # al nom de la classe. Així, una ontologia pot utilitzar una classe sense modificar l'original, referenciant-la amb la propietat rdf:about. A la Figura 27 s'ha definit que la classe PortableLiquid és una subclasse de ConsumableThing.

Si es vol referenciar una classe des d'una altra ontologia, caldrà indicar l'URI complet de la classe, com es mostra a la Figura 28:

Figura 28

A més de definir les classes, cal definir els objectes, és a dir, instàncies concretes de les classes. Un objecte es defineix declarant-lo com a membre d'una classe, com es mostra a la Figura 27 amb la instància Aigua de *PortableLiquid*.

Per definir subclasses es fa servir l'etiqueta *rdfs:subClassOf*. Així es declaren classes més específiques amb la base de les generals. És a dir, es pot ampliar una classe inicial, afegint propietats, sense modificar la descripció original, i heretant totes les propietats d'aquesta.

Però la definició d'una classe té dues parts: d'una banda, el nom o referència, i de l'altra, una llista de propietats i restriccions.

5.3.1.2 Propietats

Respecte les propietats de les classes, permeten afirmar fets generals sobre els membres d'una classe, i fets específics sobre els elements individuals. Les propietats són relacions binàries, i poden ser:

- Datatype properties: propietats que relacionen una instància de classe amb literals RDF o tipus de dades d'XML-Schema, referenciats amb una URI. A la Figura 29 s'il·lustra un exemple d'aquestes propietats.
 - o rdfs:range: rang. Es pot establir en el moment de definir la propietat.
 - o rdfs:domain: domini. Es pot establir en el moment de definir la propietat.
- Object properties: propietats que relacionen les instàncies de dues classes.

Figura 29

A continuació s'enumeren les característiques de les propietats. Siguin P, P1 i P2 propietats, i x, y, i z elements als que se li pot aplicar aquestes propietats. Aleshores es compleix:

- Transitiva: P és una propietat transitiva si es compleix que P(x,y) i P(y,z) implica que P(x,z).
- Simètriques: P és una propietat simètrica si es compleix que P(x,y) si i només si P(y,x).

- Funcionals: P és una propietat funcional si es compleix que P(x,y) i P(x,z) implica que y = z.
- Invers: P1 i P2 són propietats inverses si P1(x,y) si i només si P2(y,x).
- Funcional inversa: P és una propietat funcional inversa si es compleix que si P(x,y) i P(z,x) implica que y = z.

5.3.1.3 Restriccions

Es poden definir restriccions de les propietats, dins de l'etiqueta owl:Restriction, indicant la propietat a què fa referència la restricció amb la propietat owl:onProperty. Aquests restriccions són:

- owl:AllValuesFrom: tots els valors de la propietat són membres de la classe indicada.
 Només és aplicable a la classe que declara la propietat afectada. A OWL Lite només es pot aplicar a una classe.
- owl:SomeValuesFrom: similar a owl:AllValuesFrom, però almenys una de les propietats ha de ser un element individual. Només és aplicable a la classe que declara la propietat afectada. A OWL Lite només es pot aplicar a una classe.
- *owl:cardinality*: permet especificar el nombre exacte d'elements en la relació. A OWL Lite només es pot aplicar amb els valors 0 i 1.
- *owl:hasValue*: permet especificar classes basades en l'existència d'un valor particular d'una propietat. No està inclòs a OWL Lite.

Per definir classes o propietats que estan basades en altres ontologies:

- owl:equivalentClass: s'utilitza per indicar que dues classes tenen exactament les mateixes instàncies. A OWL Lite el subjecte ha de ser una classe. A OWL DL no es poden posar restriccions a les descripcions dels tipus de classes que poden ser utilitzats com subjectes o objectes d'una expressió d'aquest tipus.
- *owl:equivalentPropertiy*: igual que *owl:equivalentClass*, però per les propietats. Només està implementat a OWL Full.

Per definir propietats dels elements individuals:

- *owl:sameAs*: indica que dues instàncies, tot i tenir noms diferents, són idèntiques. Només està implementat a OWL Full.
- owl:diferentsFrom: indica el contrari que owl:sameAs, és a dir, que els valors són mútuament diferents.
- *owl:AllDiferent*: tots els elements dins d'aquesta etiqueta són totalment diferents.

Combinant classes, es poden definir classes complexes, mitjançant els següents elements:

- owl:intersectionOF: classe definida com la intersecció de dues classes. Implementat a OWL Lite, però amb restriccions.
- *owl:unionOf*: element d'OWL Lite, que defineix una classe definida com la unió de dues classes. No està inclòs a OWL Lite.
- owl:componentOf: element d'OWL Lite, que defineix una classe definida amb els elements individuals que no pertanyen al domini de la classe referenciada. No està inclòs a OWL Lite
- *owl:oneOf*: element d'OWL Lite, que defineix una classe que es construeix a través de l'enumeració de tots els seus membres, pel que cap altre individual pot ser declarat que pertany a la classe. No està inclòs a OWL Lite.

- *owl:disjoinWith*: element d'OWL Lite, garanteix que cap individual sigui un membre de les classes que s'enumeren com a disjuntes. No està inclòs a OWL Lite.

A més, hi ha un conjunt de sentències OWL que permeten relacionar les diferents versions, així com donar eines per informar de la versió actual.

5.4 Noves aportacions respecte a RDF

OWL es pot formular en RDF, per la qual cosa sovint se'l considera una extensió d'aquest. A més, OWL inclou tota la capacitat expressiva d'RDF-Schema i l'amplia amb la possibilitat de fer servir expressions lògiques.

D'una banda, RDF proporciona informació descriptiva simple sobre els recursos que es troben al document. De l'altra, OWL és un mecanisme per desenvolupar temes o vocabularis específics en què associar els recursos definits amb RDF. [25]

OWL amplia RDF-Schema per permetre l'expressió de relacions complexes entre diferents classes RDF-Schema, i major precisió en les restriccions de classes i propietats específiques. Això inclou, per exemple:

- Els recursos per limitar les propietats de classe respecte a número i tipus.
- Els recursos per inferir quins elements que tenen diverses propietats són membres d'una classe particular.
- Els recursos per determinar si tots els membres d'una classe tindran una propietat en particular, o si pot ser que tan sols la continguin alguns.
- Els recursos per distingir entre relacions un-a-un, molts-a-un o un-a-molts, permetent que les "claus externes" de les bases de dades relacionals puguin representar-se.
- Els recursos per expressar relacions entre classes definides en diferents documents.
- Els recursos per construir noves classes a partir d'unions, interseccions i complements d'altres
- Els recursos per restringir rangs i dominis, i especificar així combinacions de classes i propietats.

Ara només manquen les eines que facilitin la realització d'una ontologia. En el següent apartat s'analitzarà l'ús de PROTÉGÉ com a eina pel desenvolupament d'ontologies, i es dissenyarà un cas pràctic per portar a terme tot el que s'ha estudiat fins ara.

6 Aplicació pràctica

En aquest punt es defineix l'eina amb què es desenvoluparà el cas pràctic (veure 6.1 *PROTÉGÉ*). Pel cas pràctic es seguiran especificacions semblants a les de *WordNet*, les quals queden detallades al punt 6.2 Disseny d'una ontologia. Seguidament, es desenvolupa un cas pràctic concret, basat en els plans d'estudi de la UOC (veure 6.2 Disseny d'una ontologia).

6.1 PROTÉGÉ

PROTÉGÉ és una eina per definir ontologies i sistemes basats en el coneixement, creada a la Universitat d'Standford. *PROTÉGÉ* està desenvolupat en JAVA i pot funcionar en entorn Windows.

Escriure amb llenguatges com RDF o OWL és molt difícil i és fàcil cometre errors. Per això es fa necessari fer servir programari que permeti generar arxius RDF i OWL d'una manera senzilla a partir d'entorns gràfics, per visualitzar i construir ontologies d'una manera molt més entenedora. L'eina *PROTÉGÉ* fa servir una interfície d'usuari que facilita la creació d'una estructura de dades amb classes, instàncies (veure 5.3.1.1 Classes i instàncies) i propietats (veure 5.3.1.2 Propietats), d'una forma integrada.

