

# Ontologia per a la cerca dels punts més idonis per carregar el vehicle elèctric a Barcelona

**Patricia Andolz Santacana**  
Grau d'Enginyeria Informàtica

**Felipe Geva Urbano**

Juny del 2019



Aquesta obra està subjecta a una llicència de [Reconeixement-NoComercial-SenseObraDerivada 3.0 Espanya de Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/)

## FITXA DEL TREBALL FINAL

<b>Títol del treball:</b>	<i>Ontologia per a la cerca dels punts més idonis per carregar el vehicle elèctric a Barcelona</i>
<b>Nom de l'autor:</b>	<i>Patricia Andolz Santacana</i>
<b>Nom del consultor:</b>	<i>Felipe Geva Urbano</i>
<b>Data de lliurament (mm/aaaa):</b>	<i>06/2019</i>
<b>Àrea del Treball Final:</b>	<i>Web Semàntica</i>
<b>Titulació:</b>	<i>Grau d'Enginyeria Informàtica</i>

### **Resum del Treball (màxim 250 paraules):**

Donada la diversitat de tipus de connectors existents en els vehicles elèctrics, l'exclusivitat d'ús de certes estacions, del control d'accés al servei, entre altres especificacions, l'usuari es veu en la necessitat de localitzar les estacions que compleixen les característiques més idònies per a poder recarregar el seu vehicle.

És per això que, aquest treball es basa a fer més accessible tota la informació referent als punts de recàrrega que existeixen a la ciutat de Barcelona. Gràcies a l'ús d'una ontologia es permetrà representar com estan distribuïts aquests serveis, així com la seva informació associada.

Aquesta tecnologia permetrà augmentar l'accessibilitat de les dades obertes que actualment es troben en format PDF i CSV, passant d'un nivell d'1 i 3 estrelles en l'esquema de Tim Berners-Lee, respectivament, a un nivell de 4, amb la possibilitat d'arribar al nivell màxim si s'enllacés posteriorment amb altres dades contextuais. D'aquesta forma, les dades no només seran obertes sinó també enllaçades, el que es coneix com a *open linked data*. Aquesta és la base tècnica per crear l'anomenada web semàntica, la qual permet que també els programes informàtics puguin accedir, enllaçar i interpretar dades.

En definitiva, l'objectiu principal d'aquest TFP consisteix a traslladar tota aquesta informació en un model ontològic, de forma que s'augmenti l'accessibilitat d'aquestes dades. L'ontologia serà poblada mitjançant un *script* escrit en Jena i explotada amb el llenguatge d'interrogació SPARQL per obtenir respostes. Finalment, s'incorporarà l'eina "map4rdf" que permetrà explorar i visualitzar en un mapa aquest conjunt de dades georeferenciades en format RDF.

**Abstract (in English, 250 words or less):**

Given the diversity of the connectors' types existing in electric vehicles, the exclusive use of certain stations, the access control to the service, among other specifications, the user sees the need to locate the stations that match the appropriate features to be able to charge its vehicle.

That is why this work is based on making all the information regarding the charging points existing in Barcelona's city more accessible. Thanks to the use of an ontology, it will be possible to represent how these services are distributed, as well as their associated information.

This technology will allow to increase the accessibility of the open data which are currently in PDF and CSV format, going from one star and three stars in the Tim Berners-Lee model, respectively, to four stars, with the possibility of reaching the maximum level if it was linked later with other contextual data. In this way, not only the data will be open, but also linked, what is known as open linked data. This is the technical basis to create the refered semantic web, which also allows computer programs to access, link and interpret data.

To sum up, the main objective of this TFP is to transfer all this information in an ontological model, increasing the accessibility of these data. The ontology will be populated by a script written in Jena and exploited with the SPARQL interrogation language. Finally, the "map4rdf" tool will be incorporated which will allow users to explore and visualize this georeferenced data in a map.

**Paraules clau (entre 4 i 8):**

Web semàntica, ontologia, punts de recàrrega, servei, vehicle elèctric, Barcelona, map4rdf, open linked data

# Índex

1. Introducció .....	1
1.1 Context i justificació del Treball.....	1
1.2 Objectius del Treball .....	5
1.2.1 Objectius personals.....	5
1.2.1 Objectius específics .....	5
1.3 Abast del Producte .....	6
1.4 Enfocament i mètode seguit .....	6
1.5 Planificació del Treball .....	8
1.6 Breu sumari de productes obtinguts.....	11
1.7 Breu descripció dels altres capítols de la memòria .....	11
2. Estat de l'art.....	12
2.1 La web semàntica.....	12
2.2 Les ontologies .....	13
2.3 Tecnologies i estàndards de la web semàntica.....	13
2.3.1 URI.....	14
2.3.2 XML .....	14
2.3.3 RDF .....	15
2.3.4 OWL.....	16
2.3.5 SPARQL .....	16
2.3.6 GeoSPARQL.....	17
2.4 Open Data .....	18
2.5 Linked Data .....	19
2.6 Accessibilitat de les dades.....	20
2.7 Open Linked Data.....	21
2.8 Projectes existents.....	22
3. Disseny i implementació del producte .....	24
3.1 Entorn per desenvolupar el producte .....	24
3.1.1 Instal·lació de les eines .....	27
3.2 Anàlisi del conjunt de dades .....	29
3.3 Disseny i construcció de l'ontologia .....	31
3.3.1 Definició del domini i l'abast de l'ontologia .....	31
3.3.2 Valoració de la reutilització d'ontologies existents .....	32
3.3.3 Llistat dels termes rellevants de l'ontologia .....	34
3.3.4 Definició de les classes i la jerarquia.....	35

3.3.5 Definició de les propietats de les classes .....	39
3.3.6 Incorporació de les restriccions de les propietats .....	43
3.3.7 Creació d'instàncies .....	46
3.4 Implementació de l' <i>script</i> .....	47
3.5 Interrogació de l'ontologia.....	52
3.5.1 Distribució dels punts de recàrrega per districte .....	53
3.5.2 Distribució de les tipologies de càrrega dels connectors per barri .....	54
3.5.3 Equips de fàcil ús .....	55
3.5.4 Punts on recarregar un vehicle concret .....	57
3.5.5 Equips en un radi proper a la feina.....	57
3.5.6 Equips que es troben a menys de 500 metres de la Sagrada Família .....	58
3.6 Integració de map4rdf .....	60
4. Conclusions .....	65
5. Bibliografia.....	67
5.1 Referències .....	72
6. Annexos.....	76
6.1 Manual de configuració de les IPs de les VMs.....	76

## Llista de figures

<b>Figura 1.</b> Punt de recàrrega de Barcelona.....	1
<b>Figura 2.</b> Mapa dels punts de recàrrega a Barcelona - Fitxer PDF [1] .....	2
<b>Figura 3.</b> Conjunt de dades dels punts de recàrrega de Barcelona - Fitxer CSV [2] .....	3
<b>Figura 4.</b> Procés de treball .....	7
<b>Figura 5.</b> Diagrama de Gantt amb la planificació del TFG .....	10
<b>Figura 6.</b> Arquitectura de la web semàntica .....	13
<b>Figura 7.</b> Estructura d'un URI .....	14
<b>Figura 8.</b> Exemple d'un fragment de codi XML.....	14
<b>Figura 9.</b> Exemple d'un triplet.....	15
<b>Figura 10.</b> Subllenguatges d'OWL.....	16
<b>Figura 11.</b> Model relacional vs model de graf .....	17
<b>Figura 12.</b> Exemple del funcionament d'una consulta SPARQL .....	17
<b>Figura 13.</b> Model de l'ontologia geoespacial.....	17
<b>Figura 14.</b> Relacions topològiques entre objectes espacials .....	18
<b>Figura 15.</b> Característiques del <i>open data</i> .....	18
<b>Figura 16.</b> Principis bàsics del <i>linked data</i> .....	19
<b>Figura 17.</b> Model de cinc estrelles de Tim Berners-Lee.....	21
<b>Figura 18.</b> Relació entre el programari utilitzat .....	26
<b>Figura 19.</b> Anàlisi del contingut del fitxer CSV .....	30
<b>Figura 20.</b> VOWL on es mostra l'estructura del <i>Electric Vehicle Ontology</i> .....	33
<b>Figura 21.</b> Diagrama de classes del <i>Open Mobility Vocabulary</i> .....	33
<b>Figura 22.</b> Estructura ontologia GeoSPARQL .....	34
<b>Figura 23.</b> Termes de l'ontologia EVCP .....	34
<b>Figura 24.</b> Jerarquia de classes de l'ontologia EVCP .....	37
<b>Figura 25.</b> Descripció de la classe <i>SemiFastChargeConnector</i> de l'EVCP .....	38
<b>Figura 26.</b> Descripció de la classe <i>FreeService</i> de l'EVCP.....	38
<b>Figura 27.</b> Graf de l'ontologia EVCP.....	39
<b>Figura 28.</b> Propietat <i>hasEquipment</i> de l'EVCP .....	40
<b>Figura 29.</b> Propietat <i>isEquipmentOf</i> de l'EVCP .....	40
<b>Figura 30.</b> Propietat <i>asWKT</i> de l'EVCP .....	43
<b>Figura 31.</b> Tipus de dada <i>wktLiteral</i> de l'EVCP .....	43
<b>Figura 32.</b> <i>Existential restriction</i> a la classe <i>Equipment</i> de l'EVCP .....	44
<b>Figura 33.</b> <i>Cardinality restriction</i> a la classe <i>Connector</i> de l'EVCP .....	44
<b>Figura 34.</b> <i>hasValue restriction</i> a la classe <i>FreeService</i> de l'EVCP .....	45
<b>Figura 35.</b> Definició de la classe enumerativa <i>AccessType</i> de l'EVCP .....	47

<b>Figura 36.</b> Instàncies de l'EVCP .....	47
<b>Figura 37.</b> Fragment de codi que llegeix el fitxer CSV .....	48
<b>Figura 38.</b> Correspondència entre la posició de l' <i>array</i> i la informació que conté.....	49
<b>Figura 39.</b> Fragment de codi que crea les instàncies de <i>District</i> i <i>Neighbourhood</i> .....	50
<b>Figura 40.</b> Fragment de codi que recalcula els valors incoherents del CSV .....	50
<b>Figura 41.</b> Fragment de codi que genera l'ontologia poblada .....	51
<b>Figura 42.</b> Comprovació de les instàncies de l'ontologia EVCP.....	51
<b>Figura 43.</b> BBDD de l'Stardog creada i carregada.....	52
<b>Figura 44.</b> Consulta dels punts de recàrrega per districte .....	53
<b>Figura 45.</b> Resultat dels punts de recàrrega per districte .....	53
<b>Figura 46.</b> Consulta refinada dels punts de recàrrega per districte.....	53
<b>Figura 47.</b> Resultat refinat dels punts de recàrrega per districte.....	54
<b>Figura 48.</b> Consulta de la tipologia de càrrega dels connectors per barri .....	55
<b>Figura 49.</b> Resultat de la tipologia de càrrega dels connectors per barri .....	55
<b>Figura 50.</b> Consulta dels equips de fàcil ús .....	56
<b>Figura 51.</b> Resultat dels equips de fàcil ús .....	56
<b>Figura 52.</b> Consulta dels punts on recarregar un vehicle concret .....	57
<b>Figura 53.</b> Resultat dels punts on recarregar un vehicle concret .....	57
<b>Figura 54.</b> Consulta dels equips en un radi proper a la feina.....	58
<b>Figura 55.</b> Resultat dels equips en un radi proper a la feina.....	58
<b>Figura 56.</b> Error en processar variables en una consulta GeoSPARQL.....	58
<b>Figura 57.</b> Consulta dels equips propers a la Sagrada Família .....	59
<b>Figura 58.</b> Resultat dels equips propers a la Sagrada Família .....	59
<b>Figura 59.</b> Consulta a la DBpedia sobre la ubicació de la Sagrada Família.....	59
<b>Figura 60.</b> Resultat de la DBpedia sobre la ubicació de la Sagrada Família.....	59
<b>Figura 61.</b> Interfície web de map4rdf.....	61
<b>Figura 62.</b> Filtres dels recursos .....	61
<b>Figura 63.</b> Localització dels connectors de tipus Mennekes .....	62
<b>Figura 64.</b> Accions possibles a realitzar sobre un recurs.....	62
<b>Figura 65.</b> Punts propers al recurs seleccionat.....	63
<b>Figura 66.</b> Minifitxa dels equips.....	63
<b>Figura 67.</b> Minifitxa dels connectors .....	64



## Lista de taules

<b>Taula 1.</b> Comparativa de funcionalitats del Stardog i el Virtuoso .....	25
<b>Taula 2.</b> Descripció dels camps del fitxer CSV .....	30
<b>Taula 3.</b> <i>Object Properties</i> de l'EVCP .....	41
<b>Taula 4.</b> <i>Data Properties</i> de l'EVCP .....	42
<b>Taula 5.</b> Restriccions de l'EVCP .....	46

# 1. Introducció

## 1.1 Context i justificació del Treball

Actualment, la implantació dels vehicles elèctrics ha entrat en un bucle viciós. Per una banda, els usuaris de vehicles els hi costa decantar-se per la compra d'un elèctric per la incertesa de si hi haurà suficients punts de recàrrega per a poder-lo utilitzar en la vida quotidiana, així com durant les vacances, de la mateixa forma que ho farien amb un vehicle d'energia no renovable. Per altra banda, tant l'estat com les empreses, no realitzen grans inversions en estacions de càrrega elèctrica per automòbils, perquè el nombre de vehicles elèctrics encara segueix sent molt reduït.



Figura 1. Punt de recàrrega de Barcelona

Per aquest motiu, la preocupació de qualsevol propietari actual d'un vehicle elèctric és la de tenir un nivell baix de bateria, o directament quedar-se sense energia, i no saber si, a prop seu, hi haurà disponible algun punt de recàrrega adequat per al seu mitjà de transport.

Així doncs, aquest desconeixement d'on estarà la propera estació de recàrrega elèctrica pot produir ansietat a l'usuari d'aquest tipus de transport. A més, probablement, pot ser que es vegi obligat a planificar el seu recorregut amb antelació i que aquest estigui estretament lligat a la ubicació dels punts de recàrrega que podrà anar trobant al llarg de tot el seu trajecte.

Pel que fa a l'energia fòssil, avui dia, tothom està acostumat a trobar estacions de servei tradicionals en pràcticament qualsevol indret. Per aquesta raó, ningú programa les seves rutes en relació a la distribució de les estacions de servei de repostatge, doncs és molt habitual que cada certs quilòmetres es pugui localitzar una benzinera fàcilment.

Contràriament a aquest fet, el nombre d'estacions de recàrrega elèctrica segueix sent molt limitat, i està centrat en les grans ciutats. Això comporta que en certs entorns, com és el rural, aquests punts de recàrrega siguin molt escassos o pràcticament inexistents.

Tot i aquests inconvenients, cal recalcar que, la implantació de les noves normatives més conscienciades amb el medi ambient, empenyen a la societat a plantejar-se cada vegada més l'ús d'energies renovables vers les energies fòssils. Per aquest motiu, a poc a poc, la demanda de vehicles elèctrics es va incrementant. Tot i això, fins que no estigui normalitzada la implantació d'aquest nou tipus d'estacions per tot el territori, no es podrà proporcionar la seguretat a l'usuari com la que, avui en dia, es té amb les actuals benzineres.

Aquest fet posa de manifest que el problema, anteriorment comentat, ha de tenir una solució àgil però temporal, que faciliti la vida dels usuaris elèctrics, i els permeti establir i/o confeccionar ràpidament la ruta a seguir per assegurar la disponibilitat d'energia per al seu vehicle durant el seu itinerari. Per això, la informació sobre els diversos punts de recàrrega existents ha d'estar a l'abast de qualsevol usuari a través d'Internet, és a dir, han de ser dades obertes (*open data*).

En conseqüència, actualment, els usuaris d'aquests tipus de vehicles, per una banda, tenen al seu abast un fitxer en format PDF, disponible a la web de [Barcelona de Serveis Municipals \(B:SM\)](#), on es mostren mitjançant una llegenda els diversos punts de recàrrega. Per altra banda, compten amb un arxiu CSV on es llisten els diversos punts, accessible des de la web [Open Data BCN](#).



Figura 2. Mapa dels punts de recàrrega a Barcelona - Fitxer PDF [1]



- *Que faré durant tota l'estona que triga a recarregar-se la bateria del cotxe?*
- *I si em quedo sense energia a mig camí?*
- *Si estic aparcada recarregant, al llarg de dues hores hauré de moure el cotxe per deixar lliure el lloc de càrrega per algú altre?*
- *Si tinc controlat anar i tornar sense recarregar però em surt un imprevist i he d'allargar la ruta, trobaré alguna estació per recarregar?...*

Totes aquestes incerteses, i moltes més, em van fer comprendre que, encara que la ciutat de Barcelona posava a l'abast dels ciutadans estacions de recàrrega, que, a més a més, eren gratuïtes, la informació sobre aquests punts no era fàcilment operable.

A tall d'exemple, vaig intentar calcular el trajecte que podria fer en un dia concret. Així doncs, vaig descarregar-me la informació dels punts de càrrega de Barcelona i vaig localitzar els més propers al meu lloc de treball. D'aquests, vaig seleccionar els adients per al meu vehicle – més d'un per si algun estava ja ocupat – i, a continuació, vaig establir la ruta a seguir al llarg del dia. Tot aquest procés em va portar més de 30 minuts, ja que vaig haver d'accedir a diverses aplicacions i llegir un per un les especificacions dels punts que havia trobat més propers a la feina.

A més, tota aquesta feina em va fer adonar que si cada dia fas la mateixa ruta, amb les eines actuals es pot fer. Però en el suposat cas de ser un comercial que es mou per la ciutat o per la comarca, o més enllà, i cada dia es veu obligat a fer rutes diferents, sigui per qüestions de feina o d'altres, la seva tasca diària principal, pràcticament serà la cerca i adequació de punts de càrrega vers l'itinerari de visita dels seus clients. Realment, acabarà sent una tasca feixuga que, a més, haurà de realitzar diàriament i es podria dir que per obligació si vol preveure el fet de no quedar-se sense energia en el seu vehicle en algun moment del dia.

En resum, vaig arribar a la conclusió que no estava disposada a invertir tant de temps en elaborar i planificar la ruta diària quan en un cotxe d'energies fòssils, aquest fet, no es té en compte en cap moment. Per tant, si volia poder utilitzar un cotxe elèctric amb tranquil·litat, s'havia de millorar aquest aspecte, mentre no fos el cas que possessin gran quantitat de punts de recàrrega al llarg de tot el territori.

Finalment, després d'estudiar els diversos documents oberts publicats a Internet, vaig pensar que estaria bé poder entrellaçar tota aquesta informació. Així, mitjançant l'ús de filtres i de programari lliure, com és map4rdf, poder agilitzar aquest procés.

## 1.2 Objectius del Treball

Els objectius del treball es poden dividir en dos grans blocs. Per una banda, es troben els objectius de caràcter personal, derivats de la realització d'un projecte final de grau en general. Per altra banda, en el segon bloc, s'engloben tots aquells objectius més concrets i específics de la temàtica del projecte.

### 1.2.1 Objectius personals

- 1) Poder realitzar un bon TFG per concloure el grau d'Enginyeria Informàtica, tot seguint les metodologies apreses en el grau i generant els lliurables necessaris perquè quedi ben documentat.
- 2) Aprendre a gestionar un projecte complet i ampli des de zero.
- 3) Saber fer front als problemes que puguin sorgir durant la realització del projecte.
- 4) Entendre com funcionen els projectes oberts i col·laboratius per poder-ne treure profit reutilitzant les prestacions que ofereixen sense haver de reinventar la roda.
- 5) Aplicar els diversos coneixements que s'han adquirit al llarg del grau, fent èmfasi en els assolits en les assignatures de representació del coneixement i disseny i programació orientada a l'objecte, per a implementar el producte resultant. Tot això, emprant les bones pràctiques de la gestió de projectes.
- 6) Aprofundir en l'àrea de la web semàntica: *open data*, *linked data*, ontologies, estàndards associats...

### 1.2.1 Objectius específics

- 1) Difondre a la societat la informació dels punts de recàrrega que es troben en la ciutat de Barcelona, però alhora també permetre que els motors informàtics puguin tractar-la i/o inferir-hi nou coneixement.
- 2) Obtenir un fitxer en format CSV amb les dades dels punts de recàrrega que es troben en la ciutat de Barcelona.
- 3) Implementar i gestionar una ontologia enfocada a la cerca dels punts de càrrega més idonis per cada vehicle elèctric a Barcelona.
- 4) Carregar l'ontologia amb les dades del fitxer CSV mitjançant la implementació d'un *script*.
- 5) Permetre filtrar els punts de recàrrega segons les característiques del vehicle a carregar.



- 6) Adaptar una plataforma ja existent, com és map4rdf, per posicionar els punts de recàrrega de la ciutat de Barcelona i així facilitar la localització de les estacions de càrrega per als vehicles elèctrics.
- 7) Obtenir un producte final tan accessible com sigui possible per facilitar el dia a dia dels usuaris dels vehicles elèctrics.

### 1.3 Abast del Producte

Tot i que amb els objectius anteriorment definits, ja s'ha especificat l'abast específic del projecte, en aquest subapartat, es concreta l'abast del producte resultant.

Així doncs, el producte final inclourà una ontologia dels punts de càrrega dels vehicles elèctrics centrada en la infraestructura de recàrrega que disposa la ciutat de Barcelona. A més, per fer transparent la interrogació d'aquesta ontologia a l'usuari final, es proporcionarà una visualització de les dades en un mapa.

Cal ressaltar que, encara que s'ha comentat que seria interessant poder generar rutes tenint en compte els punts de recàrrega existents, aquest projecte no inclourà aquesta funcionalitat. El component del mapa es tractarà d'un element merament visual.

### 1.4 Enfocament i mètode seguit

L'estratègia seguida per aconseguir el producte final d'aquest TFP ha sigut la de realitzar un desenvolupament partint des de zero, ja que el que es pretén és representar la informació, actualment disponible en diversos formats, en un esquema de representació que en permeti també la interpretació per part d'un sistema informàtic.

No obstant això, de cara a la implementació de l'*script* que s'utilitzarà per poblar l'ontologia, sí que es recolzarà amb Apache Jena, que es tracta d'un *framework* de Java de codi obert que permet construir aplicacions basades en ontologies. Per altra banda, per mostrar les dades enriquides amb la seva geoposició, s'optarà per adaptar i configurar el *software* map4rdf al domini del TFP.

Pel que fa a l'organització del treball, s'ha decidit aplicar una metodologia en cascada, on les fases del projecte es realitzaran una rere l'altre. Tot i això, cal destacar que en

l'etapa de disseny i implementació del producte, en concret, el procés de construcció de l'ontologia, serà necessàriament iteratiu.

Per a realitzar aquesta subfase de creació de l'ontologia, hi ha diverses estratègies que guien el procés, com: *Methontology* [3], *On-To-Knowledge* [4], *Text2Onto* [5], *SENSUS-Based* [6], *Grüniger i Fox* [7], *Ontology development 101* [8], entre altres. Cadascuna d'aquestes metodologies descriu els procediments, les tasques i el cicle de vida per a la construcció i validació de l'ontologia.