PROTÉGÉ és una de les eines més populars a l'hora de crear ontologies. Amb ella es poden crear classes i jerarquies fàcilment, declarar propietats per a les classes, crear instàncies i introduir valors, en un entorn de menús, botons, quadres de diàleg i representacions gràfiques fàcils de fer servir. A més de fer servir un entorn gràfic, també es pot accedir directament a la sintaxi d'RDF o d'OWL, cosa que el fa ser un entorn obert i fàcil d'ampliar, que ha generat al seu voltant tota una comunitat que contribueix activament a ampliar l'entorn de treball. Això fa que vagi evolucionant, i cada cop sigui una eina més potent.

Les aplicacions desenvolupades amb *PROTÉGÉ* es fan servir per a la resolució de problemes i presa de decisions en dominis particulars, és a dir, per a noves ontologies.

A continuació es mostra com definir ontologies amb *PROTÉGÉ*, donant unes pautes bàsiques d'ús.

6.1.1 El projecte desenvolupat amb PROTÉGÉ

Quan s'obre l'aplicació, el primer que cal fer és seleccionar el projecte a construir, tant si és un nou, com si ja existeix en el quadre de diàleg que es mostra a la Figura 30.

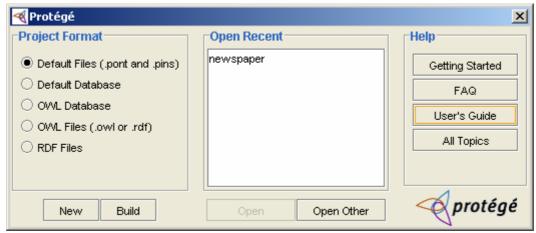


Figura 30

Per crear un projecte nou, hem d'escollir un format. El format per defecte és *Default Files*, que genera un fitxer de text amb extensió ".pont" que conté la informació sobre classes i *slots*, i un altre fitxer text amb extensió ".pins", amb la informació de les instàncies.

Un cop obert un nou projecte, es mostra la pantalla principal de l'aplicació, com la que es mostra a la Figura 31, des d'on es podran definir tots els elements de la nova ontologia.

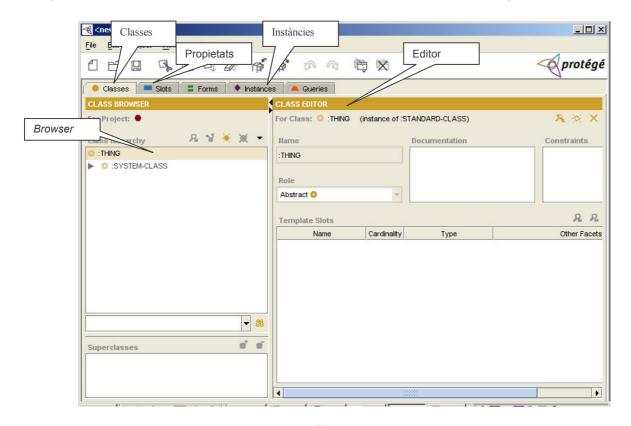


Figura 31

6.1.1.1 Creació de classes

Les classes que defineix *PROTÉGÉ* es corresponen amb el concepte de **classes simples** vistes a l'apartat Classes i instàncies de OWL. Per crear classes, s'han de seguir els següents passos:

- 1- Seleccionar la pestanya Classes.
- 2- A la finestra *Class Browser*, seleccionar la classe jeràrquicament superior a la que volem crear. Per una nova classe, s'ha de seleccionar *Thing*.
- 3- Polsar el botó de la mateixa finestra. Amb aquest botó es crea una nova subclasse de l'element que tenim seleccionat.
- 4- Posar a la classe el nom que li correspon a les propietats que es mostren a la finestra Class Editor.

Seguint aquests passos es defineix una relació de classes com la que es mostra a la Figura 32.

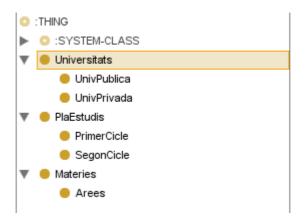


Figura 32

6.1.1.2 Creació d'slots

Els *slots* són atributs de classe, és a dir, propietats compartides per totes les instàncies d'una classe determinada. Es corresponen amb el concepte de **propietats** vistes a l'apartat Propietats d'OWL. Amb els *slots*, totes les instàncies d'una classe hereten automàticament els atributs de classe. En general, els *slots* de classes superiors han de ser més generals que els de classes inferiors, que han de ser més específics.

Per definir els *slots* d'una classe s'han de seguir els següents passos:

- 1- A la finestra Class Browser, seleccionar la classe de la que es volen definir slots.
- 2- Sobre el requadre amb el títol *Template Slots* de la finestra *Class Editor*, polsar amb el botó dret i seleccionar l'opció *Create Slot*, com es mostra a la Figura 33.

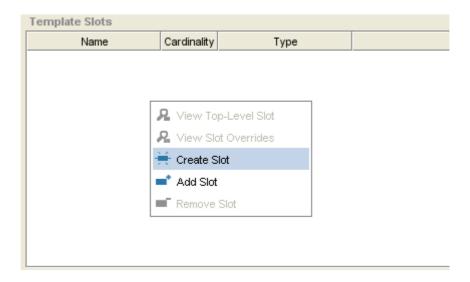


Figura 33

3- S'obre una finestra com la de la Figura 34, en què s'han d'indicar les propietats de l'*slot*: nom, tipus de dades, valor predeterminat, etc.

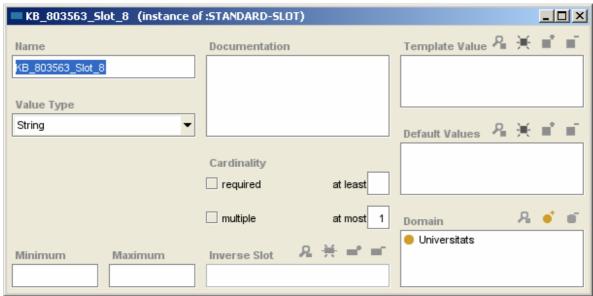


Figura 34

Seguint aquests passos, s'obté una definició de tots els *slots* de totes les classes, com la que mostra la Figura 35:

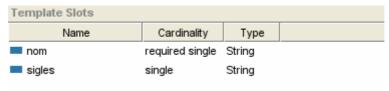


Figura 35

Es poden variar les propietats dels *slots* d'una classe per a les subclasses que els hereten, afegint restriccions.

6.1.1.3 Creació d'instàncies

Les instàncies definides amb *PROTÉGÉ* es corresponen amb el concepte d'**elements individuals** vistos a l'apartat Classes i instàncies de OWL. Per crear instàncies d'una classe s'han de seguir els següents passos:

- 1- Seleccionar la pestanya Instances.
- 2- A la finestra Class Browser, seleccionar la classe de la que es volen definir instàncies.
- 3- Polsar el botó * de la finestra *Instance Browser*.
- 4- Modificar les propietats de la instància a la finestra *Instance Editor*.

Seguint aquests passos, es pot definir les instàncies de cadascuna de les classes, com les que es mostren a la Figura 36:

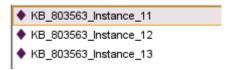


Figura 36

6.1.1.4 Utilització dels formularis

Els formularis són una utilitat que ofereix *PROTÉGÉ* per a facilitar la introducció d'informació de les diferents instàncies de l'estructura que s'està desenvolupant. Cada classe té associat el seu propi formulari, el qual es crea de forma automàtica. Aquests formularis es poden modificar, si cal, per millorar el procés d'introducció de dades.

Per veure aquests formularis només cal seleccionar la pestanya *Forms*, i la classe de la que es volen entrar instàncies.

6.1.1.5 Conversió a altres formats

Com que *PROTÉGÉ* és una eina per generar documents RDFS i OWL, es poden convertir els projectes en fitxers d'aquests formats.

Per gravar un projecte *PROTÉGÉ* en un altre format, només cal escollir l'opció *Export to format* del menú *File*, indicant el format de conversió, com es mostra a la Figura 37:

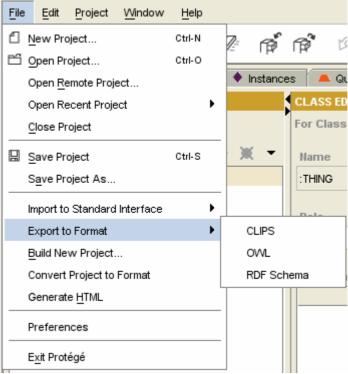


Figura 37

També es poden obrir projectes RDFS i OWL des de PROTÉGÉ.

A continuació, es dissenyarà un cas pràctic per portar a la pràctica tot el que s'ha vist fins a aquest punt.

6.2 Disseny d'una ontologia

En aquest apartat es dissenya un cas pràctic de tot el que s'ha vist fins ara. Per fer-ho, es dissenyarà una ontologia sobre les matèries que s'imparteixen en els diferents plans d'estudi de la UOC, fent un paral·lelisme amb les especificacions de *WordNet*.

Primerament es farà una presentació del negoci (veure 6.2.1 El negoci). Un cop vistes les necessitats, es fa una anàlisi del disseny (veure 6.2.3 L'anàlisi del projecte), indicant les equivalències amb les especificacions *WordNet* (veure 6.2.2 Equivalències amb *WordNet*)

Per desenvolupar aquest projecte cal instal·lar:

- PROTÉGÉ v3.0: editor d'ontologies http://protege.stanford.edu/.
- Plugin d'OWL per a PROTÉGÉ http://protege.stanford.edu/plugins/owl/.
- Es recomana *RACER*: classificador basat en lògiques descriptives http://www.racer-systems.com/index.phtml, per visualitzar les relacions inferides.

6.2.1 El negoci

A la UOC s'imparteixen diferents plans d'estudi, agrupats per àrees.

Cada pla d'estudis està format per una col·lecció de matèries, que poden ser de tipus troncal, obligatori, optatiu o de lliure elecció.

Cal tenir en consideració unes casuístiques especials:

- Una forma d'accés especial a cada pla d'estudis és des d'un altre pla d'estudis. Per exemple, per fer la "Llicenciatura de Ciències del Treball", es pot accedir des de la "Diplomatura en Ciències Empresarials" o la "Diplomatura en Turisme", entre d'altres. Per tant, cada pla d'estudis pot tenir una llista de pla d'estudis que representen les diferents procedències.
- Hi ha assignatures comunes a diferents plans d'estudi. Per exemple, la matèria "Informàtica aplicada a la Gestió" s'imparteix en els plans d'estudi ETIG, Empresarials i ADE. En cadascun d'aquests plans d'estudis, però, té característiques diferents:
 - ETIG: obligatòria de 6 crèdits.
 - o Empresarials: troncal de 6 crèdits.
 - ADE: optativa de 6 crèdits.
- Hi ha algunes matèries que estan formades per diferents àrees. Per exemple, el Treball de Fi de Carrera del pla d'estudis ETIG té, entre d'altres, les àrees d'"XML i Web Semàntica" i "Interacció Humana amb els Ordinadors"
- Algunes matèries tenen recomanacions i/o pre-requisits que cal tenir en compte. Per exemple, per cursar el treball de fi de carrera del pla d'estudis d'ETIG "XML i Web Semàntica" cal haver fet prèviament Bases de Dades I i Enginyeria del Programari

Un cop avaluats aquests requeriments bàsics, es procedeix a presentar l'anàlisi corresponent.

6.2.2 Equivalències amb WordNet

Amb els requeriments descrit fins aquí, es troben moltes equivalències amb les especificacions de *WordNet* que s'analitzen en aquest apartat.

6.2.2.1 Categories

Així com a *WordNet* es defineixen cinc categories lèxiques (noms, verbs, adjectius, advervis i elements funcionals), en aquest projecte se'n defineixen tres:

- Àrees d'estudi.
- Plans d'estudi.
- Matèries.

Per definir les àrees d'estudi fem servir els plans d'estudi, que representen les parts del tot. Igualment, per definir els plans d'estudi s'utilitzen les matèries, representant també les parts d'un tot. Tenen, doncs, una relació de **meronímia**.

6.2.2.2 Matriu de vocabulari

La matriu de vocabulari definida per *WordNet* té la seva representació en aquest projecte, com es pot veure a la Figura 38, si definim les columnes com a "Plans d'Estudi", i les files com a "Matèries".

Matèries	Plans d'estudi				
	ETIG	ETIS	EAO		Fn
Àlgebra	E1.1	E1.2			
Anglès	E2.1	E2.2	E2.3		

Xinès 1		E3.3	
Mm			Em.n

Figura 38

Així, si seguim les entrades que hi ha en una mateixa columna, trobarem totes les matèries que formen part d'un pla d'estudis. Això es correspon amb la **polisèmia**.

De la mateixa manera, si seguim totes les entrades que hi ha en una columna, trobarem les matèries que pertanyen a més d'un pla d'estudis. això és la **sinonímia**.

6.2.2.3 Herència

La relació que hi ha entre una matèria i les seves àrees de desenvolupament són un cas clar de relació d'hiperonímia/hiponímia.

D'altra banda, la relació que hem definit entre un pla d'estudis i les seves possibles formes de procedència des d'altres plans d'estudis, també pot considerar-se una relació d'hiperonímia/hiponímia.

De la mateixa manera, la relació existent entre una matèria i les seves recomanacions o requeriments de matèries segueixen també aquest tipus de relació.

6.2.2.4 Quadre d'equivalències

A continuació s'exposa un quadre amb les definicions de les relacions que es detecten en aquest projecte:

Relació	Descripció		
Meronímia	Tots els plans d'estudi que formen una àrea d'estudi.		
	Totes les matèries que formen un pla d'estudis.		
Polisèmia	Totes les matèries que formen un pla d'estudis.		
Sinonímia	Les matèries que formen part de més d'un pla d'estudis.		
Hiperonímia	La matèria que engloba les diferents àrees de desenvolupament		
	Plans d'estudis des dels quals es pot accedir a un pla d'estudis donat.		
	Matèries recomanades per poder cursar una matèria donada.		
	Matèries requerides per poder cursar una matèria donada.		
Hiponímia	Les diferents àrees de desenvolupament d'una matèria		
	Plans d'estudis als quals es pot accedir des d'un pla d'estudis donat.		
	Matèries que es recomana no cursar fins haver cursat una matèria donada.		
	Matèries que no es poden cursar sense haver cursat una matèria donada.		

6.2.3 L'anàlisi del projecte

En primer lloc, es detecten molt fàcilment tres conceptes bàsics, que són:

- Àrees d'estudi.
- Plans d'estudi.
- Matèries.

6.2.3.1 Àrees d'estudi

Representen les agrupacions de plans d'estudis definits a la UOC. Per exemple, existeix un àrea d'estudi anomenat "Informàtica i Multimèdia" i un altre anomenat "Estudis de l'Àsia Oriental".

Per definir les àrees d'estudi caldrà identificar:

- Nom: representa el nom de l'àrea.
- Plans d'estudi: representa la llista de plans d'estudis que engloba.

6.2.3.2 Plans d'estudi

Representen els diferents estudis que s'imparteixen a la UOC. L'"Enginyeria Tècnica d'Informàtica de Gestió" i l'"Enginyeria Tècnica d'Informàtica de Sistemes" en són dos exemples.

Les propietats dels plans d'estudis seran:

- Nom: nom complert del pla d'estudis.
- Alies: abreviatura amb que es coneix el pla d'estudis.
- Cicle: indica el cicle que correspon al pla d'estudis. Els valors possibles són 1 i 2, indicant primer i segon cicle respectivament.
- Matèries: Ilista de matèries que engloba el pla d'estudis.
- Procedències: llista de plans d'estudis des dels quals es pot accedir al pla d'estudis.

6.2.3.3 Matèries

Representen les assignatures. El "Treball de Fi de Carrera" i "Àlgebra" en són un exemple. Per definir-les caldrà:

- Nom: nom de la matèria.
- Alies: abreviatura amb que es coneix la matèria.
- Codi: codi de la matèria.

6.2.3.3.1 Tipus de matèries

Com que s'ha vist que una mateixa matèria té diferents consideracions en funció del pla d'estudis amb el que es relacioni (s'ha parlat del cas d'"Informàtica aplicada a la Gestió" a l'apartat 6.2.1 El negoci) s'haurà de reificar la relació entre plans d'estudi i matèries. Aquestes relacions tindran els següents atributs:

- Tipus: representa el tipus de matèria. Els valors possibles són "Obligatòria", "Troncal", "Optativa", "Lliure elecció".
- Crèdits: enter que representa el número de crèdits d'aquesta matèria.
- Recomanacions: Ilista de matèries recomanades per cursar aquesta matèria.
- Requeriments: llista de matèries requerides per cursar aquesta matèria.

6.2.3.3.2 Matèries per àrees de desenvolupament

Les matèries que es subdivideixen en àrees de desenvolupament, com ara el "Treball de Fi de Carrera" del pla d'estudis de la "Enginyeria Tècnica d'Informàtica de Gestió" són un cas clar d'herència. Les àrees de desenvolupament seran matèries del tipus de la principal.