En aquest treball s'ha optat per seguir els passos proposats per Noy i McGuinness en el llibre "*Ontology development 101: A guide to creating your first ontology*":

- Pas 1. Definir el domini i l'abast de l'ontologia.
- Pas 2. Valorar la reutilització d'ontologies existents.
- Pas 3. Llistar els termes rellevants de l'ontologia.
- Pas 4. Definir les classes i la jerarquia.
- Pas 5. Definir les propietats de les classes.
- Pas 6. Incorporar les restriccions de les propietats.
- Pas 7. Crear instàncies.

A continuació, es mostren les 5 fases del projecte, tot mostrant en detall la tercera fase, la qual correspon a la part tècnica del projecte, on es pot apreciar que una de les seves subfases és iterativa.

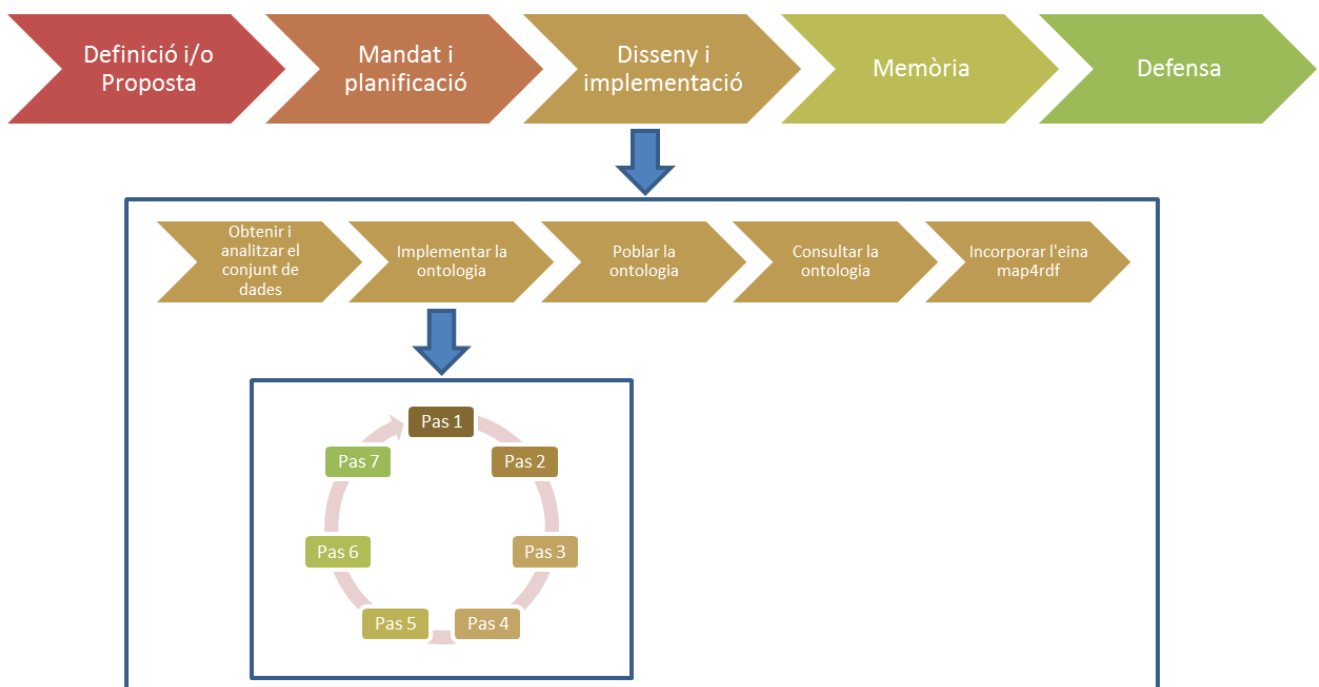


Figura 4. Procés de treball



## 1.5 Planificació del Treball

Per dur a terme aquest TFG, s'han utilitzat les següents eines:

- **Software:**
  - **Protégé**, com a *framework* per a desenvolupar l'ontologia.
  - **Eclipse**, com a entorn de programació per realitzar l'*script*.
  - **Stardog** i **Stardog Studio**, com a base de dades RDF per a realitzar consultes SPARQL.
  - **Virtuoso**, com a servidor de base de dades RDF per obtenir el resultat en format JSON de les consultes que es realitzen internament des del mapa, i que tenen la finalitat de proporcionar informació addicional dels punts mostrats en ell.
  - **Map4rdf**, com a eina per explorar el conjunt de dades RDF en una interfície web.
  - El llenguatge de programació **Java** junt amb les APIs d'**OpenCSV** i d'**Apache Jena**.
  - **Maven**, per compilar i empaquetar el projecte map4rdf accessible des del GitHub.
  - **Tomcat**, com a contenidor web amb suport de servlets, el qual permet executar l'aplicació web del mapa.
  - **VirtualBox**, per desplegar les dues màquines virtuals que s'utilitzen en el desenvolupament del producte del TFP. Així doncs, per una banda, es disposa d'un CentOS7 on corren les aplicacions Stardog i Map4rdf i, conseqüentment, també s'hi instal·la Maven i Tomcat. Per altra banda, s'utilitza una distribució de Linux, en concret Fedora, que conté el servidor de Virtuoso.
  - **Microsoft Word**, **Project** i **Power Point**, per redactar la memòria, realitzar el Gantt i el suport de la presentació, respectivament.
  - **Adobe After Effects**, per a dur a terme la presentació audiovisual.
- **Hardware:**
  - Un portàtil intel core i7, CPU de 2.4 GHz, 8 GB de RAM, amb Windows 8.1, per al desenvolupament del producte final.
  - Un ordinador de sobretaula iMac per a l'edició del vídeo.

Pel que fa a la realització del treball, com s'ha pogut comprovar en la figura 4, aquest s'ha dividit en 5 fases, les quals estaran marcades pels enunciats de les proves d'avaluació continua (PACs) i pel debat virtual. Tot seguit, es passa a detallar quines són les tasques que s'engloben en cadascuna de les fases.

### **Fase 1: definició o proposta del TFP**

Tasques a realitzar:

- Dur a terme una investigació general de la idea inicial del TFP.
- Elegir el títol del treball i les paraules clau que el descriguin.
- Realitzar la proposta de la temàtica del TFP.
- Contextualitzar i justificar el treball.
- Explicar la motivació personal.

### **Fase 2: mandat del projecte i planificació**

Tasques a realitzar:

- Establir els objectius i, en conseqüència, l'abast del treball.
- Concretar la feina que es realitzarà, amb la definició de l'abast del producte.
- Determinar la metodologia i el procés de desenvolupament del treball.
- Marcar la planificació del treball amb la descomposició de la feina en tasques.
- Profunditzar en l'estudi de la web semàntica.
- Analitzar el mercat (*benchmarking*) per definir l'estat de l'art.

### **Fase 3: disseny i implementació del producte**

Tasques a realitzar:

- Preparar l'entorn amb la instal·lació i configuració de les eines necessàries (Protégé, JDK, Eclipse, Stardog...).
- Cercar un conjunt de dades obertes en format CSV dels punts de recàrrega de Barcelona.
- Analitzar el conjunt de dades elegit, per definir el model del domini.
- Construir l'ontologia.
- Implementar el programa per poblar automàticament l'ontologia.
- Consultar l'ontologia amb SPARQL i GeoSPARQL.
- Incorporar l'eina map4rdf.

## Fase 4: documentació de la memòria

Tasques a realitzar:

- Generar la memòria final a partir de la documentació creada en les fases anteriors.
- Resumir els aspectes més importants del TFP i plasmar-los en un Power Point.
- Elaborar el vídeo de presentació.

## Fase 5: defensa virtual

Tasques a realitzar:

- Entregar la presentació del projecte.
- Respondre les preguntes del tribunal.

En acabar el TFP, aquest serà publicat al repositori de la UOC, anomenat l'Oberta en Obert (O2).

A continuació, la figura 5 mostra el cronograma, mitjançant l'ús d'un diagrama de Gantt, de la planificació temporal de les tasques anteriorment anomenades, junt amb la inclusió de les dates claus corresponents a les entregues de les PACs.

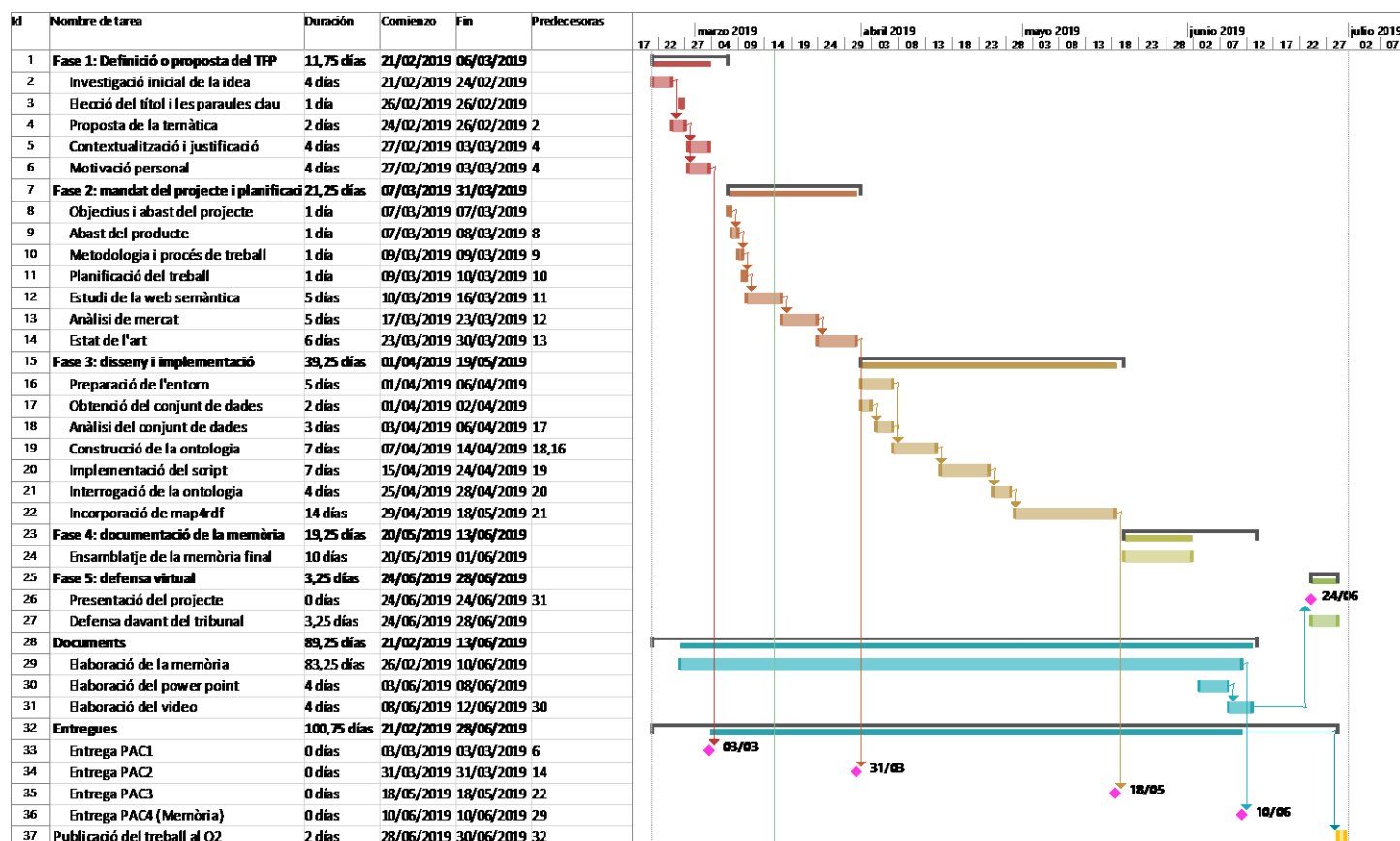


Figura 5. Diagrama de Gantt amb la planificació del TFG

## 1.6 Breu sumari de productes obtinguts

Com a resultat d'aquest projecte s'han obtingut els següents productes:

- Un **fitxer** en format **OWL** (`ElectricVehicleChargingPointsOntology.owl`), que conté l'estructura de l'ontologia que descriu el domini dels punts de recàrrega dels vehicles elèctrics de Barcelona.
- Un **fitxer CSV** (`PUNTS_RECARREGA_VEHICLES_ELECTRICS.csv`), descarregat de la web de l'ajuntament de Barcelona, que inclou tota la informació volcada en el producte final sobre aquests punts de càrrega.
- L'**script** desenvolupat en **Java** (`PopulateEVCPontology.java`) per poblar l'ontologia anterior amb les dades del fitxer CSV.
- Dos **fitxers**, un en format **TTL** (`EVCOntology_with_instances.rdf`) i l'altre en format **RDF** (`EVCOntology_with_instances.ttl`), obtinguts de l'execució del codi anterior i, per tant, contenen l'ontologia poblada, és a dir, amb instàncies.
- Els **quatre fitxers de configuració de map4rdf** (`EVCP.properties`, `EVCP_facets.ttl`, `EVCP_Equipment_additional_info.properties` i `EVCP_Connector_additional_info.properties`) necessaris per la seva integració en el present projecte.

## 1.7 Breu descripció dels altres capítols de la memòria

Aquesta memòria s'ha estructurat en 2 grans parts. En la primera d'elles, s'introdueix el TFP mitjançant una descripció breu dels conceptes teòrics de l'àrea del treball, així com de l'exposició d'altres projectes actuals de la mateixa temàtica que el projecte a realitzar. Per altra banda, en la segona part es documenta tot el procés pràctic que s'ha dut a terme pel desenvolupament del producte resultant, tot detallant-lo amb imatges que mostren el seu funcionament.

## 2. Estat de l'art

En aquest apartat s'introdueixen els conceptes i les definicions claus per comprendre els components que conformen la base d'aquest projecte, és a dir, la web semàntica, i el paper que hi juguen les ontologies. A continuació, s'expliquen les tecnologies i els estàndards definits pel *World Wide Web Consortium* (W3C), seguit dels conceptes d'*Open Data* i de *Linked Data*. Finalment, s'exposen i s'avaluen les diverses solucions existents per la gestió dels punts de recàrrega dels vehicles elèctrics.

### 2.1 La web semàntica

La web d'avui dia, també coneguda com la web 2.0, està orientada a ser explorada per part d'humans, ja que la tecnologia en la qual es basa és l'hipertext, amb formats com el llenguatge de marques HTML, el qual es centra únicament a incorporar la informació sobre la presentació del contingut. En conseqüència, la manca d'informació sobre la interpretació o el tipus de les dades de la web, és a dir, el significat del contingut, en dificulta la interpretació de la informació per part de les màquines.

Per aquest motiu, apareix la web semàntica o web 3.0, que és l'evolució i extensió de la web actual. Aquesta neix amb el repte de què el seu contingut pugui ser, a més, manipulat de manera automàtica, de forma que tant els humans com els programes informàtics puguin treballar col·laborativament, tal com comenta Tim Berners-Lee.

Per fer això possible, s'ha de complementar el contingut existent amb anotacions semàntiques, amb l'objectiu d'incorporar explícitament el significat de les dades. En altres paraules, s'ha d'estructurar la informació de manera útil.

Així doncs, la web semàntica es basa en dos pilars:

- 1.- La **descripció del significat dels conceptes**, mitjançant:
  - a. La **semàntica**, que estudia el significat lingüístic dels termes, els quals han de ser interpretables pels programes.
  - b. Les **metadades**, que és un conjunt de dades que descriu el contingut d'un recurs.
  - c. Les **ontologies**, que defineixen i estructuren formalment els conceptes d'un domini concret, a partir de la seva interrelació.
- 2.- La **manipulació automàtica d'aquestes descripcions**.

## 2.2 Les ontologies

El 1993, Tomas Gruber va definir el concepte d'ontologia, en el marc de les ciències de la computació i comunicació, com *una especificació explícita i compartida d'un domini*. Analitzant aquesta definició, s'extreu que una ontologia ha de representar explícitament una part de la realitat, consensuada per una comunitat de persones i, a més, aquest coneixement ha d'estar codificat en un format interpretable pels sistemes informàtics.

A nivell tècnic, una ontologia es constitueix, principalment, amb els següents quatre elements:

- Els **conceptes**, que representen les idees rellevants del domini. Aquests s'estructuren jeràrquicament, per tal de definir conceptes més específics.
- Els **atributs**, que representen l'estructura interna dels conceptes, és a dir, les propietats i els seus valors assignats.
- Les **relacions**, que enllacen semànticament els conceptes, per representar una interacció concreta.
- Les **instàncies**, que representen objectes concrets del domini.

## 2.3 Tecnologies i estàndards de la web semàntica

Per poder ampliar la web actual, incorporant-hi informació semàntica, s'han hagut d'integrar un conjunt de tecnologies i estàndards nous als ja existents. En concret, l'arquitectura de la web semàntica s'ha basat en una jerarquia de capes, on a cada nivell s'han afegit una sèrie de mecanismes per tractar un aspecte concret d'aquesta extensió de la web.

Aquests estàndards es representen en la següent figura i, tot seguit, s'expliquen els més importants.

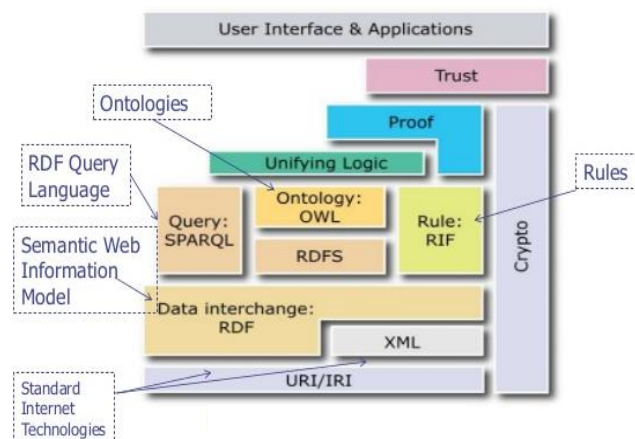


Figura 6. Arquitectura de la web semàntica

### 2.3.1 URI

L'*Uniform Resource Identifier* (URI) es tracta d'un estàndard localitzat en la capa inferior, on es defineix la pàgina web semàntica lèxicament. En concret, aquest estàndard permet identificar de forma unívoca els diversos recursos, fent ús d'una cadena de caràcters ASCII.

Les parts de les quals consta un URI es mostren en la figura següent.

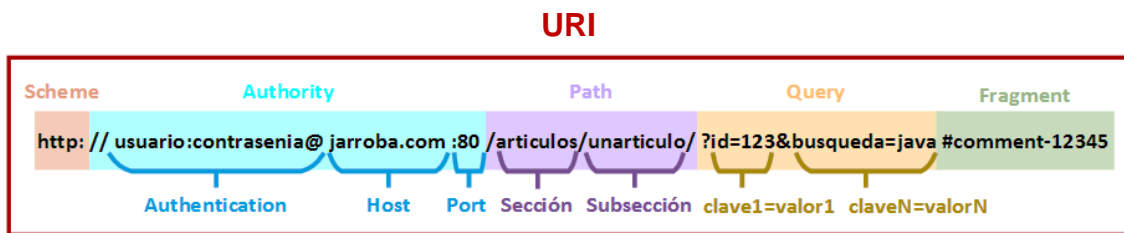


Figura 7. Estructura d'un URI

### 2.3.2 XML

L'*extensible Mark-up Language* (XML) és un metallenguatge de propòsit general que especifica la sintaxi de les pàgines web. Aquest permet definir llenguatges de marques adequats a usos concrets.

L'XML utilitza un conjunt d'elements delimitats per marques, anomenades etiquetes, que estructuraven les dades dels documents, tot separant explícitament el contingut de la presentació. Aquest fet, permet que els recursos codificats en aquest llenguatge, puguin ser llegits tant per humans com per màquines.

Malauradament, les etiquetes únicament emmarquen les dades, però no permeten incorporar la seva semàntica, pel que segueix sent complex determinar el seu significat.

Tot i això, gràcies a permetre representar i compartir informació estructurada de manera estàndard, la resta de tecnologies de la web semàntica es fonamenten en aquest metallenguatge.

```
<?xml version="1.0" encoding="iso-8859-1" ?>
- <department>
- <employee>
  <name>John Doe</name>
  <job>Software Analyst</job>
  <salary>2000</salary>
</employee>
- <employee>
  <name>Jane Fletcher</name>
  <job>Designer</job>
  <salary>2500</salary>
</employee>
</department>
```

Figura 8. Exemple d'un fragment de codi XML

### 2.3.3 RDF

El **Resource Description Framework (RDF)** és el nucli de la web semàntica, ja que proporciona un model de dades que permet representar estructuradament la informació, tot dotant de significat els elements mitjançant l'addició de metainformació a qualsevol mena de dada.

L'RDF es basa en l'XML, pel que presenta la millora en l'accessibilitat del contingut, però, addicionalment, permet aconseguir la reutilització, l'evolució i l'extensibilitat d'esquemes de metadades, a més de garantir la interoperabilitat sense perdre el significat de les dades.

Aquest model es fonamenta en l'especificació de triplets de la forma **subjecte-predicat-objecte**. Aquests connecten entitats, el subjecte i l'objecte, mitjançant relacions binàries que marquen aspectes del recurs del subjecte, les quals es corresponen amb el predicat o propietat. Aquests triplets denoten un fet, el qual s'acostuma a representar en forma de graf.

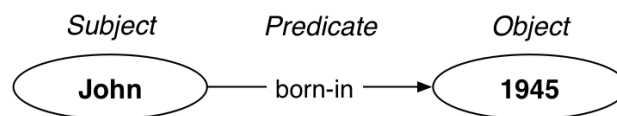


Figura 9. Exemple d'un triplet

De fet, en l'exemple anterior, per garantir una estructura semàntica no ambigua, s'ha de descriure l'entitat subjecte i el predicat de forma única. Per això, aquests s'han de referenciar mitjançant una **URIref (URI references)**, la qual està composta per un URI, seguit de l'identificador de l'element i el símbol *hash* (#). Cal comentar que en aquest cas, l'objecte no requereix d'URIref pel fet de tractar-se d'un literal.

Tot i això, si per definir un mateix recurs o predicat s'utilitzen URIs diferents, els programes no podran inferir que es tracta d'una mateixa informació. Així doncs, l'RDF per si sol no aporta cap mecanisme per ajudar a descriure la semàntica. Per aquest motiu, apareixen els vocabularis, els quals ofereixen col·leccions d'URIs d'un determinat domini.

En concret, l'**RDF Schema** o **vocabulary (RDFS)** permet descriure les classes, jerarquies i propietats, que seran utilitzats en els triplets, assignant-els-hi un significat específic.



### 2.3.4 OWL

El *Web Ontology Language* (OWL) es tracta d'un llenguatge basat en la lògica descriptiva que permet definir ontologies estructurades compatibles amb l'arquitectura de la web semàntica. Aquest estàndard proporciona un model construït sobre RDF i codificat en XML.

En particular, l'OWL és una extensió de l'RDFS, ja que la descripció de termes i relacions és més complexa, pel fet que permet expressar restriccions sobre classes, propietats de classes i relacions entre classes.

Convé destacar que aquest llenguatge es divideix en tres subllenguatges en funció del nivell d'expressivitat que ofereix i, com a conseqüència, de la complexitat computacional en realitzar inferències, és a dir, raonaments.