6.2.3.3.3 Complements de formació

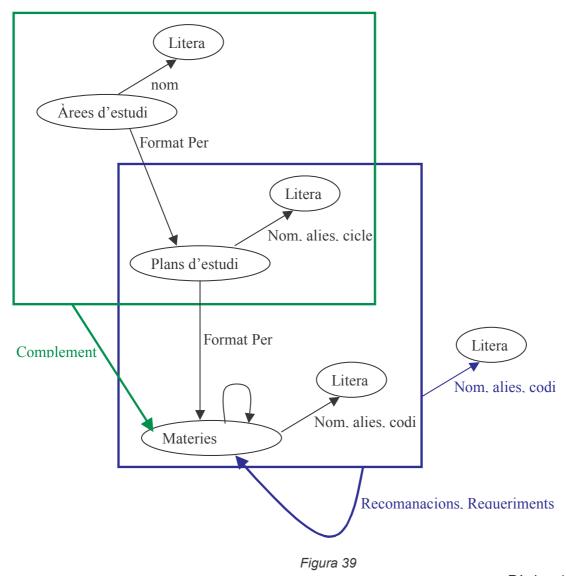
Els complements de formació són les matèries que s'han de cursar per tal que sigui reconeguda una procedència des d'altra pla d'estudis. Per tant, de la relació existent entre un pla d'estudis i les seves procedències, s'han de vincular una llista de matèries.

Per solucionar aquest cas també es proposa reificar la relació entre un pla d'estudis i un altre des del qual es pot procedir, i assignar-li la següent propietat:

- Matèries: llista de matèries de complements de formació.

6.2.4 Gràfic del projecte

Seguint les especificacions d'RDF, es mostra la Figura 39 amb les entitats necessàries per portar a terme aquest projecte.



Pàgina 42

A la Figura 39 s'han identificat les dues reificacions mencionades amb colors diferents, així com els atributs que les defineixen.

6.2.5 Eines de desenvolupament

Per les diferències que s'han avaluat anteriorment entre RDF i OWL (veure 5.4 Noves aportacions respecte a RDF), serà necessari fer el desenvolupament amb OWL. Alguns dels motius pels que aquesta elecció és necessària són:

- Hi ha instàncies que tenen una propietat de la classe, però altres no. Per exemple, no totes les matèries tenen recomanacions o requeriments, ni tots els plans d'estudis tenen procedències.
- Hi ha relacions un-a-un i un-a-molts. Per exemple, un àrea d'estudi està formada per un o diversos plans d'estudi, però un pla d'estudis només correspon a un àrea d'estudi.
- Hi ha rangs i dominis específics del projecte. Per exemple, el rang de la propietat "Matèries" de la classe "Procedència" són elements de la classe "Matèries"

7 Conclusions

Després d'aquesta trajectòria fins aconseguir aportar semàntica a la web, ha quedat palès que:

- XML proporciona la base sintàctica per a documents estructurats, però no hi afegeix cap restricció semàntica
- XML-Schema hi afegeix restriccions a l'estructura, i a més estén el llenguatge amb tipus de dades
- RDF aporta un model de dades per objectes i les relacions entre ells, aportant una semàntica que es pot representar amb sintaxi XML
- RDF Schema és un vocabulari que permet descriure les propietats i classes d'RDF
- Finalment, OWL aporta més vocabulari per descriure propietats i classes.

L'OWL és un llenguatge dissenyat per fer-lo servir en aplicacions que no tan sols necessiten mostrar la informació, sinó també processar-la. En aquest sentit augmenta la funcionalitat que proporcionen XML, XML-Schema, RDF i RDF Schema, tot proveint més vocabulari.

I seguint aquestes pautes, ha estat possible definir una ontologia referent als diferents plans d'estudi que s'imparteixen a la UOC.

Per aportar semàntica a la *web*, el paral·lelisme amb *WordNet* per fer aquest disseny ha estat molt il·lustratiu. L'ús de conceptes purament lingüístics per fer l'anàlisi és absolutament vàlid. Per aportar semàntica cal seguir l'organització de la informació lèxica en la ment del parlant.

Un punt feble en el desenvolupament d'ontologies, però, és la quantitat d'informació redundant que cal introduir per tal que l'ontologia contingui tota la informació necessària des de tots els punts de vista imaginables. Alguns cops aquesta redundància es pot reflectir automàticament definint les classes, però altres vegades cal introduir les mateixes dades a diferents nivells d'informació de l'ontologia que s'estiqui tractant. Caldrà trobar eines que facilitin la introducció d'aquestes dades.

Un aspecte a tenir en compte en futures investigacions és què poden aportar els actuals sistemes gestors de bases de dades, per convertir la informació representada en l'esquema entitat-relació en esquemes estructurats semànticament.

Encara cal, també, redissenyar la major part del contingut de la *web* actual amb aquest nou format, que representa un nou paradigma pel que fa a la informació de les *webs*.

Val a dir, però, que un cop s'han adquirit tots aquests coneixements, s'amplia considerablement la visió de possibles aplicacions pràctiques de les ontologies. Per exemple, a nivell professional, sembla interessant el desenvolupament d'una ontologia amb els elements que formen una aplicació (les taules de la base de dades, amb els camps corresponents, formularis, informes, consultes, etc., indicant les relacions existents entre ells) per facilitar la gestió del canvi.

8 Glossari de termes

CSS (*Cascading Style Sheets*, fulls d'estil en cascada): plantilles de descripcions del format en que es vol que aparegui en contingut d'un determinat document.

Document ben format: document de text ASCII que segueix les recomanacions d'XML.

Document vàlid: document XML (i per tant, ben format), que segueix les especificacions d'una DTD.

DTD (*Document Type Definition*, definició de tipus de document): declaració en un document XML que especifica les restriccions en la seva estructura.

HTML (*HiperText Markup Language*, llenguatge de marcatge d'hipertext): llenguatge de programació web format per un conjunt d'etiquetes que serveixen per definir la forma de presentació del text i altres elements d'una pàgina web.

Instrucció de processament IP: mitjà alternatiu per passar informació a una aplicació, segons el protocol de comunicacions d'Internet.

Metadades: dades que tracten sobre altres dades. Informació sobre la informació. Les metadades descriuen les característiques, continguts informatius, gestió de drets i accessibilitat als recursos d'informació.

Metallenguatge: llenguatge que permet descriure altres llenguatges.

Namespace (espai de noms): Un *namespace* XML és una col·lecció de noms, identificats per una referència URI, que són fets servir en documents XML com noms d'elements o d'atributs. Això permet que els noms no siguin utilitzats de forma ambigua, facilitant el fet de compartir semàntiques.

Ontologies: col·leccions explícites d'enunciats redactats en un llenguatge formal, que defineixen les relacions entre conceptes i especifiquen regles lògiques per tractar-los.

OWL (originàriament anomenat WOL, *Web Ontology Language*): llenguatge desenvolupat pel W3C per publicar i compartir ontologies.

RDF (*Resource Description Framework*, marc de descripció de recursos) és l'especificació un model de metadades, implementat com una aplicació XML, desenvolupat pel W3C.

RDF-Schema: llenguatge que serveix per definir jerarquies de classes de recursos, especificant les propietats i relacions que s'admeten entre elles.

SGML (*Standard Generalized Markup Language*): norma que pretén establir una manera genèrica d'especificar, definir documents, i que permet al mateix temps utilitzar formats de major flexibilitat i portabilitat.

URI (*Uniform Resource Identifier*, identificador unificat de recursos): text curt que identifica inequívocament qualsevol recurs accessible a la xarxa. Normalment consta de dues parts, que són l'identificador del mètode d'accés al recurs (protocol, com per exemple *http:*) i el nom del recurs (com per exemple www.uoc.edu).

URL (*Uniform Resource Locator*, localitzador uniforme de recursos): text amb el que s'assigna una adreça única a cadascun dels recursos disponibles a Internet. És un cas particular d'URI que expressa una adreça, mapejat a un algoritme de recuperació d'objectes que fa servir protocols de comunicació a través d'Internet.

W3C: *World Wide Web Consortium* (www.w3.org), consorci per la *WWW*. Consorci industrial internacional constituït per organitzacions membres, sense ànim de lucre, que treballen amb la comunitat internacional per desenvolupar especificacions i programes informàtics de referència per Internet, que es distribueixen gratuïtament.

XML (eXtensible Markup Language) llenguatge de marques ampliables desenvolupat pel World Wide Web Consortium.

XML-Schema: aplicació XML que descriu els continguts permesos a un document XML.

9 Bibliografia

[1] Extensible Markup Language (XML) 1.0 W3C Recommendation http://www.w3.org/TR/REC-xml/

[2] HTML 4.01 Specification http://www.w3.org/TR/html4/

[3] Biblioteca digital y web semántica

http://sindominio.net/biblioweb/telematica/bibdigwebsem/bibdigwebsem.html

[4] XML, los datos del futuro

http://www.baquia.com/com/legacy/8101.html

[5] Montero, R. XML. Iniciación y Referencia. Mc Graw Hill. Madrid 2000 ISBN: 84-481-2894- X

[6] Naming and Addressing: URIs, URLs,...

http://www.w3.org/Addressing/

URIs, URLs, and URNs: Clarifications and Recommendations 1.0

http://www.w3.org/TR/uri-clarification/

[7] Namespace in XML

http://www.w3.org/TR/REC-xml-names/

[8] Wikipedia – La enciclopedia libre

http://es.wikipedia.org/wiki

[9] **Maggi Gómez, Joan A.** Estudi de com OWL amplia la funcionalitat d'RDF i aquest, a la seva vegada, d'XML. Treball Fi de Carrera dirigit per Pérez Navarro, Antonio. Barcelona 2004

[10] Resource Description Framework (RDF): Concepts and Abstract Syntax

http://www.w3.org/TR/2004/REC-rdf-concepts-20040210/

RDF Primer

http://www.w3.org/TR/rdf-primer/

RDF Model & Syntax Specification (1999)

http://www.w3.org/TR/1999/REC-rdf-syntax-19990222/

RDF/XML Syntax Specification (Revised)

http://www.w3.org/TR/2004/REC-rdf-syntax-grammar-20040210/

[11] Díaz Ortuño, Pedro Manuel. *Problemática y tendencias en la arquitectura de metadatos web.* Facultad de Ciencias de la Documentación. Universidad de Murcia 2002.

http://www.willydev.net/descargas/METADATOSWEB.pdf

[12] Silvia Muñoz, Lydia. Representación de ontologías en la web semántica. Portoalegre

[13] La web semántica: tecnología y aplicaciones – Apuntes

www.ii.uam.es/~castells/docencia/semanticweb/apuntes/

[14] RDF Vocabulary Description Language 1.0: RDF http://www.w3.org/TR/rdf-schema/

[15] Dublin Core Metadata Element Set, version 1.1: Reference Description

http://www.dublincore.org/documents/dces/

[16]Institut d'Estudis Catalans. *Diccionari de la Llengua Catalana*. Ed. Enciclopedia Catalana. ISBN 84-412-2477-3. Barcelona, 1995.

Institut d'Estudis Catalans. *Diccionari de la Llengua Catalana*. Ed. Edicions 62. ISBN 84-297-3981-5. Barcelona, 1995.

[17] Diccionario General de la Lengua Española VOX www.diccionarios.com

[18] Curso XML, Servicios Web y Web Semántica http://di002.edv.uniovi.es/~labra/cursos/ext04

[19] Antonio Moreno Ortiz. Estudios de Lingüística Española. Diseño e implementación de un Lexicón Computacional para Lexicografía y Traducción Automática. Volumen 9. Facultat de Filosofia y Letras. Universidad de Málaga. ISBN 1139-8736. Málaga, 2000. http://elies.rediris.es/elies9/index.htm

[20] Miller, G. A. Dictionaries in the Mind, Language and Cognitive Processes, Vol. 1, No. 3: 171-185. 1986.

[21] Salvador Climent Roca. *Estudios de Lingüística. Individuación e Información Parte-Todo. Volumen 8.* Facultat de Filosofia y Letras. Universidad de Málaga. ISBN 1139-8736. Málaga, 2000. http://elies.rediris.es/elies8/index.html

[22] José Ramón Pérez Agüera. Automatización de Tesauros y su utilización en la Web Semántica. 12/06/2004.

http://www.w3.org/2001/sw/Europe/events/200406-esp/trabajo-final-extratesauros/node5.html

[23] OWL Web Ontology Language Overview http://www.w3.org/TR/owl-features/

[24] OWL Web Ontology Language Guide http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-20040210/

[25] Guía breve de Web Semántica www.w3c.es/divulgacion/guiasbreves/WebSemantica

Annex A. Referències de caràcters

En aquest annex s'inclou una taula mínima de referències de les entitats que poden donar conflictes en els documents XML.

Les referències d'entitats forcen al processador del document a substituir la referència per una dada determinada. Això els fa útils per:

- Caràcters reservats d'XML: el símbol de menor | i el símbol &.
- Caràcters que poden generar errors: cometes dobles [], cometes simples [], el símbol de major [>], i altres.

Les referències a entitats es reconeixen fàcilment, ja que comencen amb el símbol & i acaben amb un punt i coma . En la taula següent es recullen les referències a entitats més utilitzades:

Caràcter	Referència textual	Referència numèrica
<	<	< ;
>	>	> ;
&	&	& ;
6	'	' ;
"	"	" ;

Annex B. Document RDF

A continuació es mostra una proposta de document RDF pel tipus de dades descrits a la Figura 14, les assignatures de tots els plans d'estudi que s'imparteixen a la UOC, indicant les relacions de requeriments i recomanacions que existeixen entre elles. Per fer-lo, s'ha fet servir programari lliure. Concretament, s'ha fet servir el programa OntoEdit Free 2.6.6 d'ontoprise GmbH (http://www.ontoprise.de), que és un editor d'ontologies que exporta fitxers a format RDF (fent servir també RDF-Schema).