Així doncs, la versió més restringida en expressivitat, l'**OWL Lite**, està enfocada a migrar la informació procedent d'altres llenguatges ontològics, pel que permet definir una jerarquia i restriccions de cardinalitat simple. Ampliant la versió anterior es troba l'**OWL DL**, el qual ofereix un major grau d'expressivitat, tot garantint la finalització dels processos de raonament. Per últim, l'**OWL Full** proporciona la màxima llibertat d'expressió, permetent les metaclasses (un URI és alhora una classe i una instància), fet que pot derivar en incompletesa per part del raonador.

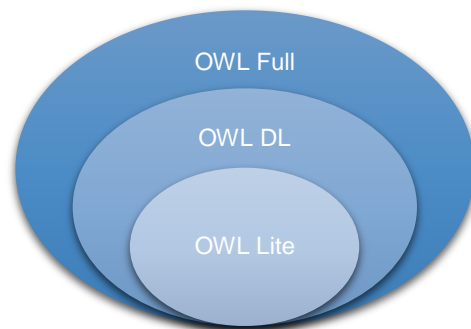


Figura 10. Subllenguatges d'OWL

### 2.3.5 SPARQL

El *Simple Protocol and RDF Query Language* (SPARQL) és un llenguatge estàndard que permet accedir, consultar i filtrar informació continguda en un model basat en RDF.

Aquest llenguatge està inspirat en l'SQL, pel que sintàcticament presenta grans similituds. No obstant això, en l'àmbit funcional difereixen notablement, ja que l'SQL es basa en un model relacional, mentre que l'SPARQL treballa amb un model en graf.

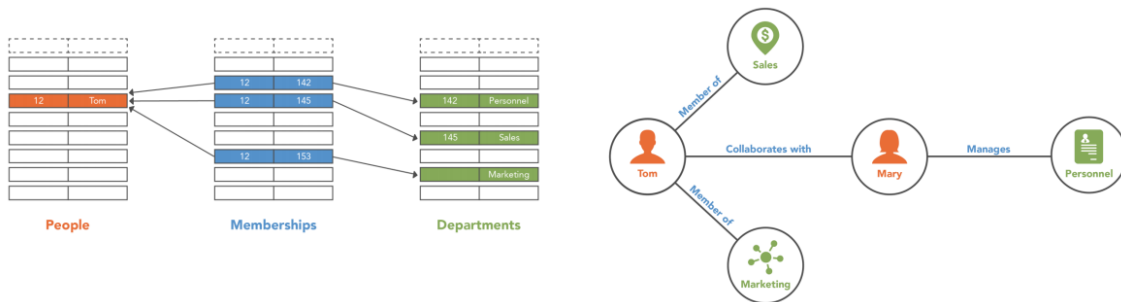


Figura 11. Model relacional vs model de graf

En concret, les consultes d'SPARQL es basen en estructures de triplets, on mitjançant l'ús de variables en diversos components dels triplets, permeten indicar les condicions que han de complir les dades del graf a mostrar. Així doncs, el resultat d'una consulta està format per tots aquells triplets del graf que, en substituir la variable pel valor del triplet, satisfan les condicions.

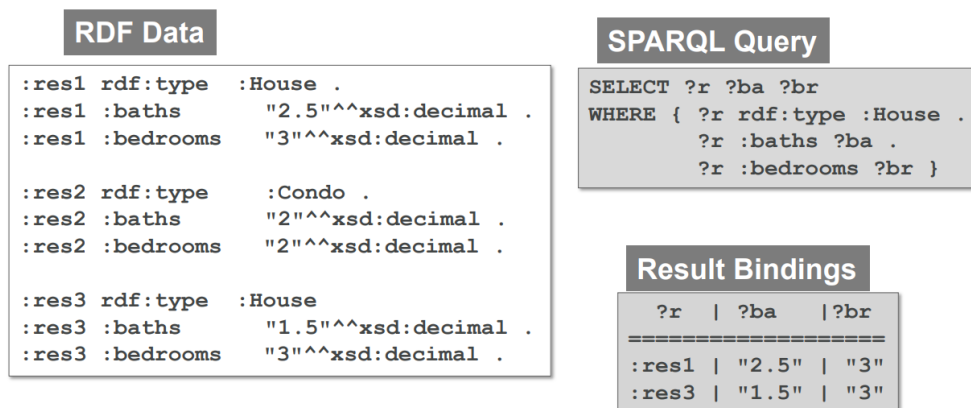


Figura 12. Exemple del funcionament d'una consulta SPARQL

### 2.3.6 GeoSPARQL

El **GeoSPARQL** és un estàndard del *Open Geospatial Consortium* (OGC) que, per una banda, defineix una ontologia amb el vocabulari necessari per representar, en format RDF, dades geoespacionals. En concret, la geometria és codificada mitjançant un literal serialitzat que segueix la representació **Well Known Text (WKT)**. Aquesta sintaxi permet descriure els objectes espacionals en format vectorial.

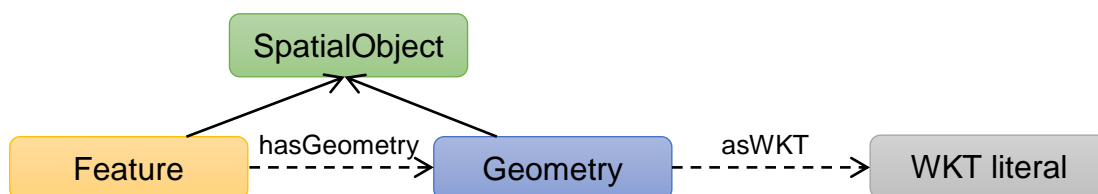


Figura 13. Model de l'ontologia geoespacial

Per altra banda, el GeoSPARQL proporciona una extensió del llenguatge de consulta SPARQL per poder treballar amb aquest tipus de dades. A més, inclou un conjunt de funcions topològiques per realitzar càlculs espacials, tant quantitativs com qualitativs.

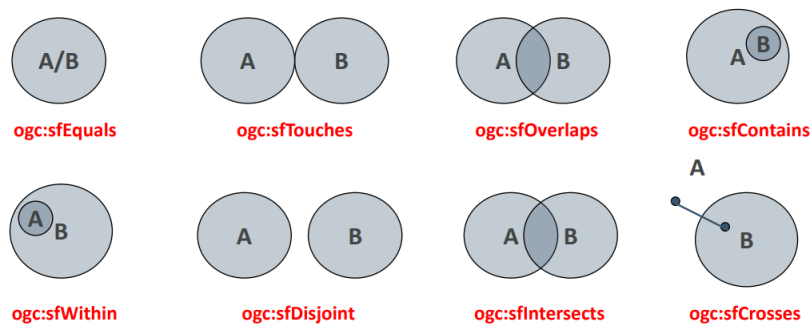


Figura 14. Relacions topològiques entre objectes espacials

## 2.4 Open Data

En general, el concepte d'*open data* es basa en una sèrie de principis i metodologies que afecten la forma de produir i difondre les dades per tal de garantir els drets d'accés, ús, modificació i redistribució d'aquestes.

Segons l'*Open Knowledge Foundation*, les dades obertes són aquelles que poden ser utilitzades, reutilitzades i redistribuïdes lliurement per qualsevol persona i, que com a molt, poden estar lligades al dret de citació, així com requerir que únicament es comparteixin les dades en el format original.

A la pràctica, els principals beneficis d'aquesta obertura es troben en l'augment notable de capacitat d'interoperar, integrar i combinar diferents fonts de dades, el que permet desenvolupar sistemes complexos, així com aportar valor afegit.

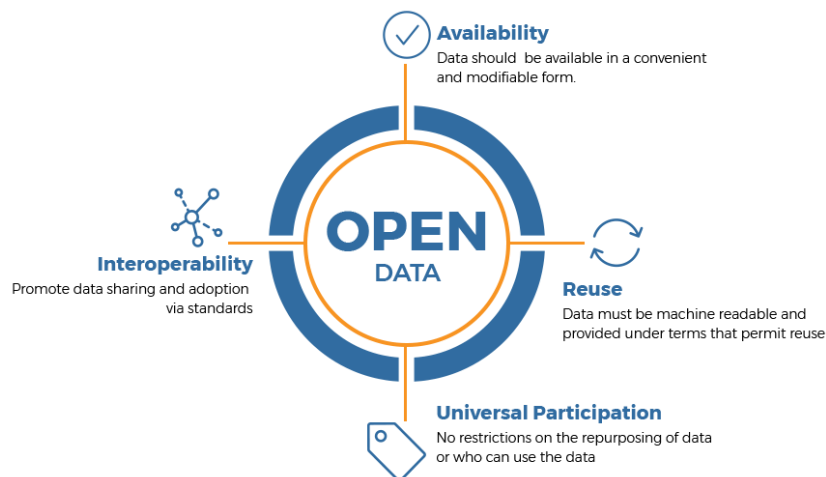


Figura 15. Característiques del *open data*

## 2.5 Linked Data

El *linked data* és la base tècnica de la web semàntica, perquè aquest concepte fa referència a una gran col·lecció de dades, les quals es troben relacionades entre si, i, alhora, són accessibles en un format estàndard i manejable.

L'objectiu de les dades enllaçades és unir dades de dominis i d'orígens diferents per poder contextualitzar-les i navegar entre elles, evitant d'aquesta forma crear illes d'informació. Per això, el *linked data* descriu un mètode de publicació de dades estructurades perquè dades procedents de diferents fonts puguin ser interconnectades, consultades i analitzades com si es tractés d'un únic conjunt de dades.

La forma més popular avui en dia d'enllaçar les dades és la proposada per Tim Berners-Lee, la qual es basa en quatre principis bàsics:

- 1) **Identificació:** per descriure els elements a compartir i enllaçar, aquests han de tenir un URI.
- 2) **Consulta:** per localitzar un element i poder conèixer la semàntica del recurs, s'ha d'aprofitar l'HTTP de la URI que l'identifica.
- 3) **Descripció:** per proporcionar informació útil del recurs, s'han d'utilitzar els estàndards web, com l'RDF i l'SPARQL.
- 4) **Enllaç:** per poder navegar per les dades i descobrir informació relacionada, s'han d'incloure enllaços a altres URIs.

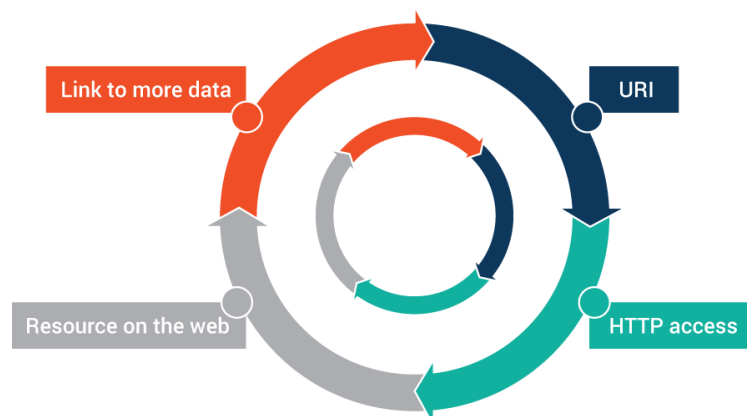


Figura 16. Principis bàsics del *linked data*

## 2.6 Accessibilitat de les dades

Les dades obertes han de ser accessibles, però tant en el marc legal com en el tècnic, i tant des del punt de vista de les persones com de les màquines. Així doncs, s'ha de facilitar que les dades siguin accessibles de forma senzilla i, preferiblement, que aquestes es trobin en un format llegible pels sistemes informàtics.

Tim Berners-Lee estableix un model de cinc estrelles per determinar com d'accessibles són les dades, en funció del format en el qual es troben i com d'interrelacionades estan. Així doncs, els nivells de l'esquema de Berners-Lee són:

### **Nivell ★:**

Consisteix a publicar dades a la web en qualsevol format, però sota una llicència oberta. D'aquesta forma, les dades poden ser cercades, emmagatzemades, modificades, compartides... Tot i això, aquestes no poden ser interpretades per un sistema informàtic.

### **Nivell ★★:**

La segona estrella indica que les dades obertes, han d'estar disponibles en un format estructurat per permetre la lectura a les màquines. Per contra, aquestes dades encara no són accessibles per a tothom, ja que s'ha de disposar d'un *software* propietari per poder treballar amb la informació d'aquests documents.

Les dades que compleixen aquestes condicions, poden ser tractades com les que tenen una estrella, però a més, poden ser processades directament amb un programari propietari, així com exportades a altres formats estructurats.

### **Nivell ★★★:**

Aquest nivell d'accessibilitat s'aconsegueix quan les dades utilitzen formats no propietaris, com és el cas del format *comma-separated values* (CSV). D'aquesta forma, els usuaris no necessiten un *software* propietari per poder analitzar les dades.

### **Nivell ★★★★:**

La quarta estrella s'atorga a les dades que per identificar els elements, utilitzen els estàndards oberts del W3C, és a dir, l'URI, l'RDF i l'SPARQL. Amb aquests estàndards, les dades queden representades en forma de graf, fet que permet la seva vinculació des de qualsevol altre punt, així com la seva reutilització.

### Nivell ★★★★★:

El nivell màxim d'accessibilitat es concedeix a les dades que, a més de ser obertes, es troben enllaçades amb altres dades per tal de proporcionar context, és a dir, es corresponen a les *open linked data*.

Aquest tipus de dades permeten descobrir més i més dades interconnectades mentre són consumides, pel que guanyen rellevància i utilitat per la societat a mesura que van sent referenciades des d'altres conjunts de dades. Per aquest motiu, les dades obertes i enllaçades beneficien tant als consumidors com als editors de les dades.

En resum, la classificació comença amb una estrella i a mesura que desapareixen els formats propietaris i es van afegint enllaços, el nombre d'estrelles augmenta.

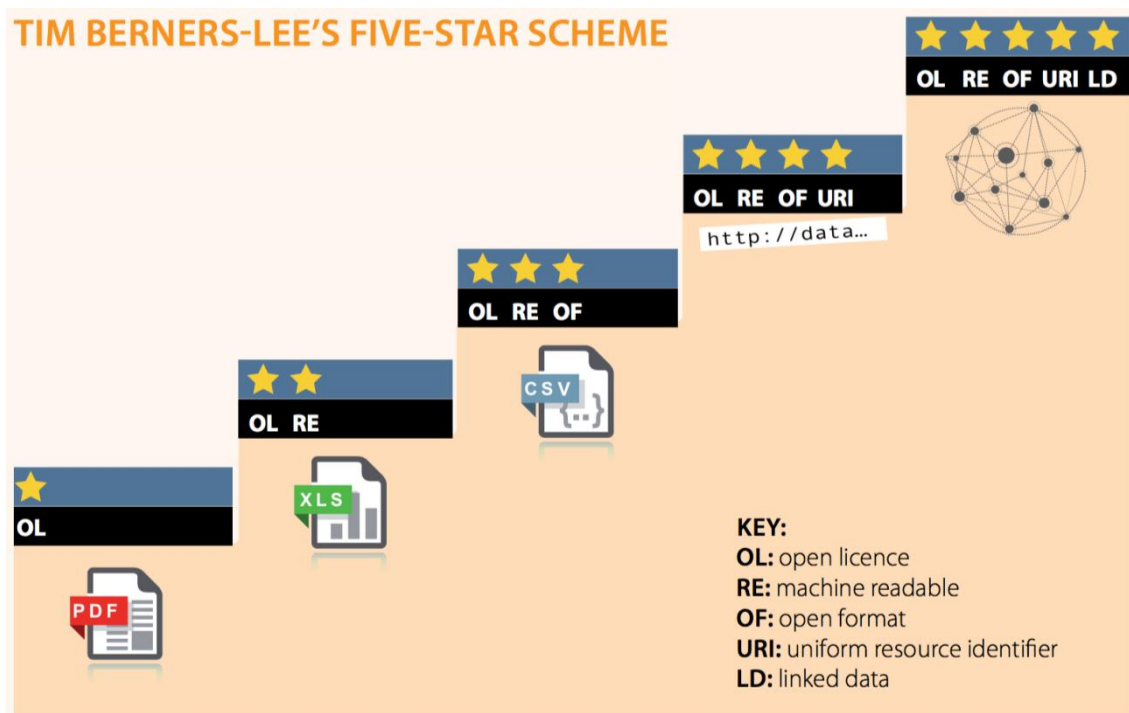


Figura 17. Model de cinc estrelles de Tim Berners-Lee

## 2.7 Open Linked Data

El concepte d'*Open Linked Data* es dóna quan es disposa de dades enllaçades (*linked data*), i quan aquestes són publicades explícitament sota una llicència oberta (*open data*). Cal tenir en compte que no totes les dades enllaçades estan publicades en obert, i tampoc totes les dades obertes estan enllaçades seguint els principis de Berners-Lee comentats en l'apartat 2.4. Aquest tipus de dades obtenen el màxim nombre d'estrelles segons el model de 5 estrelles de Tim Berners-Lee.

## 2.8 Projectes existents

Actualment, es poden trobar diverses solucions, tant en format web com en aplicacions mòbils, les quals tenen la finalitat de resoldre el problema que s'aborda en aquest TFP. La majoria d'aquests productes consisteixen en programes privats, és a dir, plataformes propietàries, que es poden fer servir lliurement, sempre amb un registre previ. Aquestes aplicacions presenten en un mapa els punts de recàrrega d'una ubicació.

Alguns exemples d'aquests productes són:

- **PlugShare** [9] es tracta d'un aplicatiu web i mòbil que inicialment enregistra el model de vehicle de l'usuari, per tal de configurar automàticament els filtres de cerca dels punts de recàrrega. Aquest projecte també inclou la funcionalitat descartada en aquest TFP, de definir una ruta, és a dir, anar d'un punt A a un punt B, i que el programa mostri els punts compresos a menys d'un radi predefinit, que podrien ser utilitzats al llarg del trajecte.
- **ChargeHub** [10] i **ZapMap** [11] són dos productes molt semblants, els quals es centren únicament amb les estacions de recàrrega que es troben ubicades en un país, en aquest cas, a Nord Amèrica (EEUU i Canada) i Regne Unit, respectivament. Ambdós projectes permeten filtrar els punts manualment per part de l'usuari, i també ofereixen la funcionalitat de definir una ruta com es fa en PlugShare. Com a novetat, ChargeHub també informa de la disponibilitat dels punts de recàrrega, aspecte que, per aquest TFP, ja s'havia valorat com una possible línia futura.
- **ChargeMap** [12] és un projecte que, com els anteriors, mostra els punts que compleixen les condicions que indica l'usuari a través d'uns filtres, i que permet definir rutes. A diferència de ChargeHub i ZapMap, aquest conté estacions de recàrrega de tot el món. Aquest producte té d'especial el fet que es centra a proporcionar la informació dels punts de recàrrega, tot enriquint-la amb els punts d'interès que es troben al seu voltant (*points of interest*, POI). Així doncs, aquest treball integra dades procedents d'altres fonts.

Cal destacar que totes aquestes aplicacions permeten la notificació i l'enregistrament de nous punts de recàrrega per part dels usuaris, però cap d'elles – excepte PlugShare – facilita a la comunitat d'usuaris la descàrrega de les seves dades. Per

això, les seves dades no es poden considerar *open data* pel fet que no poden ser utilitzades, redistribuïdes, ni integrades amb altres fonts per generar nous productes o aportar més valor.

Per altra banda, també s'ha trobat un producte *open source* que va sorgir l'any 2011, anomenat **Open Charge Map (OCM)** [13]. Igual com els productes propietaris anteriors, aquest projecte també proporciona les funcionalitats de cerca de punts mitjançant filtratges, i de definició de rutes.

Tot i això, el principal objectiu d'aquest projecte és el de treballar col·laborativament amb la comunitat per desenvolupar i així proporcionar una base de dades global dels equips de recàrrega que sigui d'alta qualitat, pública, lliure i oberta. Així doncs, a diferència de les altres solucions, les quals es guarden la informació, Open Charge Map opta per la compartició de les dades. Per aquest motiu, posa a disposició dels usuaris, una API que pot ser utilitzada tant per enviar com per recuperar informació de la seva base de dades. D'aquesta forma els usuaris poden accedir al conjunt de dades i desenvolupar noves aplicacions.

Pel que fa a les dades amb les quals treballa, el projecte OCM incorpora informació procedent de fonts de dades obertes importades i informació introduïda manualment. Tal com es comenta en el README del seu projecte del Github [14], totes aquestes dades són emmagatzemades en un servidor SQL, és a dir, en un model relacional, el qual utilitza MongoDB en la capa addicional d'emmagatzematge en memòria cau.

En definitiva, el producte d'aquest TFP serà semblant a l'OCM en el sentit que treballarà amb dades obertes i tindrà per objectiu facilitar l'accés a les dades per part dels usuaris, així com permetre que, posteriorment, es pugui reutilitzar el conjunt de dades enllaçant-lo amb altres fonts. Però a diferència de l'OCM, el producte final del TFP es basarà en les tecnologies i els estàndards de la web semàntica, per tant, es treballarà amb un model de graf en comptes d'un model relacional.



## 3. Disseny i implementació del producte

En aquest apartat, es documenten les diverses tasques que s'han realitzat per obtenir el producte final d'aquest TFP. Per això, en primer lloc, s'explica breument com s'ha establert l'entorn de treball – màquines i programes – per desenvolupar el producte. A més, també s'indiquen com s'han relacionat les diverses eines entre elles mitjançant els fitxers d'entrada i de sortida de cadascuna.

A continuació, es comenta com és el conjunt de dades amb el qual es treballarà, per passar posteriorment a l'estructuració dels conceptes i relacions a través de la descripció de l'ontologia. Tot seguit, es mostra com s'ha implementat el codi que automatitza el procés de creació d'instàncies en la nova ontologia, així com de l'explotació que se'n pot fer d'aquestes dades mitjançant la realització de consultes SPARQL i GeoSPARQL.

Finalment, s'indica el procediment i les configuracions dutes a terme per poder mostrar la informació, enriquida geogràficament, en un mapa mitjançant la integració del projecte map4rdf, el qual ha estat desenvolupat per la Universitat Politècnica de Madrid (UPM).

### 3.1 Entorn per desenvolupar el producte

Per dur a terme la part pràctica del projecte, s'ha utilitzat una màquina física, on s'han instal·lat i configurat les eines de Protégé, Eclipse, Stardog Studio (per la posterior exploració de dades) i VirtualBox. A més, s'han desplegat dues màquines virtuals: un CentOS 7, on s'ha executat el map4rdf i el servidor d'Stardog, i un Fedora, on s'ha instal·lat el servidor de Virtuoso.

Com es pot comprovar, el producte final utilitza dos servidors de bases de dades RDF – Stardog i Virtuoso. Això es deu al fet que ambdues eines presenten limitacions de funcionalitats, però conjuntament permeten satisfer les necessitats d'aquest TFP.



En concret, l'Stardog es comunica amb el projecte del map4rdf per mostrar al mapa les dades enriquides geogràficament i, a més, també proporciona un raonador, pel que permet treballar amb classes equivalents i no haver d'indicar explícitament totes les classes a les quals pertany una instància.

Tot i això, per mostrar informació addicional dels punts que es mapejen, map4rdf obliga que la resposta a aquesta consulta sigui en format JSON i, malauradament,

aquest SPARQL *endpoint* no permet especificar el format de resposta mitjançant un paràmetre en la seva URL, sinó que s'ha de modificar manualment la consulta HTTP encapsulada en el codi de map4rdf. Cal comentar que l'edició del codi del projecte map4rdf queda fora de l'abast d'aquest TFP.

Per altra banda, Virtuoso també s'integra amb map4rdf, però, a més, aquest també permet indicar en la mateixa URL de l'*endpoint* el format de la resposta. Per contra, compte amb un raonador molt bàsic, el qual està molt limitat a l'hora d'utilitzar predicats més sofisticats com els que es defineixen amb el llenguatge OWL, a més d'haver-se de configurar manualment.

En la següent taula es mostren les característiques desitjades i el compliment o incompliment per part de cadascuna d'aquestes eines comentades.

		
Permet la integració amb map4rdf	✓	✓
Disposa d'un raonador per poder inferir nou coneixement	✓	✗
Retorna les consultes en format JSON	✗	✓

**Taula 1.** Comparativa de funcionalitats del Stardog i el Virtuoso

Per aquests motius, en el desenvolupament del producte final, s'ha fet ús principalment de l'eina Stardog per consultar l'ontologia, tant de forma externa al mapa, per l'explotació de les dades, com interna, per visualitzar les dades enriquides geogràficament. Cal comentar que en la integració del mapa, també s'ha utilitzat el Virtuoso per mostrar la informació addicional de les dades que es geoposicionen.

A continuació, en la figura 18 es mostra la relació entre els diversos programes que s'han utilitzat al llarg del desenvolupament, i per això, s'indiquen quins fitxers/dades utilitzen d'entrada i quins resultats generen. Cal destacar que en el següent gràfic no s'han inclòs les dependències necessàries per al funcionament de cada programa.

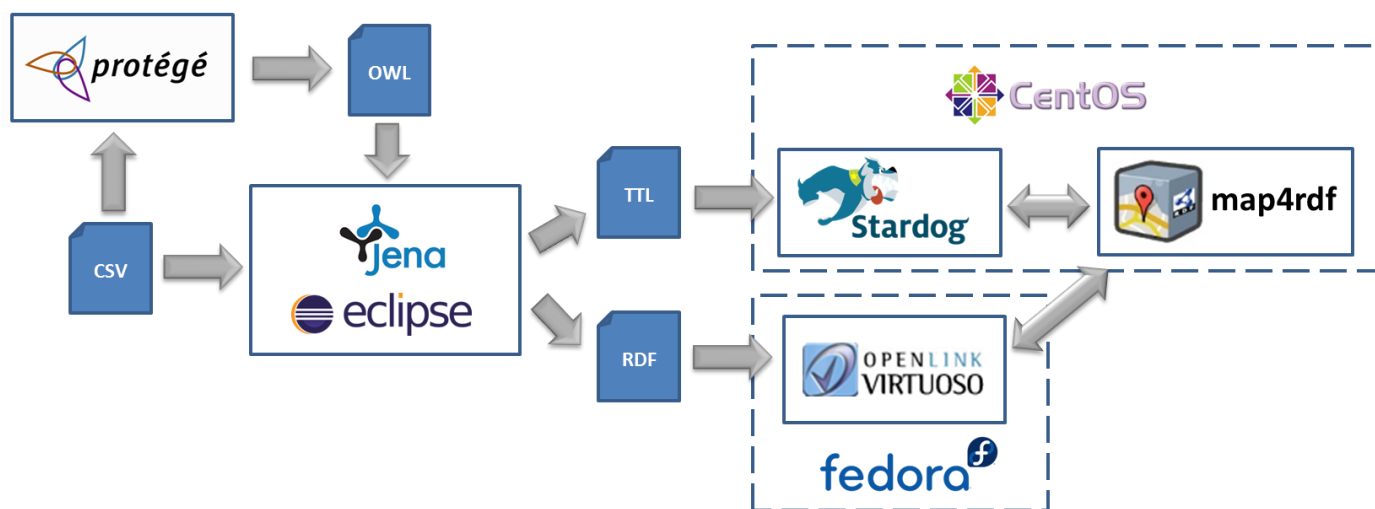


Figura 18. Relació entre el programari utilitzat

Com es pot veure, a partir del fitxer CSV obtingut de la web d'*open data* de l'ajuntament de Barcelona, s'estableix l'estructura de l'ontologia, és a dir, la jerarquia de conceptes, les propietats i les relacions entre aquests. En particular, l'ontologia es desenvolupa amb el *software* Protégé, i com a resultat s'obté un fitxer OWL amb la definició del model de dades de graf.

A continuació, es pobla automàticament el model amb les dades del fitxer CSV tot fent ús d'un *script* en Java on s'han utilitzat les APIs d'OpenCSV, per llegir i extreure les dades del fitxer CSV, i d'Apache Jena, per treballar amb el graf RDF (crear individus i relacionar-los entre ells).

En executar el codi implementat, es generen dos fitxers, un en format Turtle (TTL) i un altre en format RDF, els quals contenen la mateixa informació (l'ontologia poblada), però ambdós fitxers són necessaris, ja que cada SPARQL *endpoint* treballa amb una sintaxi diferent.

Finalment, tant Stardog com Virtuoso es comuniquen amb map4rdf, i retornen els individus que compleixen les condicions de les consultes realitzades per part de map4rdf, que és qui finalment s'encarrega de mostrar les dades en la interfície gràfica (mapa).

### 3.1.1 Instal·lació de les eines

En aquest subapartat es detalla el procediment seguit per instal·lar les 5 eines que s'han anomenat: Protégé, Eclipse junt amb les APIs d'Apache Jena i OpenCSV, Stardog, Virtuoso i map4rdf.

- **Protégé.** El procés d'instal·lació és molt ràpid, només cal descarregar la versió 5.5.0 de la seva pàgina oficial [15], executar l'instal·lador `Protege.exe` i deixar la configuració que ve per defecte.

- **Eclipse, Apache Jena i OpenCSV.** Per realitzar la instal·lació d'Eclipse, cal descarregar l'*IDE for Java Developers* de la seva web [16], descomprimir-lo i executar-lo.

A continuació, únicament cal indicar el *workspace* i generar un nou projecte Java. Per últim, es procedeix a incorporar les dues llibreries (Jena i OpenCSV) al *Java Build Path* del projecte en qüestió. En el cas del Jena, s'ha hagut de moure el fitxer `jena-log4j.properties` de l'arrel de la llibreria jena a la carpeta `bin` del projecte i reanomenar-lo per `log4j.properties`, ja que en cas contrari, en executar el projecte apareixia un *warning*.

Cal ressaltar que com a requisit previ s'ha de tenir instal·lada una versió del JDK, en aquest cas, es disposa de la 1.8.

- **Stardog.** Des de la pàgina de Stardog [17], cal registrar-se com usuari i sol·licitar la descàrrega del *software*, en concret la versió *Stardog's Academic* 6.1.3, junt amb la seva llicència de prova.

A continuació, s'ha de descomprimir el ZIP del programa per seguir amb la seva configuració. Per això, s'ha de crear un fitxer de configuració `stardog.properties` en la carpeta arrel, el qual conté els següents paràmetres:

```
spatial.use.jts=true
query.all.graphs=true
query.timeout=30000000
```

Tot seguit, s'ha de copiar el fitxer de la llicència en l'arrel, i s'ha de configurar la variable `STARDOG_HOME` del sistema per tal que apunti a aquest directori.

Per últim, s'ha d'instal·lar en la carpeta `server/ext` la llibreria `java JTS` [18] per poder utilitzar les funcions geoespacionals.

Un cop instal·lat, només resta arrancar el servidor, des del directori `bin`, amb la comanda:

```
stardog-admin server start
```

Aquest servei es troba en l'adreça `http://localhost:5820`, i per defecte, les credencials d'accés són:

```
Usuari: admin  
Password: admin
```

- **Virtuoso.** La instal·lació del Virtuoso s'ha realitzat en una altra màquina virtual independent, partint d'una distribució de Linux anomenada Fedora, que per defecte inclou paquets binaris preconstruïts d'aquest programari i, per tant, facilita el procés d'instal·lació. En particular, únicament cal executar la següent comanda:

```
yum install redland-virtuoso virtuoso-opensource{,-utils}
```

Tot seguit, s'ha modificat el fitxer de configuració que ve per defecte per diferenciar l'adreça del servei. Així doncs, s'ha modificat el següent paràmetre del fitxer `/etc/virtuoso/virtuoso.ini`:

```
DefaultHost = virtuoso.patricia:8890
```

A més, en el client on es realitzaran les consultes al Virtuoso, és a dir, en la màquina CentOS que conté el `map4rdf`, caldrà modificar el fitxer `/etc/hosts`, afegint l'assignació de la IP del Virtuoso amb el nom elegit:

```
192.168.1.45 virtuoso.patricia
```

Per últim, per arrancar el servei, només cal executar la següent comanda des del directori `/etc/virtuoso`:

```
virtuoso-t -df
```

Aquest servei es troba en l'adreça `http://virtuoso.patricia:8890`, i per defecte, les credencials d'accés són:

```
Usuari: dba  
Password: dba
```

- **Map4rdf.** La instal·lació i configuració d'aquesta eina està documentada en l'apartat "3.6 Integració de `map4rdf`", ja que en ser una eina personalitzable, la seva configuració és específica per a cada projecte. Així doncs, per poder detallar la configuració aplicada en aquest treball, s'ha de disposar prèviament del model de dades.

## 3.2 Anàlisi del conjunt de dades

El conjunt de dades utilitzat s'ha extret de la web de l'*open data* de l'ajuntament de Barcelona. Aquesta web disposa d'un catàleg de *datasets* dels quals en permet la visualització i la descàrrega en fitxers en format CSV, XML, ZIP, JSON..., així com proporciona de cada fitxer la definició dels camps que el componen.

En concret, l'estructura del conjunt de dades utilitzat en aquest TFP, PUNTS\_RECARREGA\_VEHICLES\_ELECTRICS.csv, és la següent:

Camp	Descripció
01.CODI_OPENDATA	Codificació global, indica connector (COD ID EST + COD ID EQ + INSERV + COD CONECT)
02.CODI_IDENTIFICACIO_ESTACIO	Codi de l'estació de recàrrega (conjunt d'equips en un emplaçament)
03.CODI_IDENTIFICACIO_EQUIP	Codi d'identificació de l'equip (cdoi equip ref. Global: cod estació + cod id equip)
04.NUMERO_DE_SERVEI	Identificador del servei simultani de l'equip (cod servei ref. Global: cod est + cod id eq + n serv)
05.CODI_DEL_CONNECTOR	Codi connector dintre de l'equip (cod connector ref. Global = cod opendata)
06.TIPO_CONNECTOR	Classificació del connector (schuko, mennekes, chademo, combo2)
07.POTENCIA_MAXIMA_DE_CARGA (W)	Potència màxima de recàrrega que ofereix el connector en aquest equip
08.NUM_SERVEIS_DEL_EQUIP	Número de serveis o càrregues simultànies que pot realitzar l'equip
09.NUM_DE_CONNECTORS_AL_EQUIP	Número de connectors iguals o diferents de l'equip
10.TIPOLOGIA_DE_CARREGA	Càrrega ràpida ( $p > 22$ kw), semi ràpida ( $7,2 \leq p \leq 22$ ) o lenta ( $p = 3,6$ kw)
11.LATITUD	Coordenada y de l'equip
12.LONGITUD	Coordenada x de l'equip
13.DIRECCIO	Adreça en què es troba l'equip
14.CODI_DISTRICTE	El número del districte
15.NOM_DISTRICTE	Districte en què es troba l'equip
16.CODI_BARRI	El número del barri
17.NOM_BARRI	Barri en el què es troba l'equip
18.CODI_POSTAL	Codi postal en el qual es troba l'equip

Camp	Descripció
19.CODI_ASIA	Codi identificador
20.TIPUS_DE_ACCES	Accés a l'equip en via pública o aparcament
21.OPERADOR	Encarregat de la gestió de l'equip
22.TELF	Telèfon d'incidències
23.TARIFA	Preu de la recàrrega
24.CONTROL_DE_ACCES	Control per a accedir a la recàrrega
25.RESTRICCIO_DE_US	Vehicles que poden utilitzar l'equip per a recarregar, sense restricció indica qualsevol vehicle

**Taula 2.** Descripció dels camps del fitxer CSV

Analitzant el contingut del fitxer, tot tenint en compte la seva *include*, s'ha detectat que els camps NUM\_SERVEIS\_DEL\_EQUIP i NUM\_DE\_CONNECTORS\_AL\_EQUIP presenten incoherències al llarg del fitxer CSV. En uns casos aquests camps han estat calculats a nivell de l'equip, tal com s'especifica en la descripció, però d'altres s'han indicat a nivell de servei.

Aquest fet es pot veure fàcilment en la figura 19, on es pot comprovar que pels quatre equips de l'estació 112, la lògica que s'ha seguit per aquests dos camps ha sigut la primera, és a dir, s'ha calculat per cada equip, mentre que per l'estació 204, la qual únicament disposa d'una estació, s'ha seguit la segona versió de càlcul comentada, de forma que es mostren aquestes dades a nivell de servei.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	CODI_OPENDAT	CODI_IDENTIFICACIO_ESTACIO	CODI_IDENTIFICACIO_EQUIP	NUMERO_DE_SERVEI	CODI_DEL_CONNECTC	TIPO_CONN	POTENC	NUM_SERVEIS_DEL_EQUIP	NUM_DE_CONNECTORS_AL_EQUIP
2	11201011	112	1	1	1	1 CHADEMO	50000	1	3
3	11201012	112	1	1	2	2 MENNEKES	43000	1	3
4	11201013	112	1	1	3	3 COMBO 2	50000	1	3
5	11202011	112	2	1	1	1 CHADEMO	50000	1	3
6	11202012	112	2	1	2	2 MENNEKES	43000	1	3
7	11202013	112	2	1	3	3 COMBO 2	50000	1	3
160	11203011	112	3	1	1	1 SCHUKO	3600	2	2
161	11203021	112	3	2	1	1 SCHUKO	3600	2	2
162	11204011	112	4	1	1	1 SCHUKO	3600	2	2
163	11204021	112	4	2	1	1 SCHUKO	3600	2	2
164	20401011	204	1	1	1	1 SCHUKO	3600	1	2
165	20401012	204	1	1	2	2 MENNEKES	3600	1	2
166	20401021	204	1	2	1	1 SCHUKO	3600	1	2
167	20401022	204	1	2	2	2 MENNEKES	3600	1	2
168	20401031	204	1	3	1	1 SCHUKO	3600	1	2
169	20401032	204	1	3	2	2 MENNEKES	3600	1	2
344	20401041	204	1	4	1	1 SCHUKO	3600	1	2
345	20401042	204	1	4	2	2 MENNEKES	3600	1	2
346	20401051	204	1	5	1	1 SCHUKO	3600	1	2
347	20401052	204	1	5	2	2 MENNEKES	3600	1	2
348	20401061	204	1	6	1	1 SCHUKO	3600	1	2
349	20401062	204	1	6	2	2 MENNEKES	3600	1	2
350	20401071	204	1	7	1	1 SCHUKO	3600	1	2
351	20401072	204	1	7	2	2 MENNEKES	3600	1	2
352	20401081	204	1	8	1	1 SCHUKO	3600	1	2
353	20401082	204	1	8	2	2 MENNEKES	3600	1	2
354	20401091	204	1	9	1	1 SCHUKO	3600	1	2
355	20401092	204	1	9	2	2 MENNEKES	3600	1	2
356	20401101	204	1	10	1	1 SCHUKO	3600	1	2
357	20401102	204	1	10	2	2 MENNEKES	3600	1	2

**Figura 19.** Anàlisi del contingut del fitxer CSV

De cara al TFP, es pot optar o bé per no utilitzar aquests dos camps o bé per recalcular-los. En aquest cas, es va decidir computar de nou aquests valors, ja que es considera interessant conèixer el nombre de serveis simultanis que pot suportar cada equip. D'aquesta forma, si en un futur es disposa d'informació sobre la seva ocupació, es podrà mostrar a l'usuari quants endolls queden lliures en cada punt per poder recarregar el seu vehicle.

### **3.3 Disseny i construcció de l'ontologia**

Tal com s'ha comentat en l'apartat "1.4 Enfocament i mètode seguit", per dissenyar el model d'aquest projecte s'ha seguit el procediment proposat per Noy i McGuinness, el qual és completament iteratiu, pel que a cada iteració el model es va refinant fins a obtenir l'ontologia final, la qual s'ha anomenat *ElectricVehicleChargingPointsOntology* (EVCP).

En els apartats següents es documenten els passos a seguir segons el llibre "*Ontology development 101: A guide to creating your first ontology*".

#### **3.3.1 Definició del domini i l'abast de l'ontologia**

Amb aquesta ontologia es pretén abordar la gestió dels punts de recàrrega que es troben ubicats en una ciutat determinada, en concret, els de Barcelona. Pel que fa al model a definir, aquest ha d'enregistrar tant la infraestructura de les estacions de càrrega, com les característiques particulars d'aquestes que n'afecten el seu ús.

Es planifica fer ús d'aquesta ontologia en el dia a dia dels usuaris propietaris de vehicles elèctrics, per tal que puguin cercar els punts més idonis per carregar el seu vehicle quan es trobin a Barcelona. En última instància, en cas que el punt de recàrrega estigui ocupat en aquell moment, ha de permetre localitzar d'altres punts equivalents a aquest i que es trobin propers a ell.

Així doncs, l'ontologia obtinguda per aquest projecte s'utilitzarà, principalment, per fomentar i incentivar que les persones es decantin per la compra d'un elèctric, ja que els facilitarà la tasca de localitzar una plaça d'aparcament on estacionar el seu vehicle i alhora els permetrà recarregar la seva bateria. Per tant, està bàsicament enfocada a les persones que en seran directament usuaris finals d'aquestes estacions.



Per limitar l'abast d'aquesta ontologia, cal modelar un seguit de qüestions, les quals, a més, serviran com a mecanisme de control de qualitat, és a dir, seran preguntes de verificació.

- En quins punts es pot carregar una moto que disposa d'un connector Mennekes?
- En quins districtes hi ha punts de càrrega? I de quina tipologia de càrrega són?
- Quins equips formen part de l'estació 112?
- Quins punts hi ha a menys de 500 metres de la Sagrada Família?
- Quants punts de càrrega 100% oberts i fàcilment accessibles hi ha?
- Quins punts són de càrrega ràpida?
- Quines estacions són propietat de l'Ajuntament de Barcelona?
- Si l'únic equip de l'estació 128, situada al barri Marina de Port, no funciona, quin telèfon de contacte té?

Cal comentar que aquest model podria ser ampliat en un futur per incorporar estacions d'altres punts geogràfics, així com estendre el seu ús en altres escenaris, com en la planificació del desplegament de noves estacions, en la gestió del manteniment dels equips, entre altres.

### **3.3.2 Valoració de la reutilització d'ontologies existents**

Per no reinventar la roda, s'ha decidit buscar per Internet ontologies relacionades amb els vehicles elèctrics i les estacions de recàrrega, però malauradament només s'han obtingut dues ontologies, una molt ampla i profunda pel que fa a la gestió de l'energia d'aquests punts, i l'altra més centrada en la mobilitat i cerca d'aparcament.

En concret, l'ontologia *Electric Vehicle Ontology* [19] compta amb més de 140 classes i 200 relacions (*object properties* i *data properties*), i en el model es descriuen conceptes molt tècnics sobre les fases de càrrega, l'eficiència, la resistència, la quantitat de conductància elèctrica, la connexió de corrent alterna...



Figura 20. VOWL on es mostra l'estructura del *Electric Vehicle Ontology*

Per altra banda, en el projecte *MobiVoc* [20] es defineix un vocabulari obert que conté tot un conjunt de conceptes referents a les solucions de mobilitat i, tal com es pot veure en el diagrama de classes, l'ontologia es focalitza en els espais per estacionar i les prestacions que aquests tenen, entre els quals es troba l'endoll per recarregar el vehicle.

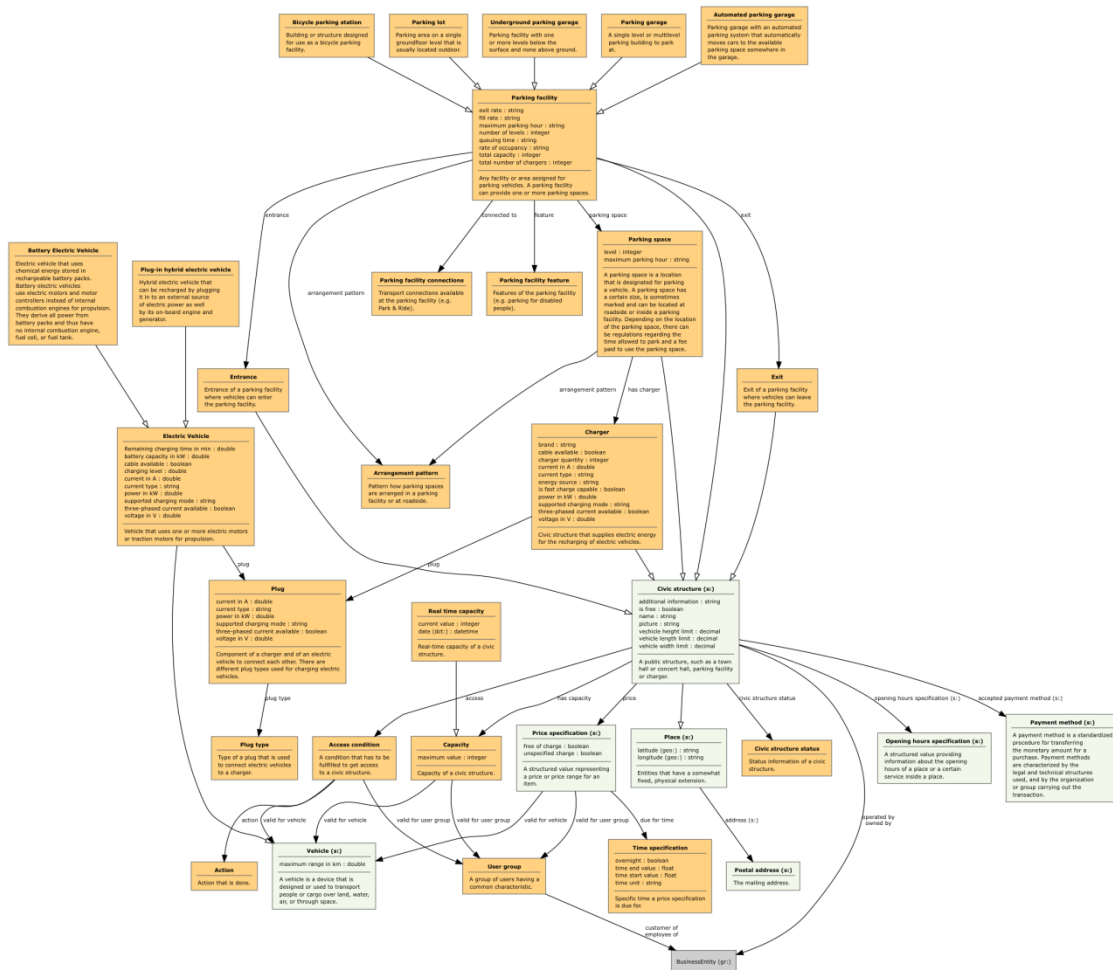


Figura 21. Diagrama de classes del *Open Mobility Vocabulary*

Així doncs, per construir l'ontologia d'aquest projecte s'ha optat per modelar-la des de zero, sense aprofitar-ne una d'existent. Tot i això, cal ressaltar que a l'hora de dissenyar l'ontologia s'ha tingut en compte l'ontologia GeoSPARQL [21] per definir la geoposició, ja que en cas contrari, no s'haguessin pogut utilitzar les funcions espacials en les posteriors consultes.