Un cop definides les relacions citades a la Figura 14, es crea una estructura com la que mostra la Figura B 1, d'on s'obté, fent una exportació, el següent document RDF:

```
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
xmlns:NS0="http://www.newOnto.org/1111775208015#"
xmlns:NS1="http://schema.ontoprise.com/oxml/rdf/1.0#" xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-
schema#">
   <rdf:Description rdf:about="http://www.newOnto.org/1111775208015#DEFAULT ROOT RELATION">
      <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#Property"/>
   </rdf:Description>
   <rdf:Description rdf:about="http://www.newOnto.org/1111775208015#nom"
      <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#Property"/>
      <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="http://www.newOnto.org/1111775208015#nom"/>
      <NS1:is_local_relation_of rdf:resource="http://www.newOnto.org/1111775208015#nom"/>
      <rdfs:domain rdf:resource="http://www.newOnto.org/1111775208015#area"/>
      <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#STRING"/>
   </rdf:Description>
   <rdf:Description rdf:about="http://www.newOnto.org/1111775208015#XML">
      <rdfs:label xml:lang="en">http://www.newOnto.org/1111775208015#XML</rdfs:label>
      <rd>type rdf:resource="http://www.newOnto.org/1111775208015#area"/>
      <NS0:nom>XML i Web Semàntica</NS0:nom>
      <NS0:requereix rdf:resource="http://www.newOnto.org/1111775208015#BD1"/>
      <NS0:requereix rdf:resource="http://www.newOnto.org/1111775208015#EP"/>
   </rdf:Description>
   <rdf:Description rdf:about="http://www.newOnto.org/1111775208015#cicle">
      <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#Property"/>
      <rdfs:label xml:lang="en">http://www.newOnto.org/1111775208015#cicle</rdfs:label>
      <rdfs:subPropertvOf
rdf:resource="http://www.newOnto.org/1111775208015#DEFAULT ROOT RELATION"/>
      <rdfs:domain rdf:resource="http://www.newOnto.org/1111775208015#plaEstudis"/>
      <rd>s:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#INTEGER"/>
   </rdf:Description>
   <rdf:Description rdf:about="http://www.newOnto.org/1111775208015#plaEstudis">
      <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Class"/>
      <rdfs:label xml:lang="en">http://www.newOnto.org/1111775208015#plaEstudis</rdfs:label>
      <rdfs:subClassOf
rdf:resource="http://www.newOnto.org/1111775208015#DEFAULT ROOT CONCEPT"/>
   </rdf:Description>
   <rdf:Description rdf:about="http://www.newOnto.org/1111775208015#ETIS">
      <rdfs:label xml:lang="en">http://www.newOnto.org/1111775208015#ETIS</rdfs:label>
      <rdf:type rdf:resource="http://www.newOnto.org/1111775208015#plaEstudis"/>
      <NS0:cicle>1</NS0:cicle>
      <NS0:nom>Enginyeria Tècnica en Informàtica de Sistemes</NS0:nom>
   </rdf:Description>
   <rdf:Description rdf:about="http://www.newOnto.org/1111775208015#TFC">
      <rdfs:label xml:lang="en">http://www.newOnto.org/1111775208015#TFC</rdfs:label>
      <rdf:type rdf:resource="http://www.newOnto.org/1111775208015#assignatura"/>
      <NS0:nom>Treball Fi de Carrera</NS0:nom>
      <NS0:pertanyA rdf:resource="http://www.newOnto.org/1111775208015#ETIG"/>
   </rdf:Description>
   <rdf:Description rdf:about="http://www.newOnto.org/1111775208015#POO">
      <rdfs:label xml:lang="en">http://www.newOnto.org/1111775208015#POO</rdfs:label>
      <rdf:type rdf:resource="http://www.newOnto.org/1111775208015#assignatura"/>
```

```
<NS0:pertanyA rdf:resource="http://www.newOnto.org/1111775208015#ETIG"/>
       <NS0:nom>Programació Orientada a Objectes</NS0:nom>
   </rdf:Description>
   <rdf:Description rdf:about="http://www.newOnto.org/1111775208015#requereix">
       <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#Property"/>
       <rdfs:label xml:lang="en">http://www.newOnto.org/1111775208015#requereix</rdfs:label>
       <rdfs:subPropertyOf
rdf:resource="http://www.newOnto.org/1111775208015#DEFAULT_ROOT_RELATION"/>
       <rd>s:domain rdf:resource="http://www.newOnto.org/1111775208015#assignatura"/></rd>
       <rdfs:range rdf:resource="http://www.newOnto.org/1111775208015#assignatura"/>
   <rdf:Description rdf:about="http://www.newOnto.org/1111775208015#BD1">
       <rdfs:label xml:lang="en">http://www.newOnto.org/1111775208015#BD1</rdfs:label>
       <rdf:type rdf:resource="http://www.newOnto.org/1111775208015#assignatura"/>
       <NS0:nom>Bases de Dades I</NS0:nom>
       <NS0:pertanyA rdf:resource="http://www.newOnto.org/1111775208015#ETIG"/>
   </rdf:Description>
   <rdf:Description rdf:about="http://www.newOnto.org/1111775208015#nom assignatura">
       <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#Property"/>
       <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="http://www.newOnto.org/1111775208015#nom"/>
       <NS1:is local relation of rdf:resource="http://www.newOnto.org/1111775208015#nom"/>
       <rdfs:domain rdf:resource="http://www.newOnto.org/1111775208015#assignatura"/>
       <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#STRING"/>
   </rdf:Description>
   <rdf:Description rdf:about="http://www.newOnto.org/1111775208015#nom">
       <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#Property"/>
       <rdfs:label xml:lang="en">http://www.newOnto.org/1111775208015#nom</rdfs:label>
       <rdfs:subPropertyOf
rdf:resource="http://www.newOnto.org/1111775208015#DEFAULT ROOT RELATION"/>
   </rdf:Description>
   <rdf:Description rdf:about="http://www.newOnto.org/1111775208015#Algebra">
       <rdfs:label xml:lang="en">http://www.newOnto.org/1111775208015#Algebra</rdfs:label>
       <rdf:type rdf:resource="http://www.newOnto.org/1111775208015#assignatura"/>
       <NS0:nom>Àlgebra</NS0:nom>
       <NS0:pertanyA rdf:resource="http://www.newOnto.org/1111775208015#ETIG"/>
       <NS0:pertanyA rdf:resource="http://www.newOnto.org/1111775208015#ETIS"/>
   </rdf:Description>
   <rdf:Description rdf:about="http://www.newOnto.org/1111775208015#nom plaEstudis">
       <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#Property"/>
       <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="http://www.newOnto.org/1111775208015#nom"/>
       <NS1:is local relation of rdf:resource="http://www.newOnto.org/1111775208015#nom"/>
       <rdfs:domain rdf:resource="http://www.newOnto.org/1111775208015#plaEstudis"/>
       <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#STRING"/>
   </rdf:Description>
   <rdf:Description rdf:about="http://www.newOnto.org/1111775208015#ETIG">
       <rdfs:label xml:lang="en">http://www.newOnto.org/1111775208015#ETIG</rdfs:label>
       <rdf:type rdf:resource="http://www.newOnto.org/1111775208015#plaEstudis"/>
       <NS0:nom>Enginyeria Tècnica en Informàtica de Gestió</NS0:nom>
       <NS0:cicle>1</NS0:cicle>
   </rdf:Description>
   <rdf:Description rdf:about="http://www.newOnto.org/1111775208015#area">
       <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Class"/>
       <rdfs:label xml:lang="en">http://www.newOnto.org/1111775208015#area</rdfs:label>
       <rdfs:subClassOf rdf:resource="http://www.newOnto.org/1111775208015#assignatura"/>
   </rdf:Description>
   <rdf:Description rdf:about="http://www.newOnto.org/1111775208015#pertanyA">
       <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#Property"/>
       <rdfs:label xml:lang="en">http://www.newOnto.org/1111775208015#pertanyA</rdfs:label>
       <rdfs:subPropertyOf
rdf:resource="http://www.newOnto.org/1111775208015#DEFAULT ROOT RELATION"/>
       <rdfs:domain rdf:resource="http://www.newOnto.org/1111775208015#assignatura"/>
       <rd>srange rdf:resource="http://www.newOnto.org/1111775208015#plaEstudis"/></rd>
   </rdf:Description>
   <rdf:Description rdf:about="http://www.newOnto.org/1111775208015#EP">
       <rdfs:label xml:lang="en">http://www.newOnto.org/1111775208015#EP</rdfs:label>
       <rdf:type rdf:resource="http://www.newOnto.org/1111775208015#assignatura"/>
       <NS0:nom>Enginyeria del Programari</NS0:nom>
```

```
<NS0:pertanyA rdf:resource="http://www.newOnto.org/1111775208015#ETIG"/>
      <NS0:recomana rdf:resource="http://www.newOnto.org/1111775208015#POO"/>
   </rdf:Description>
   <rdf:Description rdf:about="http://www.newOnto.org/1111775208015#assignatura">
       <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Class"/>
      <rdfs:label xml:lang="en">http://www.newOnto.org/1111775208015#assignatura</rdfs:label>
      <rdfs:subClassOf
rdf:resource="http://www.newOnto.org/1111775208015#DEFAULT_ROOT_CONCEPT"/>
   </rdf:Description>
   <rdf:Description rdf:about="http://www.newOnto.org/1111775208015#DEFAULT ROOT CONCEPT">
       <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Class"/>
   </rdf:Description>
   <rdf:Description rdf:about="http://www.newOnto.org/1111775208015#esUn">
      <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#Property"/>
      <rdfs:label xml:lang="en">http://www.newOnto.org/1111775208015#esUn</rdfs:label>
      <rdfs:subPropertyOf
rdf:resource="http://www.newOnto.org/1111775208015#DEFAULT_ROOT_RELATION"/>
      <rdfs:domain rdf:resource="http://www.newOnto.org/1111775208015#area"/>
      <rdfs:range rdf:resource="http://www.newOnto.org/1111775208015#assignatura"/>
   </rdf:Description>
   <rdf:Description rdf:about="http://www.newOnto.org/1111775208015#recomana">
      <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#Property"/>
      <rdfs:label xml:lang="en">http://www.newOnto.org/1111775208015#recomana</rdfs:label>
      <rdfs:subPropertyOf
rdf:resource="http://www.newOnto.org/1111775208015#DEFAULT ROOT RELATION"/>
      <rdfs:domain rdf:resource="http://www.newOnto.org/1111775208015#assignatura"/>
       <rd>fs:range rdf:resource="http://www.newOnto.org/1111775208015#assignatura"/></rd>
   </rdf:Description>
</rdf:RDF>
```