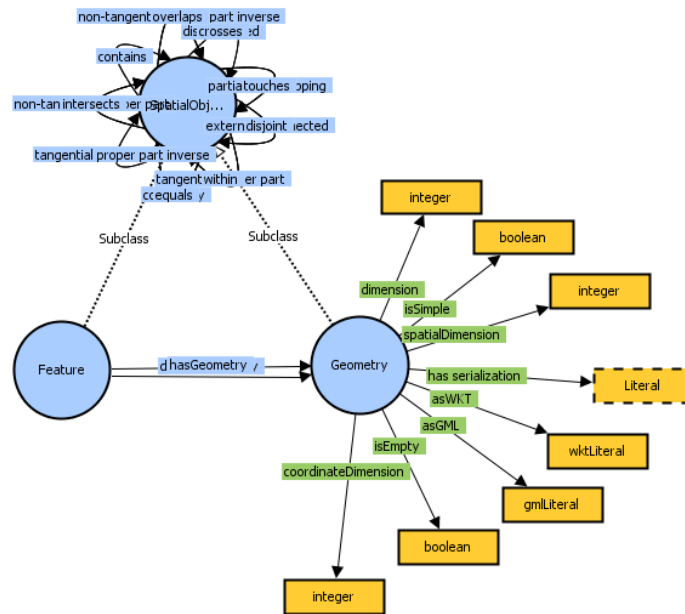


Figura 22. Estructura ontologia GeoSPARQL

A més, també s'ha seguit el *Basic Geo Vocabulary*, també anomenat *World Geodetic System 84 (WGS84)* [22], per definir les coordenades geogràfiques (latitud i longitud), de forma que map4rdf pugui mapejar els individus.

### 3.3.3 Llistat dels termes rellevants de l'ontologia

Després d'analitzar el contingut del fitxer CSV, s'han estructurat i agrupat els camps de la seva capçalera en funció de la informació que aporten.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	<b>Districte</b>							
2	CODI_DISTRICTE	NOM_DISTRICTE						
3								
4	<b>Barri</b>							
5	CODI_BARRI	NOM_BARRI	CODI_POSTAL					
6								
7	<b>Estació</b>							
8	CODI_IDENTIFICACIO_ESTACIO							
9								
10	<b>Equip</b>							
11	CODI_IDENTIFICACIO_EQUIP	NUM_SERVEIS_DEL_EQUIP	NUM_DE_CONNECTORS_AL_EQUIP	LATITUD	LONGITUD	DIRECCIO	TIPUS_DE_ACCES	CONTROL_DE_ACCES
12								
13	<b>Servei</b>							
14	NUMERO_DE_SERVEI	TARIFA	RESTRICCIO_DE_US					
15								
16	<b>Connector</b>							
17	CODI_DEL_CONNECTOR	TIPO_CONNECTOR	POTENCIA_MAXIMA_DE_CARGA (W)	TIPOLOGIA_DE_CARREGA				
18								
19	<b>Operador</b>							
20	OPERADOR	TELF						

Figura 23. Termes de l'ontologia EVCP

Per tant, partint de la figura anterior s'extreuen els següents termes rellevants: *districte, barri, estació de recàrrega, equip, servei, connector, operador, vehicle, codi postal, tarifa, potència de càrrega, tipologia de càrrega, ubicació (longitud, latitud), adreça, telèfon, etc.*

En definitiva, els conceptes importants són aquells que defineixen les característiques dels punts de càrrega, com són la seva posició (districte, barri, adreça, longitud i latitud) i les propietats concretes d'una fotolinera (operador, serveis que ofereix, tipus de connectors que disposa, potència elèctrica i, conseqüentment, tipologia de càrrega). També són importants els termes que fan referència la seva utilització, és a dir, com es pot accedir al punt per emprar-lo i les restriccions del seu ús.

### 3.3.4 Definició de les classes i la jerarquia

En general, per determinar la jerarquia de classes s'ha seguit una estratègia *bottom-up*, ja que des d'un inici es disposava del conjunt de dades que contenia els termes rellevants. Així doncs, s'han definit les classes més específiques, que es corresponen a les fulles i, posteriorment, s'han anat agrupant en conceptes més generals.

Cal comentar però, que la jerarquia de classes que representa els vehicles s'ha creat seguint un enfocament *top-down*, doncs, en les últimes iteracions del procés de construcció, s'ha decidit modelar la restricció d'ús continguda en el CSV, com una característica que indiqués d'exclusivitat, és a dir, com si es tractés d'una propietat del servei. Per tant, ha sigut necessari expressar els diversos tipus de medi possibles com a subclasses de vehicle.

Així doncs, a partir dels termes detectats, s'han creat les següents classes:

- **Territory**: fa referència a una zona o extensió de terra delimitada per una jurisdicció. Aquest terme permet generalitzar els conceptes de districte i barri, els quals es corresponen a una agrupació de barris adjacents i a una agrupació de carrers, respectivament. Així doncs, tant el districte com el barri permeten referenciar un conjunt de punts de càrrega per la seva ubicació.
- **ChargeStation**: representa la infraestructura física composta com a mínim per un equip que proveeix d'electricitat per a recarregar els vehicles elèctrics.

- **Equipment:** es tracta del dispositiu que disposa d'una connexió a la xarxa elèctrica i que ofereix el servei de recarregar els vehicles. Aquest concepte seria l'equivalent al sortidor de les benzineres, però en una fotolinerà.
- **Service:** representa l'ús que se'n fa d'un equip. En altres paraules, mostra l'activitat derivada de la connexió d'un vehicle elèctric a un equip de recàrrega, és a dir, l'acció de carregar la bateria. Òbviament, tot servei té un cost associat, i, per tal de facilitar la cerca de punts econòmics, s'ha decidit classificar-los en gratuïts o de pagament, en funció del preu de la recàrrega.
- **Connector:** fa referència al concepte genèric de dispositiu que permet unir dos elements, en aquest context, el connector acobla els vehicles amb els equips, i es caracteritza per conduir internament l'electricitat. Aquest concepte engloba les diferents tipologies de connectors: **Chademo**, **Combo2**, **Mennekes** i **Schuko**.
- **Vehicle:** es tracta de l'aparell utilitzat per transportar objectes o persones. En aquesta ontologia s'han especificat els tres tipus de mitjans de transport que tenen, en certs serveis, un tracte privilegiat pel fet que són els únics que poden utilitzar-lo. Així doncs, s'han indicat les subclasses: **EDum**, **ETaxi** i **Motorbike**.
- **Operator:** es correspon a l'empresa encarregada de gestionar una estació elèctrica. En concret, aquesta classe engloba tant empreses públiques, com privades, i en el cas de les públiques, també s'han inclòs l'entitat ajuntament com un cas especial.

Per altra banda, també s'han definit les classes **AccessControl** i **AccessType** com a classes enumeratives, les quals contenen els individus que les componen. En particular, **AccessControl** indica el mecanisme utilitzat per controlar qui fa ús d'un punt en qüestió. En aquest cas, els punts són o bé lliures o bé l'usuari ha de disposar d'una targeta especial (**VECard**). Altrament, **AccessType** mostra el lloc on es troba el punt, és a dir, si està al carrer o en un parking.

Com s'ha comentat anteriorment, s'ha reutilitzat la taxonomia **SpatialObject** definida en l'ontologia [http://www.w3.org/2003/01/geo/wsg84\\_pos#](http://www.w3.org/2003/01/geo/wsg84_pos#), comunament denominada pel prefix **geo**. Aquesta jerarquia permet definir la localització geogràfica dels elements, que en aquesta ontologia seran els equips, dels quals es disposa de la

seva longitud i latitud, i també s'ha decidit geolocalitzar els connectors, ja que comparteixen la mateixa posició que els equips als quals es troben units.

Així doncs, tant **Equipment** com **Connector** hereten de **Feature**, la qual representa quelcom amb extensió espacial, com és la mida, la forma, la posició... Altrament, la classe **Geometry** es divideix en tantes subclasses com figures geomètriques es poden definir, encara que en aquesta ontologia únicament s'ha incorporat el concepte de punt geogràfic (**Point**), definit per una latitud, una longitud i, opcionalment, una altitud.

En definitiva, la jerarquia de classes resultant és la que es mostra en la figura 24.

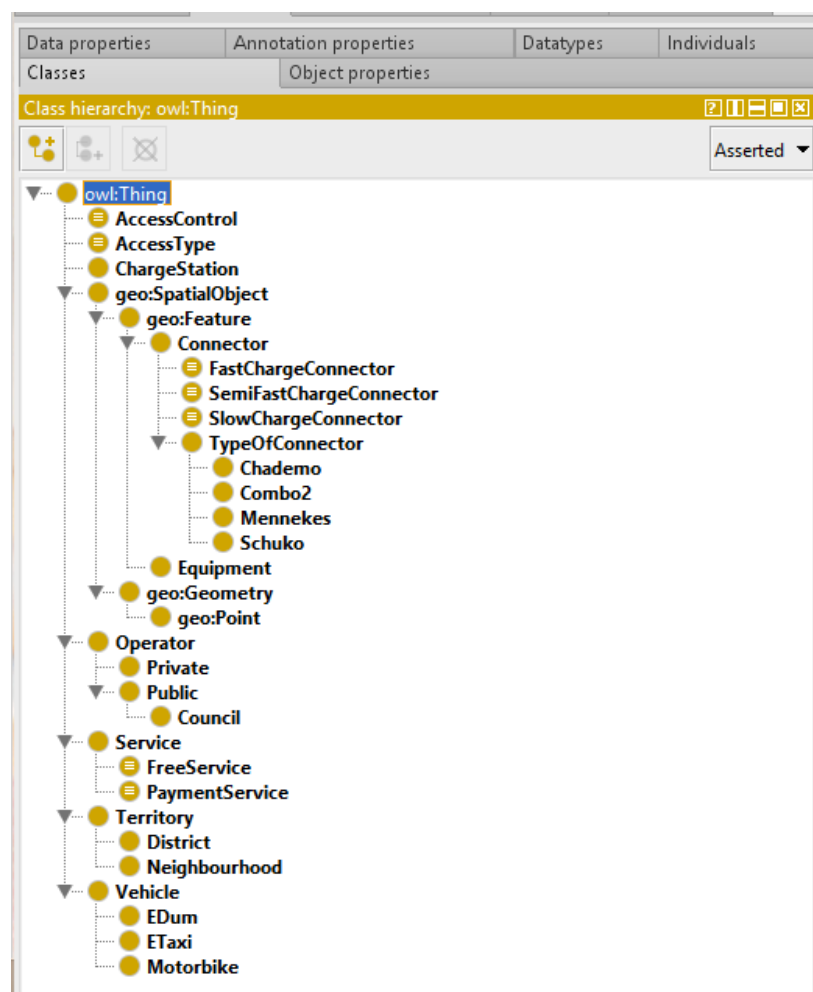


Figura 24. Jerarquia de classes de l'ontologia EVCP

Com es pot veure, s'han creat 3 subclasses de **Connector** que indiquen la velocitat de càrrega oferta per aquest: càrrega ràpida, semi ràpida o lenta; en funció de la potència màxima del connector. Aquestes es tracten de *defined classes*, ja que, d'aquesta forma, qualsevol individu que satisfaci la definició de la classe (condició), serà classificat automàticament pel raonador com a pertanyent a aquesta. El mateix succeeix amb les subclasses de **Service** les quals es classifiquen segons la seva tarifa.

Annotation properties | Datatypes | Individuals

Classes | Object properties | Data properties

Class hierarchy: SemiFastChargeConnector

- owl:Thing
  - AccessControl
  - AccessType
  - ChargeStation
  - geo:SpatialObject
    - geo:Feature
      - Connector
        - FastChargeConnector
          - SemiFastChargeConnector**
          - SlowChargeConnector
            - TypeOfConnector
              - Chademo
              - Combo2
              - Mennekes
              - Schuko
      - Equipment
      - geo:Geometry
        - geo:Point
      - Operator
        - Private
        - Public
          - Council
      - Service
        - FreeService
        - PaymentService
      - Territory
        - District
        - Neighbourhood
      - Vehicle

Class Annotations | Class Usage | Rules

Annotations: SemiFastChargeConnector

Annotations +

Class description | Rules

Description: SemiFastChargeConnector

Equivalent To +

- Connector
  - and ((hasMaxChargePower some xsd:int > "3600"^^xsd:int) and (hasMaxChargePower some xsd:int [<= "22000"^^xsd:int]))

SubClass Of +

General class axioms +

SubClass Of (Anonymous Ancestor)

- hasMaxChargePower exactly 1 xsd:int

Instances +

Target for Key +

Disjoint With +

- SlowChargeConnector, FastChargeConnector

To use the reasoner click Reasoner > Start reasoner  Show Inferences

Figura 25. Descripció de la classe SemiFastChargeConnector de l'EVCP

Annotation properties | Datatypes | Individuals

Classes | Object properties | Data properties

Class hierarchy: FreeService

- owl:Thing
  - AccessControl
  - AccessType
  - ChargeStation
  - geo:SpatialObject
    - geo:Feature
      - Connector
        - FastChargeConnector
        - SemiFastChargeConnector
        - SlowChargeConnector
          - TypeOfConnector
            - Chademo
            - Combo2
            - Mennekes
            - Schuko
      - Equipment
      - geo:Geometry
        - geo:Point
      - Operator
        - Private
        - Public
          - Council
      - Service
        - FreeService**
        - PaymentService
      - Territory
        - District
        - Neighbourhood
      - Vehicle

Class Annotations | Class Usage | Rules

Annotations: FreeService

Annotations +

Class description | Rules

Description: FreeService

Equivalent To +

- Service
  - and (hasPrice value 0.0f)

SubClass Of +

General class axioms +

SubClass Of (Anonymous Ancestor)

- hasPrice exactly 1 xsd:float
- hasConnector some Connector

Instances +

Target for Key +

Disjoint With +

- PaymentService

To use the reasoner click Reasoner > Start reasoner  Show Inferences

Figura 26. Descripció de la classe FreeService de l'EVCP

Finalment, el graf que representa l'ontologia EVCP és el següent.

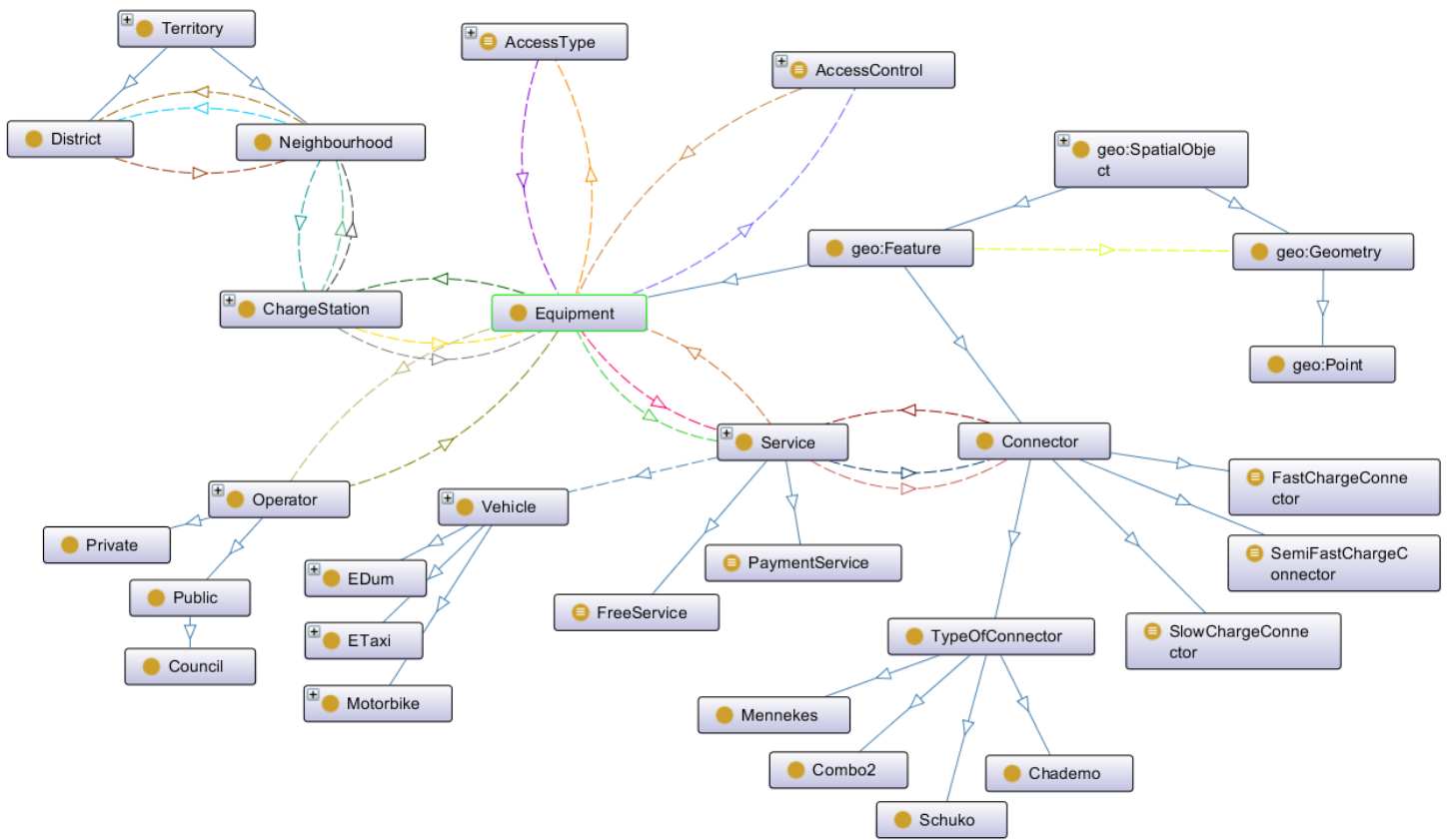


Figura 27. Graf de l'ontologia EVCP

### 3.3.5 Definició de les propietats de les classes

En aquest pas, es defineixen les *Object properties*, les quals relacionen un individu amb un altre, i les *Data properties*, les quals relacionen un individu a un valor XML Schema Datatype o a un literal *rdf*.

#### Object Properties

Totes les propietats objecte compten amb la seva propietat inversa, a excepció de *geometry*, que relaciona una característica espacial amb una geometria (propietat definida en GeoSPARQL), i *canOnlyBeUsedBy*, que representa que un servei és d'ús exclusiu per un tipus de vehicle en concret. En aquesta segona propietat, la inversa – *canOnlyUse* – explicitaria que un vehicle únicament podria fer ús dels serveis amb els quals està relacionat, quan en realitat, també pot utilitzar aquells serveis 100% oberts.

Pel que fa a la convenció de noms utilitzats, aquestes propietats segueixen la forma *has* concatenada pel nom de la classe definida en el rang, mentre que les seves



inverses contenen el literal *is* seguit del nom de la classe del domini i finalment la cadena *Of*. Així doncs, per exemple, per unir els conceptes d'estació de càrrega i d'equip, s'obtenen les dues propietats – *hasEquipment* i *isEquipmentOf* – que es mostren en les figures 28 i 29.

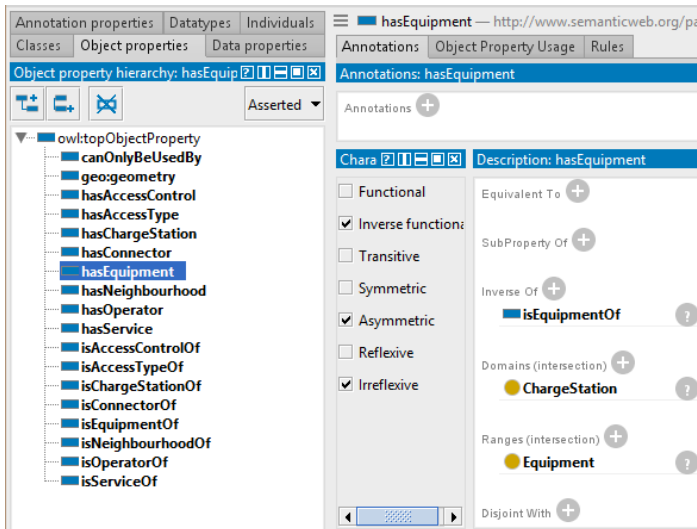


Figura 28. Propietat *hasEquipment* de l'EVCP

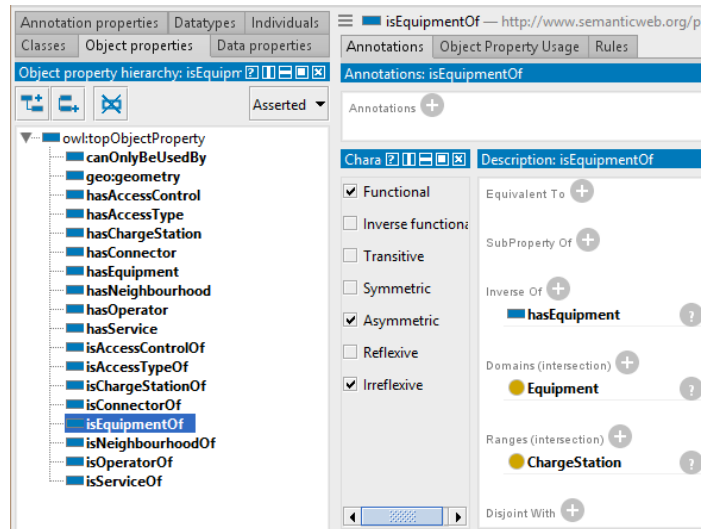


Figura 29. Propietat *isEquipmentOf* de l'EVCP

Com es pot veure, s'ha enriquit el significat de les propietats fent ús de les *characteristics properties* facilitades pel llenguatge OWL, les quals permeten especificar el següent:

- **Funcional property:** donat un individu, aquest pot estar relacionat com a màxim amb un altre individu a través d'aquella propietat.
- **Inverse functional property:** donada una propietat, la seva inversa és funcional.
- **Transitive property:** quan un individu *a* es relaciona amb un individu *b* a través de la propietat *P*, i alhora l'individu *b* també ho fa amb l'individu *c* a través de *P*, si *P* és transitiva, llavors es pot inferir que l'individu *a* també està relacionat amb *c* a través d'aquesta propietat.
- **Symmetric property:** quan la propietat pot ser utilitzada bidireccionalment, en altres paraules, la inversa d'aquesta propietat és ella mateixa.
- **Asymmetric property:** aquesta característica és la inversa a l'anterior, així doncs, si es relaciona un individu *a* amb un individu *b* a través de la propietat *P*, *b* no podrà estar relacionat amb *a* a través de *P*.
- **Reflexive property:** quan la propietat relaciona un individu amb si mateix.
- **Irreflexive property:** quan un individu no pot relacionar-se amb si mateix a través d'aquesta propietat.

En la següent taula es mostra el detall de cada propietat objecte que s'ha definit en l'ontologia:

Domini	Propietat	Rang	Inversa	Descripció
District	<b>hasNeighbourhood</b>	Neighbourhood	<b>isNeighbourhoodOf</b>	Un districte està format per barris, i un barri pertany a un districte.
Neighbourhood	<b>hasChargeStation</b>	ChargeStation	<b>isChargeStationOf</b>	Un barri té estacions de recàrrega, i les estacions es troben ubicades en un barri.
ChargeStation	<b>hasEquipment</b>	Equipment	<b>isEquipmentOf</b>	Una estació està composta per equips, i un equip es troba en una estació.
Equipment	<b>hasAccessControl</b>	AccessControl	<b>isAccessControlOf</b>	Un equip té un control d'accés, i un control d'accés està associat a un o diversos equips.
Equipment	<b>hasAccessType</b>	AccessType	<b>isAccessTypeOf</b>	Un equip té un tipus d'accés concret, i un tipus d'accés està associat a un o diversos equips.
Equipment	<b>hasOperator</b>	Operator	<b>isOperatorOf</b>	Un equip està operat per una empresa (operador), i una empresa gestiona un conjunt d'equips.
geo:Feature	<b>geo:geometry</b>	geo:Geometry	-	Tant els equips com els connectors (subclasses de <i>Feature</i> ) tenen associada una figura geomètrica.
Equipment	<b>hasService</b>	Service	<b>isServiceOf</b>	Un equip ofereix un conjunt de serveis i un servei és prestat en un equip concret.
Service	<b>hasConnector</b>	Connector	<b>isConnectorOf</b>	Per realitzar la càrrega, un servei disposa de connectors, i un connector pertany a un servei.
Service	<b>canOnlyBeUsedBy</b>	Vehicle	-	L'ús d'un servei pot estar restringit a un conjunt de vehicles en concret.

Taula 3. Object Properties de l'EVCP

### Data Properties

Aquest tipus de propietats permeten enllaçar els individus amb els valors de dades que enregistren informació relativa a aquests, com seria una cadena de caràcters que representés el nom de l'individu.

A diferència de les *object properties*, aquestes únicament suporten la propietat característica *functional*, la qual permet indicar que un individu només pot tenir un valor associat per aquella propietat.

En el cas de l'ontologia EVCP, s'han definit les següents propietats:

Domini	Propietat	Rang	Descripció
-	<b>hasCodeld</b>	xsd:int	Es tracta del codi identificador dels objectes (obtingut del CSV).
Territory or Operator	<b>hasName</b>	xsd:string	Enregistra el nom de l'objecte.
Equipment	<b>hasAddress</b>	xsd:string	Conté l'adreça on s'ubica l'equip.
Neighbourhood	<b>hasPostalCode</b>	xsd:string	És el codi postal del barri.
Operator	<b>hasTelephone</b>	xsd:string	Conté el número de contacte de l'operador.
Equipment	<b>hasNumConnectors</b>	xsd:int	Emmagatzema el nombre de connectors que té l'equip.
Equipment	<b>hasNumSimultaneousServices</b>	xsd:int	Enregistra el nombre de vehicles que pot servir a la vegada.
Service	<b>hasPrice</b>	xsd:float	Indica el preu que té el servei.
Connector	<b>hasMaxChargePower</b>	xsd:int	Conté la potència màxima de càrrega que suporta el connector.
geo:Feature	<b>geo:lat</b>	xsd:double	Es correspon a la latitud de l'objecte espacial.
geo:Feature	<b>geo:long</b>	xsd:double	Guarda la longitud de l'objecte espacial.
geo:Geometry	<b>asWKT</b>	wktLiteral	Serialitza, en un vector en format text, la longitud i la latitud d'un objecte.

Taula 4. Data Properties de l'EVCP

Cal destacar que per especificar el rang de la propietat *geo:Geometry* s'ha hagut d'afegir en l'ontologia el tipus de dada (*DataType*) anomenat *wktLiteral*, el qual està definit per <http://www.opengis.net/ont/geosparql>

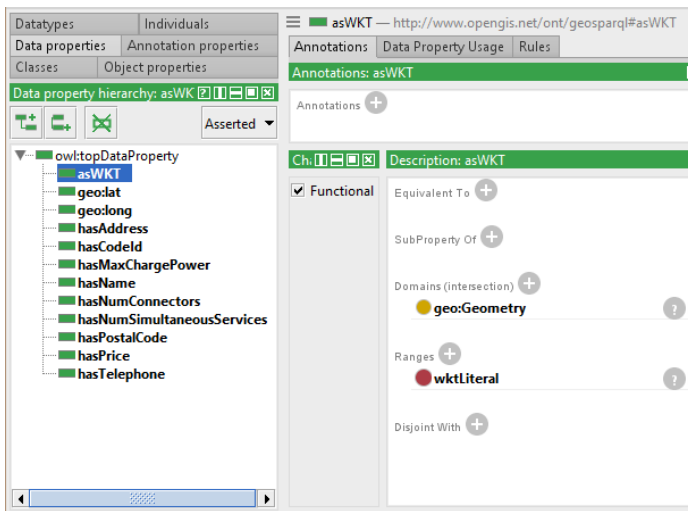


Figura 30. Propietat *asWKT* de l'EVCP

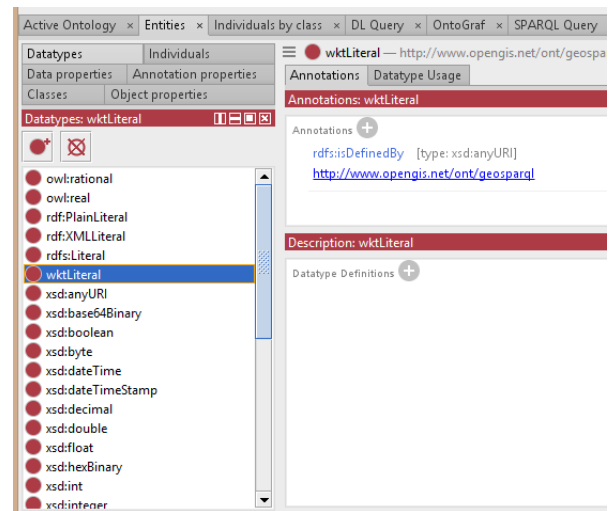


Figura 31. Tipus de dada *wktLiteral* de l'EVCP

### 3.3.6 Incorporació de les restriccions de les propietats

Un cop definides les classes i les propietats de l'ontologia, només resta especificar les restriccions que marcaran les condicions que han de complir els individus de cada classe. Aquestes restriccions OWL es classifiquen en tres grans categories:

1. **Quantifier Restrictions:** permeten indicar la cardinalitat de relacions en les quals participa un individu. D'aquestes restriccions n'hi ha de dos tipus:
  - a. **Existential restrictions:** són les restriccions que indiquen que hi ha alguna relació (com a mínim una) a través de la propietat especificada cap a qualsevol individu d'una classe concreta.
  - b. **Universal restrictions:** són les que expressen que donada una propietat, només hi ha relacions amb aquesta cap a individus d'un tipus de classe concreta.
2. **Cardinality restrictions:** permeten especificar el nombre de relacions mínimes, màximes o exactes que ha d'haver-hi d'una determinada propietat, en les quals han de participar els individus de la classe.
3. **hasValue restrictions:** permeten descriure el conjunt d'individus que tenen com a mínim una relació a través d'una propietat específica amb un individu concret.

Pel que fa a l'ontolgia EVCP, s'han definit en total 12 restriccions: 7 d'elles són *quantifier restrictions*, en concret existencials, 4 de *cardinality* amb valor exacte i 1 de *hasValue*. Tot seguit, es detalla una restricció de cadascuna d'aquestes categories:

- **Restricció 1.** A la classe *Equipment* s'ha determinat la següent condició:  
 “Un equip ha d'oferir al menys un (algun) servei”.  
 Aquesta restricció existencial indica que les instàncies d'*Equipment* hauran d'estar relacionades com a mínim amb una instància de la classe *Service* a través de la relació *hasService*.

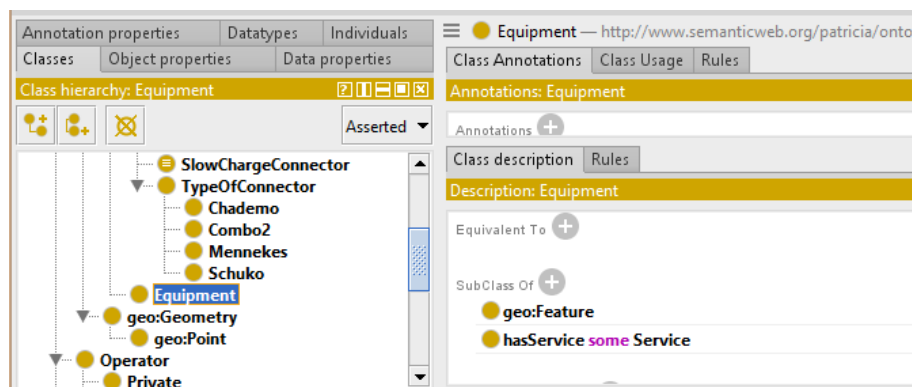


Figura 32. Existential restriction a la classe *Equipment* de l'EVCP

És una restricció necessària però no suficient, així doncs, totes les instàncies d'*Equipment* l'han de satisfer, ja que no té sentit disposar d'un equip que no permet recarregar. Per això aquesta s'ha definit de tipus *Subclass Of*.

- **Restricció 2.** A la classe *Connector* s'ha definit la condició següent:  
 “Un connector ha de tenir exactament una potència de càrrega màxima”.  
 Aquesta restricció de cardinalitat indica que les instàncies de *Connector* hauran d'estar relacionades exactament amb un valor de tipus enter mitjançant la relació *hasMaxChargePower*.

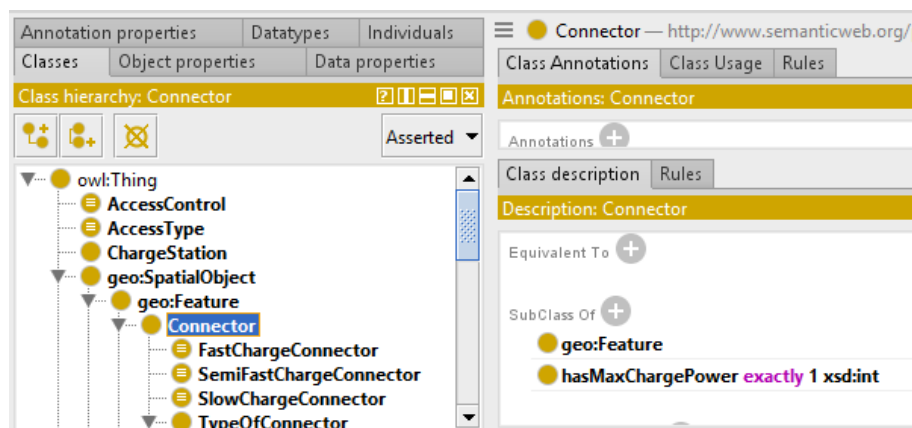


Figura 33. Cardinality restriction a la classe *Connector* de l'EVCP

Com en el cas anterior, aquesta restricció és necessària però no suficient, perquè per afirmar que una instància és un connector, ha de ser necessàriament un connector i ha de tenir exactament un valor de potència màxima.

- **Restricció 3.** A la classe *FreeService* s'ha especificat la següent condició:  
“Per ser un servei gratuït, aquest ha de valer zero euros”.
- Així doncs, aquesta restricció *hasValue* indica que les instàncies de *FreeService* hauran de prendre el valor zero en la propietat *hasPrice*.

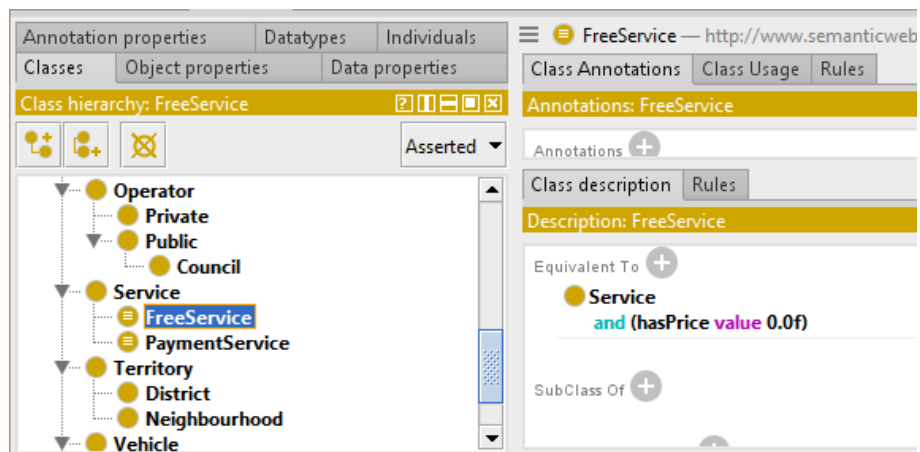


Figura 34. *hasValue* restriction a la classe *FreeService* de l'EVCP

En aquest cas, es tracta d'una restricció necessària i suficient, perquè indica una condició que totes les instàncies de *FreeService* han de complir, però també permet que les instàncies de l'ontologia que satisfacin aquesta condició (més la de tractar-se d'un Servei – aquesta s'autodefineix en convertir la classe *primitive* en *defined*) podran també ser considerades gratuïtes i, per tant, seran vistes com a instàncies de *FreeService*.

Així doncs, aquesta condició es pot definir o bé en l'apartat *Subclass Of* i, posteriorment, convertir la classe en una *defined class*, o bé directament en l'apartat *Equivalent To*.

En definitiva, les restriccions de l'ontologia EVCP són:

Classe	Restricció	Descripció
ChargeStation	<b>hasEquipment some Equipment</b>	Una estació com a mínim compta amb un equip.
ChargeStation	<b>isChargeStationOf exactly 1 Neighbourhood</b>	Una estació es troba ubicada en un únic barri.
Connector	<b>hasMaxChargePower exactly 1 xsd:int</b>	Un connector té associada una potència màxima.
FastChargeConnector	<b>Connector and (hasMaxChargePower some xsd:int[&gt; "22000"^^xsd:int])</b>	Els connectors de càrrega ràpida són els que tenen una potència superior a 22kw.
SemiFastChargeConnector	<b>Connector and (hasMaxChargePower some xsd:int[&gt; "3600"^^xsd:int]) and (hasMaxChargePower some xsd:int[&lt;= "22000"^^xsd:int])</b>	Els connectors de càrrega semi ràpida són els que tenen una potència entre 3,6kw i 22kw.
SlowChargeConnector	<b>Connector and (hasMaxChargePower some xsd:int[&lt;= "3600"^^xsd:int])</b>	Els connectors de càrrega lenta són els que tenen una potència inferior o igual a 3,6kw.
Equipment	<b>hasService some Service</b>	Un equip ha d'oferir com a mínim un servei de càrrega.
Service	<b>hasConnector some Connector</b>	Un servei ha de disposar d'algun connector per realitzar l'acció.
Service	<b>hasPrice exactly 1 xsd:float</b>	Tot servei té un cost associat.
FreeService	<b>Service and (hasPrice value 0.0f)</b>	Els serveis gratuïts no han de tenir cost.
PaymentService	<b>Service and (hasPrice some xsd:float[&gt; 0.00f])</b>	Els que són de pagament tenen un cost superior a zero.
Neighbourhood	<b>isNeighbourhoodOf exactly 1 District</b>	Un barri es troba dins d'un districte.

Taula 5. Restriccions de l'EVCP

### 3.3.7 Creació d'instàncies

Tal com s'ha comentat en l'inici del document, s'ha optat per crear un procés automàtic per tal de processar el fitxer CSV i generar les instàncies necessàries. Així doncs, durant el procés de construcció de l'ontologia únicament s'han definit 7 instàncies individuals:

- ✓ 3 instàncies de vehicles, en concret una de cada subclasse (*EDum*, *ETaxi* i *Motorbike*), per tal de poder relacionar els serveis amb l'ús exclusiu per part d'un d'aquests vehicles.

- ✓ 2 individus que formen la classe enumerativa dels tipus de control d'accés: targeta VE i exempt.
- ✓ 2 instàncies que determinen la classe enumerativa dels tipus d'accés: per via pública i per aparcament públic.

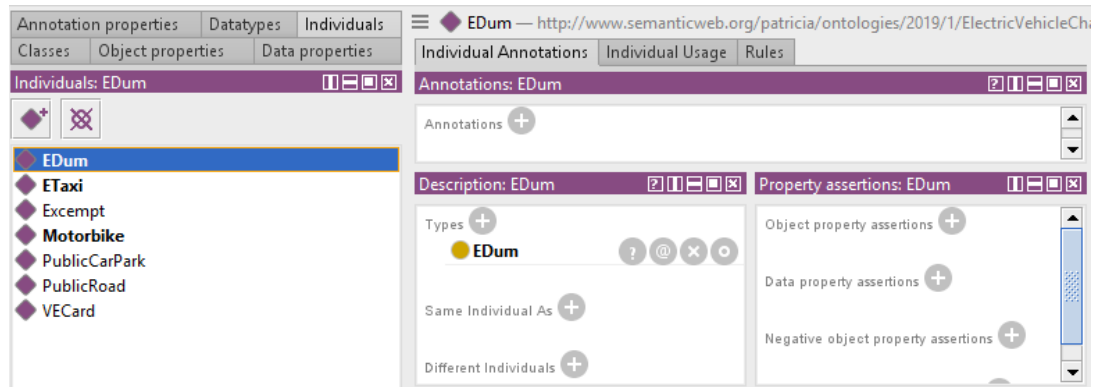


Figura 36. Instàncies de l'EVCP

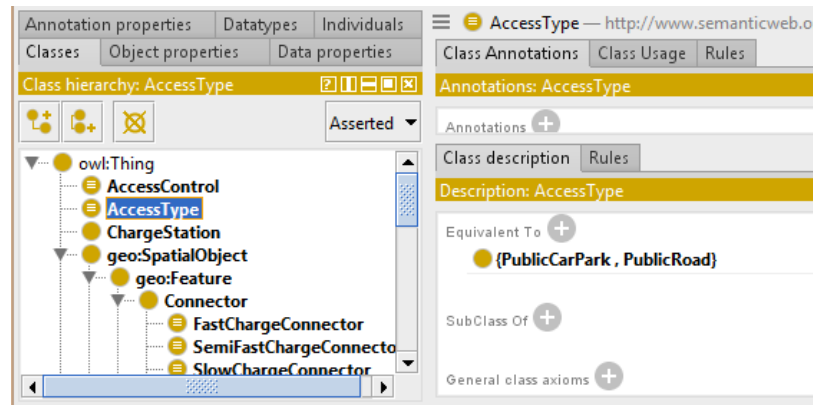


Figura 35. Definició de la classe enumerativa AccessType de l'EVCP

### 3.4 Implementació de l'script

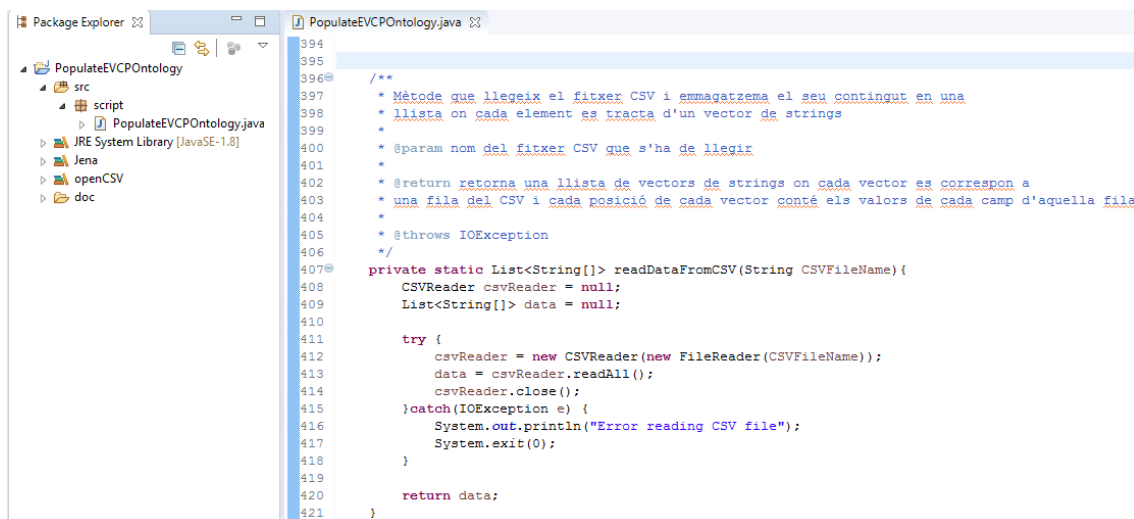
En aquest apartat, es documenta el codi desenvolupat en Java, que integra la informació del CSV a l'ontologia EVCP mitjançant l'ús de les llibreries de l'API de Jena. Cal comentar que aquest programa ha estat implementat específicament per aquest projecte, és a dir, sense modificar-lo no podria ser reutilitzat per poblar una altra ontologia, ni partir d'un altre fitxer on els camps o l'ordre d'aquests fossin diferents.

Per aquest motiu, s'ha decidit hardcodejar la ruta d'aquests dos fitxers necessaris (ontologia i CSV), de forma que es minimitza el control dels paràmetres d'entrada del programa, així com s'agilitza i facilita la seva execució per part de l'usuari.



Per últim, ressaltar que el fitxer CSV utilitzat s'actualitza mensualment per part de l'administració, en concret, per la gerència d'Ecologia, Urbanisme i Mobilitat de l'ajuntament de Barcelona. Amb el desenvolupament actual, per disposar del model ontològic actualitzat, s'ha de descarregar manualment aquest fitxer de la web i executar el codi implementat. Tot i això, en un futur es podria automatitzar aquest procés amb la incorporació d'una crida a l'API CKAN, ja que segons la web d'*open data*, es disposa d'aquesta funcionalitat.

Respecte al codi implementat, inicialment, es converteix el fitxer, en format CSV, en un TAD llista de vectors que facilitarà el posterior tractament de les dades. En concret, aquesta transformació s'ha realitzat mitjançant els mètodes de l'API d'OpenCSV, que es tracta d'una llibreria oberta, escrita en Java, d'analitzadors de CSV.



```
394
395
396  /**
397   * Mètode que llegeix el fitxer CSV i emmagatzema el seu contingut en una
398   * llista on cada element es tracta d'un vector de strings
399   *
400   * @param nom del fitxer CSV que s'ha de llegir
401   *
402   * @return retorna una llista de vectors de strings on cada vector es correspon a
403   * una fila del CSV i cada posició de cada vector conté els valors de cada camp d'aquella fila
404   *
405   * @throws IOException
406   */
407  private static List<String[]> readDataFromCSV(String CSVFileName) {
408      CSVReader csvReader = null;
409      List<String[]> data = null;
410
411      try {
412          csvReader = new CSVReader(new FileReader(CSVFileName));
413          data = csvReader.readAll();
414          csvReader.close();
415      } catch (IOException e) {
416          System.out.println("Error reading CSV file");
417          System.exit(0);
418      }
419
420      return data;
421  }
```

Figura 37. Fragment de codi que llegeix el fitxer CSV

A continuació, es van processant les dades, així doncs, s'analitza cada element del llistat creat, que es correspon amb una fila del CSV original, i es va trossejant i agrupant la informació en funció del tipus d'individu al què fa referència.

Conceptualment, aquest fet queda visualment detallat en la figura 38, on s'ha partit dels termes importants detectats en l'apartat 3.3.3, tot afegint el concepte de punt geogràfic, reutilitzat de l'ontologia GeoSPARL. En aquest cas però, s'han afegit les posicions de l'*array* de *strings* on es troba cada dada.