Figura B 1

d'on podem representar els triplets que es mostren a la Figura B 2:

```
<a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#EP">http://www.newOnto.org/1111775208015#nom</a>
             "Enginyeria del Programari".
<a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#esUn">http://www.newOnto.org/1111775208015#esUn</a> <a href="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#domain">http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#domain</a>
             <a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#area">http://www.newOnto.org/1111775208015#area</a>.
<a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#nom">http://www.w3.org/2000/01/rdf-
             schema#subPropertyOf>
             <a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#DEFAULT ROOT RELATION">http://www.newOnto.org/1111775208015#DEFAULT ROOT RELATION</a>.
<a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#nom">http://www.newOnto.org/1111775208015#nom</a> plaEstudis>
             <a href="http://schema.ontoprise.com/oxml/rdf/1.0#is">http://schema.ontoprise.com/oxml/rdf/1.0#is</a> local relation of>
             <a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#nom">http://www.newOnto.org/1111775208015#nom</a>.
<a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#Algebra">http://www.newOnto.org/1111775208015#Algebra</a> <a href="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type">http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type</a>
             <a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#assignatura">http://www.newOnto.org/1111775208015#assignatura</a>
<a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#XML">http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type></a>
             <a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#area">http://www.newOnto.org/1111775208015#area</a>.
<a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#EP">http://www.newOnto.org/1111775208015#pertanyA></a>
             <a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#ETIG">http://www.newOnto.org/1111775208015#ETIG</a> .
<a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#nom___area">http://www.w3.org/2000/01/rdf-area</a>
             schema#subPropertyOf> <a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#nom">http://www.newOnto.org/1111775208015#nom</a>
<a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#nom___area">http://www.w3.org/2000/01/rdf-area</a>
             schema#domain> <http://www.newOnto.org/1111775208015#area>
<a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#esUn">http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#range">http://www.newOnto.org/1111775208015#esUn</a> <a href="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#range">http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#range</a>
             <a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#assignatura">http://www.newOnto.org/1111775208015#assignatura</a>
<a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#area">http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type</a>
             <a href="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Class">http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Class</a>.
<a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#nom">http://www.newOnto.org/1111775208015#nom</a> area> <a href="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-">http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-</a>
             ns#type> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#Property>
<a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#plaEstudis">http://www.newOnto.org/1111775208015#plaEstudis</a> <a href="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-">http://www.newOnto.org/1111775208015#plaEstudis</a> <a href="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-">http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-</a>
             ns#type> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Class> .
<a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#cicle">http://www.w3.org/2000/01/rdf-
             schema#subPropertyOf>
             <a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#DEFAULT ROOT RELATION">http://www.newOnto.org/1111775208015#DEFAULT ROOT RELATION>
<a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#nom_assignatura">http://www.w3.org/2000/01/rdf-assignatura</a>
             schema#domain> <a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#assignatura">http://www.newOnto.org/1111775208015#assignatura></a>.
```

```
<a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#recomana">http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-</a>
             ns#type> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#Property> .
<a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#nom___assignatura">http://www.newOnto.org/1111775208015#nom___assignatura</a>
             <a href="http://schema.ontoprise.com/oxml/rdf/1.0#is">http://schema.ontoprise.com/oxml/rdf/1.0#is</a> local relation of>
             <a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#nom">http://www.newOnto.org/1111775208015#nom</a>
<a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#DEFAULT_ROOT_RELATION">http://www.newOnto.org/1111775208015#DEFAULT_ROOT_RELATION</a>
             <a href="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type">http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type</a> <a href="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type">http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type</a> <a href="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type">http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type</a>
             ns#Property>.
<a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#requereix">http://www.newOnto.org/1111775208015#requereix</a> <a href="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#domain">http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#domain</a>
             <a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#assignatura">http://www.newOnto.org/1111775208015#assignatura</a>.
<a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#ETIG">http://www.newOnto.org/1111775208015#cicle</a> "1" .
<a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#recomana">http://www.w3.org/2000/01/rdf-http://www.newOnto.org/1111775208015#recomana</a>
             schema#subPropertyOf>
             <a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#DEFAULT ROOT RELATION">http://www.newOnto.org/1111775208015#DEFAULT ROOT RELATION</a>.
<a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#cicle">http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type</a>
             <a href="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#Property">http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#Property</a>.
<a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#ETIS">http://www.newOnto.org/1111775208015#ETIS</a> <a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#cicle">http://www.newOnto.org/1111775208015#cicle</a> "1" .
<a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#cicle">http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#domain</a>
             <a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#plaEstudis">http://www.newOnto.org/1111775208015#plaEstudis</a>
<a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#nom___area">http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#range</a>
             <a href="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#STRING">http://www.w3.org/2001/XMLSchema#STRING</a> .
<a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#TFC">http://www.newOnto.org/1111775208015#nom</a>
             "Treball Fi de Carrera"
<a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#nom">http://www.newOnto.org/1111775208015#nom</a> plaEstudis> <a href="http://www.w3.org/2000/01/rdf-">http://www.newOnto.org/1111775208015#nom</a> plaEstudis> <a href="http://www.w3.org/2000/01/rdf-">http://www.w3.org/2000/01/rdf-</a>
             schema#domain> <a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#plaEstudis">http://www.newOnto.org/1111775208015#plaEstudis</a>
<a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#pertanyA">http://www.newOnto.org/1111775208015#pertanyA</a> <a href="http://www.w3.org/2000/01/rdf-">http://www.newOnto.org/1111775208015#pertanyA</a> <a href="http://www.w3.org/2000/01/rdf-">http://www.w3.org/2000/01/rdf-</a>
             schema#subPropertyOf>
             <a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#DEFAULT ROOT RELATION">http://www.newOnto.org/1111775208015#DEFAULT ROOT RELATION</a>
<a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#nom">http://www.newOnto.org/1111775208015#nom</a> plaEstudis> <a href="http://www.w3.org/2000/01/rdf-">http://www.w3.org/2000/01/rdf-</a>
             schema#range> < http://www.w3.org/2001/XMLSchema#STRING> .
<a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#Algebra">http://www.newOnto.org/1111775208015#nom</a>
             "Àlgebra".
<a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#EP">http://www.newOnto.org/1111775208015#recomana</a>
             <a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#POO">http://www.newOnto.org/1111775208015#POO</a> .
<a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#requereix">http://www.newOnto.org/1111775208015#requereix</a> <a href="http://www.w3.org/2000/01/rdf-">http://www.w3.org/2000/01/rdf-</a>
             schema#subPropertyOf>
             <a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#DEFAULT ROOT RELATION">http://www.newOnto.org/1111775208015#DEFAULT ROOT RELATION</a>.
<a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#nom">http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type></a>
             <a href="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#Property">http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#Property</a>.
<a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#ETIG">http://www.newOnto.org/1111775208015#nom</a>
             "Enginyeria Tècnica en Informàtica de Gestió"
<a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#plaEstudis">http://www.w3.org/2000/01/rdf-yours.pdf-1111775208015#plaEstudis</a>
             schema#subClassOf>
             <a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#DEFAULT">http://www.newOnto.org/1111775208015#DEFAULT</a> ROOT CONCEPT>.
<a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#Algebra">http://www.newOnto.org/1111775208015#Algebra</a>
             <a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#pertanvA">http://www.newOnto.org/1111775208015#pertanvA</a>
             <a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#ETIS">http://www.newOnto.org/1111775208015#ETIS</a>.
<a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#esUn">http://www.newOnto.org/1111775208015#esUn</a> <a href="http://www.w3.org/2000/01/rdf-">http://www.w3.org/2000/01/rdf-</a>
             schema#subPropertvOf>
             <a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#DEFAULT ROOT RELATION">http://www.newOnto.org/1111775208015#DEFAULT ROOT RELATION</a>.
<a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#BD1">http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type></a>
             <a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#assignatura">http://www.newOnto.org/1111775208015#assignatura</a>.
<a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#TFC">http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type</a>
             <a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#assignatura">http://www.newOnto.org/1111775208015#assignatura</a>
<a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#TFC">http://www.newOnto.org/1111775208015#pertanyA</a>
             <a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#ETIG">http://www.newOnto.org/1111775208015#ETIG</a> .
<a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#BD1">http://www.newOnto.org/1111775208015#pertanyA</a>
             <a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#ETIG">http://www.newOnto.org/1111775208015#ETIG</a> .
<a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#esUn">http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
              <a href="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#Property">http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#Property</a>.
<a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#assignatura">http://www.w3.org/2000/01/rdf-
             schema#subClassOf>
             <a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#DEFAULT">http://www.newOnto.org/1111775208015#DEFAULT</a> ROOT CONCEPT>
<a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#nom___plaEstudis">http://www.w3.org/2000/01/rdf-
             schema#subPropertyOf> <a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#nom">http://www.newOnto.org/1111775208015#nom</a>>
<a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#nom">http://www.newOnto.org/1111775208015#nom</a> plaEstudis> <a href="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-">http://www.newOnto.org/1111775208015#nom</a> plaEstudis> <a href="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-">http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-</a>
```

syntax-ns#type> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#Property>

- http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Class>.
- http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#range http://www.newOnto.org/1111775208015#assignatura.
- http://www.newOnto.org/1111775208015#nom>"Enginyeria Tècnica en Informàtica de Sistemes".
- http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#property .
- http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#label>"http://www.newOnto.org/1111775208015#recomana".
- http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#label>"http://www.newOnto.org/1111775208015#esUn".
- http://www.w3.org/1111775208015#DEFAULT_ROOT_CONCEPT http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Class .
- http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#label>"http://www.newOnto.org/1111775208015#assignatura" .
- http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#label>"http://www.newOnto.org/1111775208015#EP".
- http://www.newOnto.org/1111775208015#pertanyA http://www.newOnto.org/1111775208015#pertanyA" .
- http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#label>"http://www.newOnto.org/1111775208015#area".
- http://www.newOnto.org/1111775208015#ETIG http://www.newOnto.org/1111775208015#ETIG".
- http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#label>"http://www.newOnto.org/1111775208015#TFC".
- http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#label>"http://www.newOnto.org/1111775208015#ETIS".
- http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#label>"http://www.newOnto.org/1111775208015#plaEstudis".
- http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#label">http://www.newOnto.org/1111775208015#XML"http://www.newOnto.org/1111775208015#XML" .
- http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#label>"http://www.newOnto.org/1111775208015#cicle" .
- http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#label>"http://www.newOnto.org/1111775208015#POO".
- http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#label>"http://www.newOnto.org/1111775208015#requereix".
- http://www.newOnto.org/1111775208015#BD1" -http://www.newOnto.org/1111775208015#BD1" .
- http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#label>"http://www.newOnto.org/1111775208015#nom".
- http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#label>"http://www.newOnto.org/1111775208015#Algebra".
- http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#range> http://www.newOnto.org/1111775208015#plaEstudis> ...
- http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#range http://www.newOnto.org/1111775208015#assignatura .
- http://www.newOnto.org/1111775208015#requereix http://www.newOnto.org/1111775208015#BD1 .
- http://www.newOnto.org/1111775208015#ETIG http://www.newOnto.org/1111775208015#plaEstudis <a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#plaEstudis <a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#plaEstudi
- http://www.newOnto.org/1111775208015#nom">http://www.newOnto.org/1111775208015#POO http://www.newOnto.org/1111775208015#nom "Programació Orientada a Objectes" .
- http://www.newOnto.org/1111775208015#nom">http://www.newOnto.org/1111775208015#BD1 http://www.newOnto.org/1111775208015#nom "Bases de Dades I" .
- http://www.newOnto.org/1111775208015#pertanyA http://www.newOnto.org/1111775208015#assignatura .
- http://www.newOnto.org/1111775208015#nom">www.newOnto.org/1111775208015#xml http://www.newOnto.org/1111775208015#xml http://www.newOnto.org/1111775208015#xml http://www.newOnto.org/1111775208015#xml www.newOnto.org/1111775208015#xml <a href="http://www.newOn
- http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#Property.
- http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> http://www.newOnto.org/1111775208015#EP http://www.newOnto.org/1111775208015#ep">http://www.newOnto.org/1111775208015#ep http://www.newOnto.org/11117752080

- http://schema.ontoprise.com/oxml/rdf/1.0#is_local_relation_of>http://www.newOnto.org/1111775208015#nom>.
- http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> http://www.newOnto.org/1111775208015#POO http://www.newOnto.org/1111775208015#assignatura http://www.newOnto.org/11111775208015#assignatura http://www.newOnto.org/1111775208015#assignatura http://www.newOnto.org/1111775208015#assignatura http://www.newOnto.org/1111775208015#assignatura <a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#assigna
- http://www.newOnto.org/1111775208015#ETIS http://www.newOnto.org/1111775208015#plaEstudis http://www.newOnto.org/1111775208015#plaEstudis http://www.newOnto.org/1111775208015#plaEstudis http://www.newOnto.org/1111775208015#plaEstudis http://www.newOnto.org/11111775208015#plaEstudis http://www.newOnto.org/11111775208015#plaEstudis http://www.newOnto.org/11111775208015#plaEstudis http://www.newOnto.org/11111775208015#plaEstudis http://www.newOnto.org/11111775208015#plaEstudis http://www.newOnto.org/11111775208015#plaEstudis http://www.newOnto.org/11111775208015#plaEstudis <a href="http://www.newOnto.org/11111775208015#plaEstudis <a href="http://www.newOnto.org/111117757#p
- http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#Property.
- http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#subClassOf http://www.newOnto.org/1111775208015#assignatura http://www.newOnto.org/1111775208015 http://www.newOnto.org/1111775208015 http://www.newOnto.org/1111775208015</a
- http://www.newOnto.org/1111775208015#nom assignatura > http://www.newOnto.org/1111775208015#nom.
- http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#range http://www.w3.org/2001/XMLSchema#INTEGER http://www.w3.org/2001/XMLSchema#INTEGER http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#range
- http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#range http://www.w3.org/2001/XMLSchema#STRING.
- http://www.newOnto.org/1111775208015#Algebra
 - http://www.newOnto.org/1111775208015#pertanyA
 - http://www.newOnto.org/1111775208015#ETIG.
- http://www.newOnto.org/1111775208015#pertanyA> http://www.newOnto.org/1111775208015#POO <a href="http://www.newOnto.org/1111775208015#POO <a href="htt
- http://www.newOnto.org/1111775208015#requereix http://www.newOnto.org/1111775208015#EP .

Figura B 2

Annex C. Seguiment del projecte

En aquest punt es mostra el grau de desenvolupament d'aquest projecte en funció del pla de treball presentat anteriorment. L'objectiu, evidentment, és arribar al 100% de desenvolupament. Com que la planificació està proposada en fases, en funció de les diferents fites establertes, constarà un històric del seguiment per a cadascuna de les fases. Així, la planificació del projecte en aquest moments és:

Tase	ca	Dates	Esdeveniments	Hores
1.	Definició.	24/2→26/2		10
	1.1. Descarregar documentació.	24/2	Enunciat del treball: 24/2	1
	1.2. Llegir documentació.	24/2→25/2		1
	1.3. Trobada de síntesi.	26/2	Trobada presencial: 26/2	1
2.	Esborrany Pac 1.	26/2→3/3		14
	2.1. Recerca d'informació.	26/2→27/2		1
	2.2. Recollir bibliografia.	28/2		1
	2.3. Pla de treball.	28/2→2/3		1
	2.4. Temporització.	3/3		1
	2.5. Lliurament de l'esborrany de la Pac 1.	3/3	Correccions del consultor	0
	Correcció Pac 1.	4/3→7/3		11
	3.1. Revisió Pac 1.	5/3→7/3		1
	3.2. Instal·lació.	4/3		1
4.	Lliurament Pac 1.	7/3		0
	Esborrany Pac 2.	8/3→27/3		52
	5.1. Llegir XML.	8/3→13/3		1
	5.2. Apartat 3.	14/3→16/3		1
	5.3. Llegir RDF.	17/3→23/3		1
	5.4. Apartat 4.	24/3→27/3		1
	5.5. Lliurament esborrany Pac 2.	27/3	Correccions del consultor	0
6.	Correcció Pac 2.	28/3→4/4		21
7.	Lliurament Pac 2.	4/4		0
8.	Esborrany Pac 3.	5/4→11/5		88
	8.1. Apartat 2.	5/4→6/4		1
	8.2. Llegir OWL.	7/4→12/4		1
	8.3. Apartat 5.	13/4→17/4		1
	8.4. Llegir <i>PROTÉGÉ</i> .	18/4→19/4		1
	8.5. Practicar <i>PROTÉGÉ</i> .	20/4→23/4		
	8.6. Llegir WordNet.	24/4		
	8.7. Cas pràctic.	25/4→6/5		
	8.8. Apartat 6.	7/5→11/5		
	8.9. Lliurament esborrany Pac 3.	11/5	Correccions del consultor	0
9.	Correcció Pac 3.	12/5→18/5		21
111	Lliurament Pac 3.	18/5		0
11.	Conclusions.	19/5→27/5		23
12.	Revisió final.	28/5→31/5		7
111	Síntesi.	1/6→4/6		10
14 .	Presentació.	5/6→13/6		21
15 .	Lliurament memòria i presentació.	13/6		0
16.	Debat.	20/6→24/6		10