Cal comentar que, tal com s'indica en la descripció dels camps del CSV, els codis identificadors dels equips estan formats per la concatenació de l'identificador de l'estació a la qual pertanyen amb el seu propi identificador intern a l'estació. El mateix

succeeix amb el codi identificador del servei, el qual ve donat per l'identificador de l'estació, de l'equip i d'ell mateix.

Per altra banda, la informació del nombre de serveis i connectors de l'equip, ha estat recalculada en finalitzar el tractament de tot el CSV, mentre que la tipologia de càrrega del connector – subclassificació dels connectors en càrrega ràpida, semi ràpida o lenta – s'obté, posteriorment, de la inferència per part del raonador Pellet.

	A	B	C	D	E	F
1	<b>Districte</b>					
2	<b>13</b>	<b>14</b>				
3	CODI_DISTRICTE	NOM_DISTRICTE				
4						
5	<b>Barri</b>					
6	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>			
7	CODI_BARRI	NOM_BARRI	CODI_POSTAL			
8						
9	<b>Estació</b>					
10	<b>1</b>					
11	CODI_IDENTIFICACIO_ESTACIO					
12						
13	<b>Equip</b>					
14	<b>1+2</b>	<b>recalculat</b>	<b>recalculat</b>	<b>12</b>	<b>19</b>	<b>23</b>
15	CODI_IDENTIFICACIO_EQUIP	NUM_SERVEIS_DEL_EQUIP	NUM_DE_CONNECTORS_AL_EQUIP	DIRECCIO	TIPUS_DE_ACCES	CONTROL_DE_ACCES
16						
17	<b>Punt geogràfic</b>					
18	<b>10</b>	<b>11</b>				
19	LATITUD	LONGITUD				
20						
21	<b>Servei</b>					
22	<b>1+2+3</b>	<b>22</b>	<b>24</b>			
23	NUMERO_DE_SERVEI	TARIFA	RESTRICCIO_DE_US			
24						
25	<b>Connector</b>					
26	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>inferit</b>		
27	CODI_DEL_CONNECTOR	TIPO_CONNECTOR	POTENCIA_MAXIMA_DE_CARGA_(W)	TIPOLOGIA_DE_CARREGA		
28						
29	<b>Operador</b>					
30	<b>20</b>	<b>21</b>				
31	OPERADOR	TELF				

Figura 38. Correspondència entre la posició de l'array i la informació que conté

Per tant, per cada element del llistat s'han creat els individus adients: districte, barri, operador, estació de recàrrega, punt geogràfic, equip, servei i connector; i se'ls hi ha associat la informació del mateix objecte, a més de relacionar els objectes entre ells.

En la següent figura es pot veure el fragment de codi que per cada element de la llista (fila del CSV), crea l'individu de la classe *District* (si aquest no ha estat creat amb anterioritat), enregistra el seu codi identificador i el seu nom. Posteriorment, crea la instància de *Neighbourhood* (si no existeix), emmagatzema el seu codi identificador, nom i codi postal. Finalment, uneix aquest objecte *neighbourhood* amb l'objecte *district* anterior a través de la propietat *isNeighbourhoodOf*.

Com es pot comprovar, únicament s'ha informat una de les propietats, la inversa d'aquestes serà inferida per part del raonador.

```

127 // es processa el CSV fila a fila (cada fila conté els diversos camps del CSV)
128 for(String[] row: data) {
129
130     // es tracta la informació referent al DISTRICTE
131     if(!districts.containsKey(row[13])) {
132         district = createIndividual(model, "District", "District_"+row[13]);
133
134         model.addLiteral(district, hasCodeId, Integer.parseInt(row[13]));
135         district.addProperty(hasName, row[14]);
136
137         districts.put(row[13], district);
138     }else {
139         district = districts.get(row[13]);
140     }
141
142
143     // es tracta la informació referent al BARRI
144     if(!neighbourhoods.containsKey(row[15])) {
145         neighbourhood = createIndividual(model, "Neighbourhood", "Neighbourhood_"+row[15]);
146
147         model.addLiteral(neighbourhood, hasCodeId, Integer.parseInt(row[15]));
148         neighbourhood.addProperty(hasName, row[16]);
149         if(!row[17].equals("")) {
150             neighbourhood.addProperty(hasPostalCode, row[17]);
151         }
152         neighbourhood.addProperty(isNeighbourhoodOf, district);
153
154         neighbourhoods.put(row[15], neighbourhood);
155     }else {
156         neighbourhood = neighbourhoods.get(row[15]);
157     }
158
159
160     // es tracta la informació referent a l'OPERADOR

```

Figura 39. Fragment de codi que crea les instàncies de *District* i *Neighbourhood*

Per últim, com s'ha explicat, un cop finalitzada la creació de totes les instàncies, s'ha procedit a recalculer els valors del nombre de serveis simultanis i de connectors que disposa cada equip, ja que aquests valors en el fitxer original no estaven ben informats.

En particular, per calcular el nombre de serveis que ofereix un equip ( propietat *hasNumSimultaneousServices*), s'han comptat el nombre de serveis que estan relacionats a l'equip en qüestió. Mentre que per calcular el nombre de connectors d'un equip ( propietat *hasNumConnectors*), s'ha realitzat un sumatori d'un sumatori, ja que es compta el nombre de connectors relacionats a un servei i, posteriorment, es sumen aquests valors dels serveis vinculats a cada equip.

```

315 System.out.println("START: recalculating 'NUM_SERVEIS_DEL_EQUIP' and 'NUM_DE_CONNECTORS_AL_EQUIP'...");
316
317 // es recalcula el nombre de connectors i el nombre de serveis simultanis que té un equip
318 int numSimServices;
319 int numConnectors;
320 StmtIterator it, it2;
321 Individual serv;
322
323 for(Individual equ: equipments.values()) {
324     numSimServices = 0;
325     numConnectors = 0;
326     it = equ.listProperties(hasService);
327     while(it.hasNext()) {
328         Statement st = it.next();
329         numSimServices++;
330
331         String object = st.asTriple().getObject().getLocalName();
332         serv = model.getIndividual(NS+object);
333         it2 = serv.listProperties(hasConnector);
334         while(it2.hasNext()) {
335             it2.next();
336             numConnectors++;
337         }
338     }
339     model.addLiteral(equ, hasNumConnectors, numConnectors);
340     model.addLiteral(equ, hasNumSimultaneousServices, numSimServices);
341 }
342 System.out.println("FINISH: recalculating 'NUM_SERVEIS_DEL_EQUIP' and 'NUM_DE_CONNECTORS_AL_EQUIP'...");

```

Figura 40. Fragment de codi que recalcula els valors incoherents del CSV

En finalitzar el procés, es genera l'ontologia EVCP però amb totes les instàncies creades. Aquesta ontologia s'emmagatzema en format RDF, per poder-lo importar en el Virtuoso, en TTL, per interrogar l'ontologia en l'Stardog, i en OWL per verificar mitjançant el raonador Pellet, incorporat a Protégé, que la càrrega d'instàncies és correcta.

```

353 //
354 /**
355  * Mètode que emmagatzema l'ontologia poblada en format RDF, TTL i OWL
356  * @param model ontològic
357  */
358
359 private void save(OntModel m) {
360     // Finalment guardem l'ontologia en format RDF
361     File rdf_file = new File("EVCOntology_with_instances.rdf");
362     try{
363         if (!rdf_file.exists()){
364             rdf_file.createNewFile();
365         }
366         m.writeAll( new OutputStreamWriter( new FileOutputStream(rdf_file), "utf-8"), "RDF/XML");
367     } catch(IOException ioe){
368         ioe.printStackTrace();
369     }
370
371     // I en format Turtle
372     File ttl_file = new File("EVCOntology_with_instances.ttl");
373     try{
374         if (!ttl_file.exists()){
375             ttl_file.createNewFile();
376         }
377         m.writeAll( new OutputStreamWriter( new FileOutputStream(ttl_file), "utf-8"), "TTL");
378     } catch(IOException ioe){
379         ioe.printStackTrace();
380     }
381
382     // I en format OWL
383     File owl_file = new File("EVCOntology_with_instances.owl");
384     try{
385         if (!owl_file.exists()){
386             owl_file.createNewFile();
387         }
388         m.writeAll( new OutputStreamWriter( new FileOutputStream(owl_file), "utf-8"), "RDF/XML");
389     } catch(IOException ioe){
390         ioe.printStackTrace();
391     }
392 }
393

```

Figura 41. Fragment de codi que genera l'ontologia poblada

Així doncs, des de Protégé es pot comprovar que l'ontologia ja disposa d'individus i, executant el raonador Pellet, es pot assegurar que no hi ha inconsistències a més de presenciar com s'obtenen les propietats inverses que no han estat informades, així com les classificacions dels individus en les *defined classes*, a partir de la inferència.

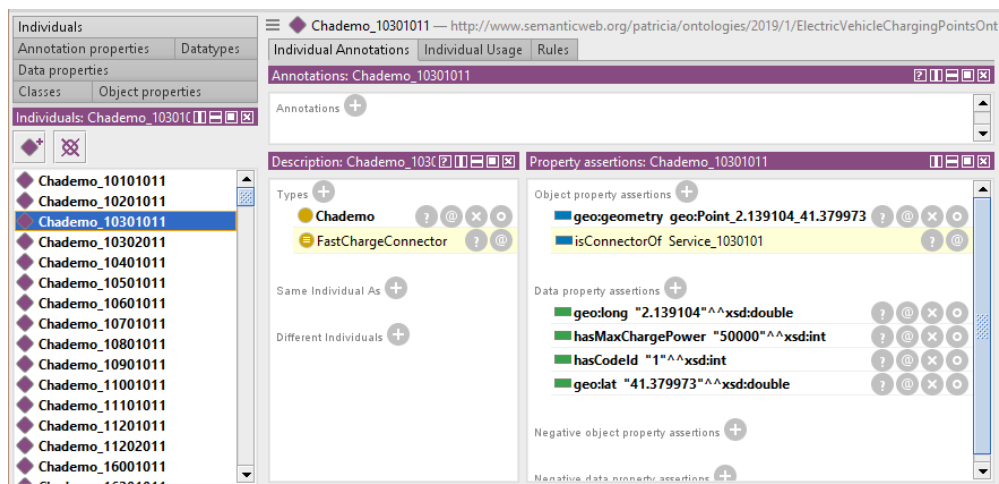


Figura 42. Comprovació de les instàncies de l'ontologia EVCP

### 3.5 Interrogació de l'ontologia

Un cop poblada l'ontologia, es procedeix a explotar la informació que conté, així doncs, s'interrogarà l'EVCP mitjançant el llenguatge SPARQL i la seva extensió GeoSPARQL, la qual permet realitzar consultes orientades a posicionament, per tal d'extreure coneixement i respondre així les qüestions plantejades en el projecte.

L'Stardog és una base de dades RDF que permet emmagatzemar informació i, posteriorment, consultar-la. En aquest apartat utilitzarem a més a més, l'Stardog Studio que és l'IDE d'*Stardog Knowledge Graph* que ofereix una interfície més amigable de cara a realitzar les consultes.

Abans de començar a interrogar l'ontologia, s'ha de crear una base de dades, tot habilitant el raonador i la indexació espacial, i importar el fitxer turtle (TTL) generat en la fase anterior.

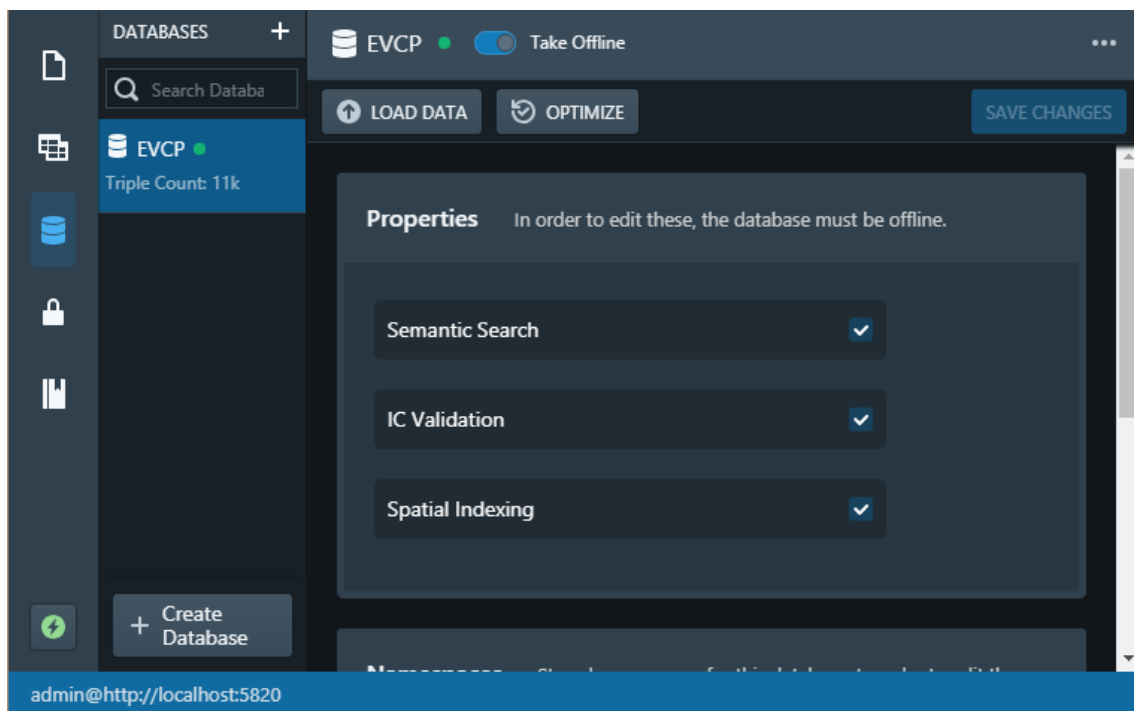


Figura 43. BBDD de l'Stardog creada i carregada

A continuació, es realitzen un seguit de consultes per tal de mostrar el gran rendiment que se li pot treure a l'ontologia creada.

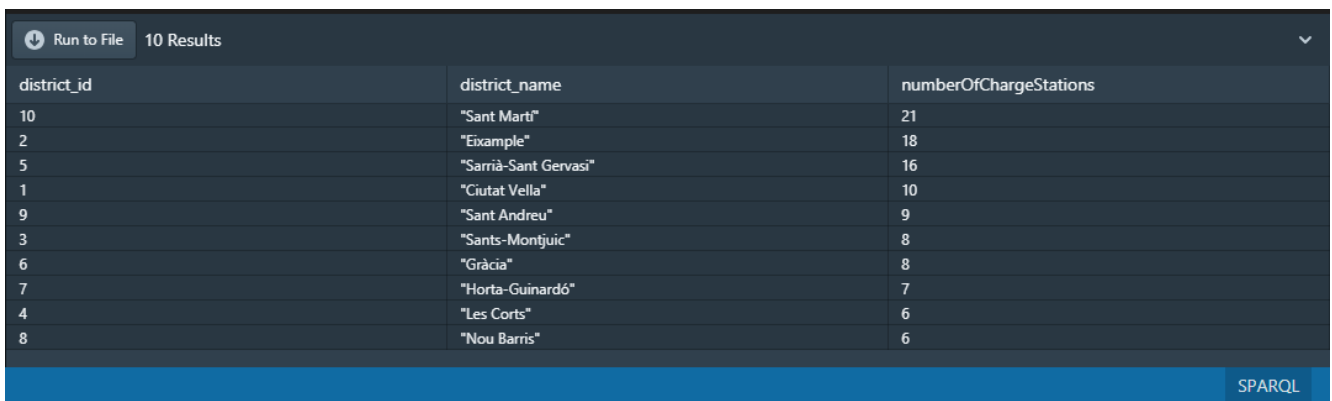
### 3.5.1 Distribució dels punts de recàrrega per districte

De cara a l'administració pot ser interessant saber en quins districtes s'han obert més estacions de recàrrega per tal de planificar o fomentar noves estacions en un districte concret.

```
PREFIX : <http://www.semanticweb.org/patricia/ontologies/2019/1/ElectricVehicleChargingPointsOntology#>

SELECT ?district_id ?district_name (COUNT(?chargeStation) as ?numberChargeStations)
WHERE{
  ?district rdf:type :District;
            :hasCodeId ?district_id;
            :hasName ?district_name;
            :hasNeighbourhood ?barri.
  ?barri :hasChargeStation ?chargeStation
}
GROUP BY ?district_id ?district_name
ORDER BY DESC(?numberChargeStations)
```

Figura 44. Consulta dels punts de recàrrega per districte



district_id	district_name	numberOfChargeStations
10	"Sant Martí"	21
2	"Eixample"	18
5	"Sarrià-Sant Gervasi"	16
1	"Ciutat Vella"	10
9	"Sant Andreu"	9
3	"Sants-Montjuïc"	8
6	"Gràcia"	8
7	"Horta-Guinardó"	7
4	"Les Corts"	6
8	"Nou Barris"	6

Figura 45. Resultat dels punts de recàrrega per districte

Tot i això, cal anar més enllà i no tenir únicament en compte el nombre d'estacions de recàrrega, ja que pot donar-se el cas que una estació disposi de més equips de recàrrega, o que aquests suportin simultàniament la càrrega de més vehicles. Per tant, s'ha de refinar la consulta anterior per tenir en compte aquests dos factors.

```
PREFIX :
<http://www.semanticweb.org/patricia/ontologies/2019/1/ElectricVehicleChargingPointsOntology#>

SELECT ?district_id ?district_name (COUNT(DISTINCT(?chargeStation)) as ?totalChargeStationsPerDistrict)
                                     (COUNT(?equipment) as ?totalEquipmentsPerDistrict)
                                     (SUM(?numSimServices) as ?numAvailablePointsPerDistrict)
WHERE{
  ?district rdf:type :District;
            :hasCodeId ?district_id;
            :hasName ?district_name;
            :hasNeighbourhood ?barri.
  ?barri :hasChargeStation ?chargeStation.
  ?chargeStation :hasEquipment ?equipment.
  ?equipment :hasNumSimultaneousServices ?numSimServices
}
GROUP BY ?district_id ?district_name
ORDER BY DESC(?numAvailablePointsPerDistrict)
```

Figura 46. Consulta refinada dels punts de recàrrega per districte

district_id	district_name	totalChargeStationsPerDistrict	totalEquipmentsPerDistrict	numAvailablePointsPerDistrict
2	"Eixample"	18	23	111
10	"Sant Martí"	21	21	78
5	"Sarrià-Sant Gervasi"	16	19	77
3	"Sants-Montjuïc"	8	10	56
1	"Ciutat Vella"	10	11	46
6	"Gràcia"	8	8	32
4	"Les Corts"	6	6	29
9	"Sant Andreu"	9	9	29
8	"Nou Barris"	6	6	24
7	"Horta-Guinardó"	7	7	24

Figura 47. Resultat refinat dels punts de recàrrega per districte

Així doncs, inicialment es podia pensar que "Sant Martí" era el districte amb més punt de recàrrega, pel fet que és la part de Barcelona que disposa de més fotolineres, però com es pot veure, en realitat l'"Eixample" és el districte que pot absorbir major demanda de càrrega. Aquest districte, tot i comptar amb 3 estacions menys, en total posseeix 2 equips més, els quals amb diferència han de ser més potents, ja que permeten endollar una mitjana de gairebé 5 vehicles alhora.

### 3.5.2 Distribució de les tipologies de càrrega dels connectors per barri

Dels punts de recàrrega també és interessant, com a usuari final, saber quant de temps haurà de transcórrer per carregar al 100% la bateria del vehicle. Aquest temps bé donat per la potència màxima de càrrega i, tal com s'ha construït l'ontologia, ja es disposa dels connectors classificats segons la seva tipologia de càrrega.

Per tant, la següent consulta, retorna per cada barri el nombre de connectors que hi ha de càrrega ràpida, el nombre de connectors de càrrega semi ràpida i el nombre de connectors de càrrega lenta. D'aquesta forma, es pot conèixer la qualitat dels punts en funció del barri on es troben.

```

PREFIX : <http://www.semanticweb.org/patricia/ontologies/2019/1/ElectricVehicleChargingPointsOntology#>

SELECT ?barri_name (COUNT(?fast) as ?FastCC) (COUNT(?semiFast) as ?SemiFastCC) (COUNT(?slow) as ?SlowCC)
WHERE{
  ?barri rdf:type :Neighbourhood;
         :hasName ?barri_name.
  ?barri :hasChargeStation ?chargeStation.
  ?chargeStation :hasEquipment ?equipment.
  ?equipment :hasService ?service.

  {
    ?service :hasConnector ?fast.
    ?fast rdf:type :FastChangeConnector.
  }UNION{
    ?service :hasConnector ?semiFast.
    ?semiFast rdf:type :SemiFastChangeConnector.
  }UNION{
    ?service :hasConnector ?slow.
    ?slow rdf:type :SlowChangeConnector.
  }
}
GROUP BY ?barri_name
ORDER BY DESC(?FastCC) DESC(?SemiFastCC) DESC(?SlowCC)

```

Figura 48. Consulta de la tipologia de càrrega dels connectors per barri

Run to File 46 Results

barri_name	FastCC	SemiFastCC	SlowCC
"L'Antiga Esquerra de l'Eixam...	6	2	12
"Sants"	6	0	2
"El Parc i la Llacuna del Poble...	3	1	33
"El Poble Sec"	3	0	94
"Sarrià"	3	0	85
"La Vila de Gràcia"	3	0	36
"Sant Andreu"	3	0	26
"Sagrada Família"	3	0	24
"El Poblenou"	3	0	19
"Sant Pere, Santa Caterina i la ...	3	0	18
"La Dreta de l'Eixample"	3	0	8
"El Guinardó"	3	0	4
"El Bon Pastor"	3	0	2
"Vallcarca i els Penitents"	3	0	2
"Canyelles"	3	0	0
"La Marina del Prat Vermell"	3	0	0
"La Barceloneta"	0	2	22
"Sant Gervasi - Galvany"	0	1	9
"El Fort Pienc"	0	0	116
"La Vila Olímpica de Poblenou"	0	0	33
"Pedralbes"	0	0	28
"El Raval"	0	0	22
"La Bonanova"	0	0	22
"Sant Antoni"	0	0	22
"Vilapicina i la Torre Llobeta"	0	0	18
"El Baix Guinardó"	0	0	18
"La Salut"	0	0	18
"El Besòs i el Marçany"	0	0	16

Figura 49. Resultat de la tipologia de càrrega dels connectors per barri



### 3.5.3 Equips de fàcil ús

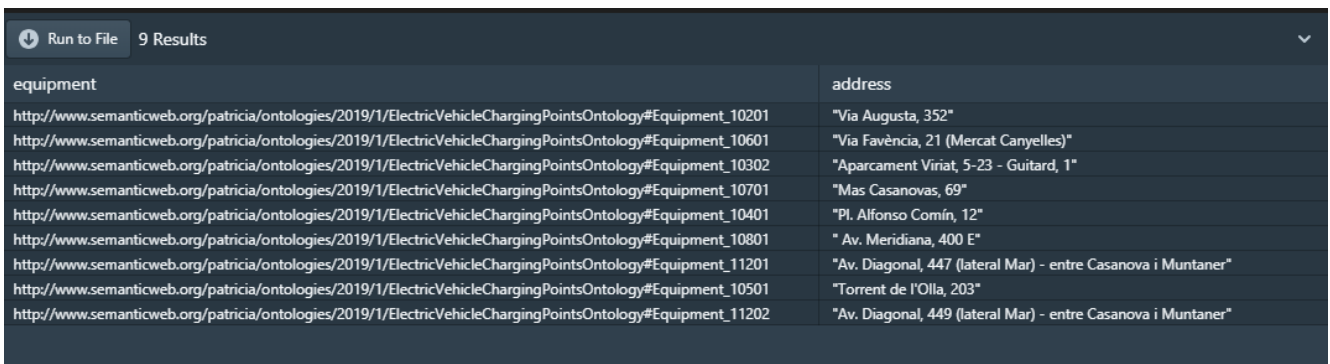
Durant l'anàlisi de les dades s'ha comprès que, encara que la ciutat de Barcelona posa a disposició dels usuaris de vehicles elèctrics diversos punts per recarregar, no tots ells faciliten el servei de recàrrega. En aquest sentit, gran part d'ells són d'ús exclusiu per certs vehicles o requereixen algun tipus d'acreditació per accedir-hi, entre altres.

Així doncs, aquesta consulta té per objectiu localitzar aquells punts que no disposen de cap mena de control per dur a terme la recàrrega, que es troben directament en la via pública i, per tant, no hi ha limitacions pel que fa a l'alçada màxima del vehicle, a més de ser gratuïts, fet que permet no haver de comptar amb alguna targeta de crèdit o monedes per pagar el servei.

```
PREFIX : <http://www.semanticweb.org/patricia/ontologies/2019/1/ElectricVehicleChargingPointsOntology#>

SELECT ?equipment ?address
WHERE{
  ?equipment :hasAccessControl :Exempt;
             rdf:type :Equipment;
             :hasAccessType :PublicRoad;
             :hasService ?service;
             :hasAddress ?address.
  ?service rdf:type :FreeService.
  FILTER NOT EXISTS{?service :canOnlyBeUsedBy ?vehicle}
}
```

Figura 50. Consulta dels equips de fàcil ús



equipment	address
http://www.semanticweb.org/patricia/ontologies/2019/1/ElectricVehicleChargingPointsOntology#Equipment_10201	"Via Augusta, 352"
http://www.semanticweb.org/patricia/ontologies/2019/1/ElectricVehicleChargingPointsOntology#Equipment_10601	"Via Favència, 21 (Mercat Canyelles)"
http://www.semanticweb.org/patricia/ontologies/2019/1/ElectricVehicleChargingPointsOntology#Equipment_10302	"Aparcament Viriàt, 5-23 - Guitard, 1"
http://www.semanticweb.org/patricia/ontologies/2019/1/ElectricVehicleChargingPointsOntology#Equipment_10701	"Mas Casanovas, 69"
http://www.semanticweb.org/patricia/ontologies/2019/1/ElectricVehicleChargingPointsOntology#Equipment_10401	"Pl. Alfonso Comín, 12"
http://www.semanticweb.org/patricia/ontologies/2019/1/ElectricVehicleChargingPointsOntology#Equipment_10801	" Av. Meridiana, 400 E"
http://www.semanticweb.org/patricia/ontologies/2019/1/ElectricVehicleChargingPointsOntology#Equipment_11201	"Av. Diagonal, 447 (lateral Mar) - entre Casanova i Muntaner"
http://www.semanticweb.org/patricia/ontologies/2019/1/ElectricVehicleChargingPointsOntology#Equipment_10501	"Torrent de l'Olla, 203"
http://www.semanticweb.org/patricia/ontologies/2019/1/ElectricVehicleChargingPointsOntology#Equipment_11202	"Av. Diagonal, 449 (lateral Mar) - entre Casanova i Muntaner"

Figura 51. Resultat dels equips de fàcil ús

El resultat obtingut mostra que únicament 9 punts són totalment accessibles per a qualsevol usuari, encara que per afirmar aquest fet faltaria incloure també el tipus de connectors que disposen aquests equips.

### 3.5.4 Punts on recarregar un vehicle concret

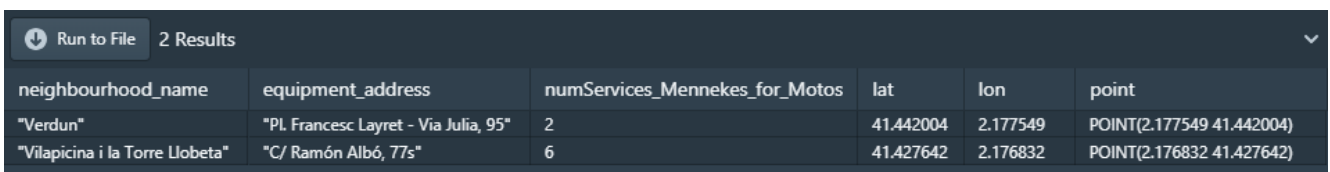
Com usuari d'un vehicle recarregable interessa localitzar els punts on realment podràs recarregar. Així doncs, la següent consulta mostra únicament els llocs de recàrrega que compleixen les característiques necessàries per poder endollar una moto que compta amb un connector de tipus Mennekes. A més, es pot voler acotar la cerca als punts que es trobin ubicats en un districte en concret.

```
PREFIX : <http://www.semanticweb.org/patricia/ontologies/2019/1/ElectricVehicleChargingPointsOntology#>
PREFIX geo: <http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#>
PREFIX geop: <http://www.opengis.net/ont/geosparql#>

SELECT ?neighbourhood_name ?equipment_address (COUNT(DISTINCT(?service)) as ? numServices_Mennekes_for_Motos)
?lat ?lon ?point
WHERE{
  ?equipment rdf:type :Equipment;
             :isEquipmentOf ?station;
             :hasAddress ?equipment_address;
             :hasService ?service;
             geo:lat ?lat;
             geo:long ?lon;
             geo:geometry ?geo.
  ?geo geop:asWKT ?point.
  ?service :hasConnector ?connector.
  ?connector rdf:type :Mennekes.
  ?station :isChargeStationOf ?neighbourhood.
  ?neighbourhood :hasName ?neighbourhood_name;
                :isNeighbourhoodOf ?district.
  ?district :hasName ?district_name.

  { ?service :canOnlyBeUsedBy ?vehicle.
    ?vehicle rdf:type :Motorbike.
  }UNION{
    FILTER NOT EXISTS{?service :canOnlyBeUsedBy ?vehicle.}
  }
  FILTER regex(str(?district_name), "Nou Barris")
}
GROUP BY ?neighbourhood_name ?equipment_address ?lat ?lon ?point
ORDER BY ?neighbourhood name
```

Figura 52. Consulta dels punts on recarregar un vehicle concret



neighbourhood_name	equipment_address	numServices_Mennekes_for_Motos	lat	lon	point
"Verdun"	"Pl. Francesc Layret - Via Julia, 95"	2	41.442004	2.177549	POINT(2.177549 41.442004)
"Vilapicina i la Torre Llobeta"	"C/ Ramón Albó, 77s"	6	41.427642	2.176832	POINT(2.176832 41.427642)

Figura 53. Resultat dels punts on recarregar un vehicle concret

### 3.5.5 Equips en un radi proper a la feina

Aquesta consulta, respon a la qüestió que ha motivat la realització d'aquest projecte:

*Hi haurà suficients punts de recàrrega al voltant d'on treballa per poder carregar el meu vehicle elèctric?*

Així doncs, s'han cercat aquells punts que es troben en un radi de 700m de l'oficina.

```

PREFIX : <http://www.semanticweb.org/patricia/ontologies/2019/1/ElectricVehicleChargingPointsOntology#>
PREFIX geo: <http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#>
PREFIX geop: <http://www.opengis.net/ont/geosparql#>
PREFIX geosf: <http://www.opengis.net/def/function/geosparql/>

SELECT ?equipment ?equipment_address ?equipment_id ?distance
WHERE{
  ?equipment rdf:type :Equipment;
             :hasAddress ?equipment_address;
             :hasCodeId ?equipment_id;
             geo:geometry ?geo.
  ?geo geop:asWKT ?wPoint;
       geosf:nearby("41.3920077" "2.1400172" 700 <http://qudt.org/vocab/unit#Meter>).
  ?distance geosf:distance(?geo "POINT(2.1400172 41.3920077)"^^geop:wktLiteral
<http://qudt.org/vocab/unit#Meter>).
}
ORDER BY ASC(?distance)

```

Figura 54. Consulta dels equips en un radi proper a la feina

equipment	equipment_address	equipment_id	distance
http://www.semanticweb.org/patricia/ont...	"Av. Diagonal, 598 - Travessera de Gràcia...	2	499.71623368181713
http://www.semanticweb.org/patricia/ont...	"Av. Diagonal, 598 - Travessera de Gràcia"	1	499.71623368181713
http://www.semanticweb.org/patricia/ont...	"Villarroel, 277 - Av. Diagonal"	1	543.7809032395587
http://www.semanticweb.org/patricia/ont...	"Av.Sarrià, 126"	1	655.4662152739452

Figura 55. Resultat dels equips en un radi proper a la feina

### 3.5.6 Equips que es troben a menys de 500 metres de la Sagrada Família

En aquesta última consulta es pot apreciar l'aplicació del concepte *linked data*, ja que s'uneix el coneixement contingut a la DBpedia amb el que es disposa en l'ontologia EVCP. Per tant, s'interconnecten dades provinents de dominis i orígens diferents.

En aquest cas, es cerca a DBpedia informació sobre el recurs de la Sagrada Família, en concret, sobre la seva localització (longitud, latitud i figura geomètrica associada). Posteriorment, s'utilitza aquesta informació per trobar els equips que són propers a la Basílica (funció *nearby* de GeoSPARQL). A més, per obtenir el llistat ordenat en funció de la seva proximitat a aquest punt, s'ha fet ús de la funció *distance* i de la clàusula ORDER BY.

Cal destacar que aquesta consulta s'ha hagut de dividir en dues, la primera obté la informació sobre el punt geogràfic del monument i la segona realitza la consulta però fent ús de constants en comptes de variables. En cas contrari, Stardog produïa un error de fora de rang a l'hora d'utilitzar els valors retornats per l'*endpoint* de DBpedia.

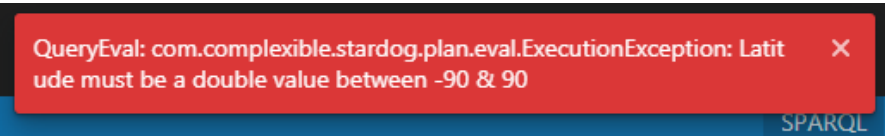


Figura 56. Error en processar variables en una consulta GeoSPARQL

```

PREFIX dbpedia: <http://dbpedia.org/ontology/>
PREFIX dbprop: <http://dbpedia.org/property/>
PREFIX dbr: <http://dbpedia.org/resource/>
PREFIX foaf: <http://xmlns.com/foaf/0.1/>
PREFIX yago: <http://dbpedia.org/class/yago/>
PREFIX dbgeo: <http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#>

SELECT ?cityName_mon ?monument_name ?long_mon ?lat_mon ?geo_mon
WHERE{
  SERVICE <http://dbpedia.org/sparql/>{
    SELECT DISTINCT ?cityName_mon ?monument_name ?long_mon ?lat_mon ?geo_mon
    WHERE{
      dbr:Sagrada_Familia foaf:name ?monument_name;
                        dbgeo:long ?long_mon;
                        dbgeo:lat ?lat_mon;
                        dbgeo:geometry ?geo_mon;
                        dbprop:location ?loc.
      ?loc rdfs:label ?cityName_mon
      FILTER(lang(?cityName_mon) = "es" && str(?cityName_mon) = "Barcelona").
    }
  }
}

```

Figura 57. Consulta a la DBpedia sobre la ubicació de la Sagrada Família

cityName_mon	monument_name	long_mon	lat_mon	geo_mon
"Barcelona"	"Sagrada Família"	2.17444	41.4036	POINT(2.174444437027 41.403610229492)

Figura 58. Resultat de la DBpedia sobre la ubicació de la Sagrada Família

```

PREFIX : <http://www.semanticweb.org/patricia/ontologies/2019/1/ElectricVehicleChargingPointsOntology#>
PREFIX dbpedia: <http://dbpedia.org/ontology/>
PREFIX dbprop: <http://dbpedia.org/property/>
PREFIX dbr: <http://dbpedia.org/resource/>
PREFIX foaf: <http://xmlns.com/foaf/0.1/>
PREFIX yago: <http://dbpedia.org/class/yago/>
PREFIX geo: <http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#>
PREFIX geosf: <http://www.opengis.net/def/function/geosparql/>
PREFIX geop: <http://www.opengis.net/ont/geosparql#>

SELECT ?address ?equipment ?wPoint_equ ?cityName_mon ?monument_name ?geo_mon ?distance
WHERE{
  SERVICE <http://dbpedia.org/sparql/>{
    SELECT DISTINCT ?cityName_mon ?monument_name ?long_mon ?lat_mon ?geo_mon
    WHERE{
      dbr:Sagrada_Familia foaf:name ?monument_name;
                        geo:long ?long_mon;
                        geo:lat ?lat_mon;
                        geo:geometry ?geo_mon;
                        dbprop:location ?loc.
      ?loc rdfs:label ?cityName_mon
      FILTER(lang(?cityName_mon) = "es" && str(?cityName_mon) = "Barcelona").
    }
  }
  ?equipment rdf:type :Equipment;
             :hasAddress ?address;
             geo:geometry ?geo_equ.
  ?geo_equ geop:asWKT ?wPoint_equ.
  ?geo_equ geosf:nearby(41.4036 2.17444 0.5 <http://qudt.org/vocab/unit#Kilometer>).
  ?distance geosf:distance(?geo_equ "POINT(2.17444 41.4036)"^^geop:wktLiteral
<http://qudt.org/vocab/unit#Kilometer>)
}
ORDER BY(?distance)

```

Figura 59. Consulta dels equips propers a la Sagrada Família

address	equipment	wPoint_equ	cityName_mon	monument_name	geo_mon	distance
"Provença, 447 - Marina"	http://www.semanticweb.org/...	POINT(2.174774 41.404781)	"Barcelona"	"Sagrada Família"	POINT(2.174444437027 41.403610229492)	0.13424...
"C/ Mallorca, 425"	http://www.semanticweb.org/...	POINT(2.177179 41.404938)	"Barcelona"	"Sagrada Família"	POINT(2.174444437027 41.403610229492)	0.27261...

Figura 60. Resultat dels equips propers a la Sagrada Família

### 3.6 Integració de map4rdf

Finalment, en aquest apartat s'adapta l'eina map4rdf [23], la qual ha estat desenvolupada per membres de la Universitat Politècnica de Madrid (UPM), en concret, pels integrants de l'*Ontology Engineering Group* (OEG). Com s'ha comentat, aquest *software* permet explorar i visualitzar les dades RDF que es troben enriquides geogràficament, que, en aquest cas, són les estacions de recàrrega i els seus connectors.

Per utilitzar aquest mapa, és necessari seguir el procediment d'instal·lació i configuració, documentat en la seva wiki [24]. Així doncs, primer de tot cal descarregar-se el servidor d'aplicacions Tomcat, l'eina Maven i el *software* git:

```
yum install tomcat tomcat-webapps maven git
```

Tot seguit, es procedeix a obtenir el map4rdf del repositori GitHub i es compila:

```
git clone https://github.com/oeg-upm/map4rdf.git /root
mvn clean install
```

A continuació, es procedeix amb el desplegament de map4rdf dins del servidor d'aplicacions Tomcat:

```
cp /root/map4rdf/target/map4rdf-0.0.5-OL-SNAPSHOT.war /usr/share/tomcat/webapps/map4rdf.war
```

Finalment, només cal iniciar Tomcat i habilitar-lo perquè s'iniciï automàticament en encendre la màquina:

```
systemctl start tomcat
systemctl enable tomcat
```

En aquest punt, ja es pot passar a la configuració de l'eina de mapes. Així doncs, es crea una nova instància de map4rdf mitjançant la inclusió de la següent línia en el fitxer `configuration.properties` ubicat a `/usr/share/tomcat/webapps/map4rdf/WEB-INF:`

```
EVCP=EVCP.properties
```

En concret, el fitxer `EVCP.properties`, el qual es troba en el *path* `/usr/share/tomcat/webapps/map4rdf/WEB-INF/configurations`, conté tota la configuració de la instància del mapa que mostra la informació dels punts de recàrrega. Els paràmetres indispensables pel funcionament correcte de l'eina són:

- `endpoint.url.generic`: que conté la URL on es realitzaran les consultes SPARQL. En aquest cas, s'ha indicat l'Stardog com a *endpoint*, tot assenyalant que aquest ha d'habilitar el seu raonador.
- `geometry.model`: que detalla el tipus de model geomètric que segueixen els recursos a mostrar. En aquest projecte, el model utilitzat ha sigut el de DBpedia, el qual fa ús dels valors de latitud i longitud.

Com es pot observar en la figura 61, amb aquesta configuració inicial, ja es mostra la interfície web de map4rdf, tot centrant el mapa en la ciutat de Barcelona i indicant els possibles tipus d'objectes a geolocalitzar.

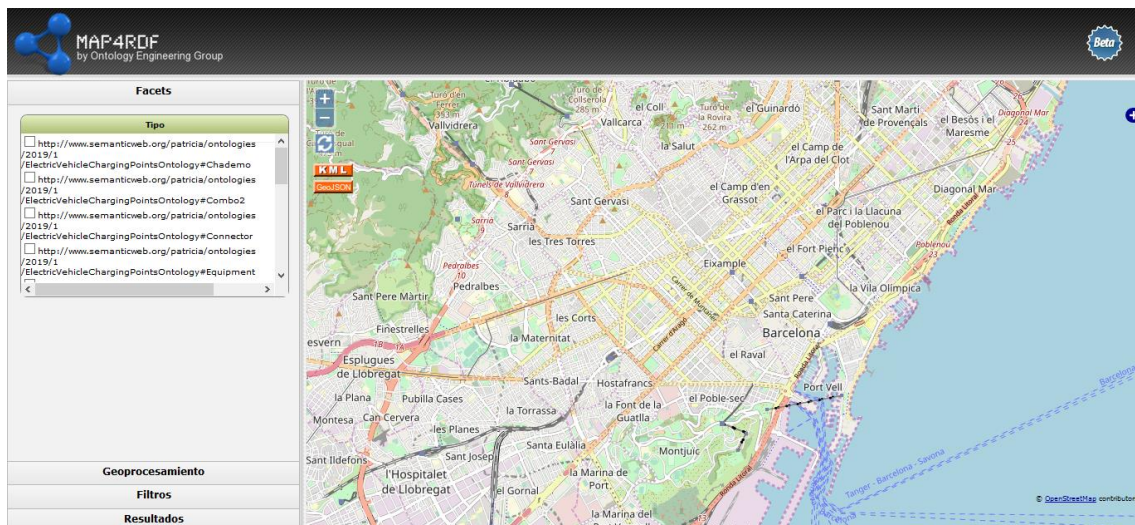


Figura 61. Interfície web de map4rdf

Tot i això, per fer més amigable la interacció amb el mapa, s'han substituït les URIs dels recursos per literals descriptius, motiu pel qual s'ha afegit en el fitxer EVCP.properties el següent paràmetre:

- `facets.file`: que disposa de la referència del fitxer `EVCP_facets.tt1`, el qual es troba en la ruta `/usr/share/tomcat/webapps/map4rdf/WEB-INF/facets`. En aquest fitxer s'especifiquen els recursos a mostrar, així com la seva agrupació en filtres. En concret, s'ha creat un filtre general que inclou els equips, i dos filtres pels connectors, un segons la seva forma (tipologia d'endoll) i l'altre segons la seva tipologia de càrrega. Per tots ells s'han indicat els literals tant en castellà com en anglès.

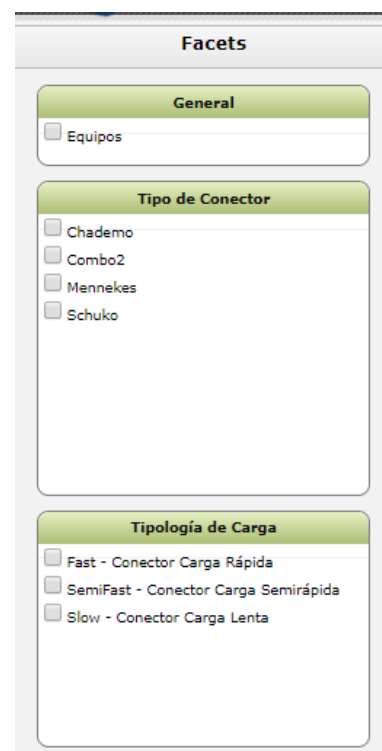


Figura 62. Filtres dels recursos



Com es pot apreciar, seleccionant els literals del panell de l'esquerra, es mostren en el mapa tots aquells recursos que compleixen aquella condició. Per exemple, en la següent figura es localitzen tots els connectors que són de tipus Mennekes.

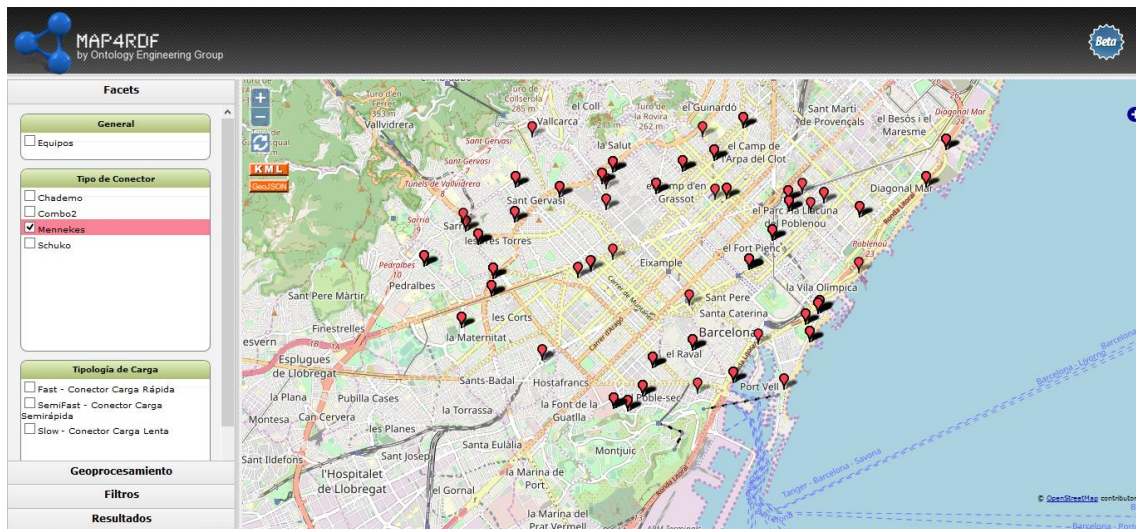


Figura 63. Localització dels connectors de tipus Mennekes

A més, si se'n selecciona un, apareix un cercle d'accions possibles a realitzar sobre ell, així com, en el centre, es mostra una imatge descriptiva del recurs. En concret, en el cas dels connectors indica la tipologia de càrrega d'aquests: verd significa que és de càrrega ràpida, groc semi ràpida i vermell lenta. Aquestes imatges s'emmagatzemen en el directori `/usr/share/tomcat/webapps/map4rdf/es.upm.fi.dia.oeg.map4rdf.map4rdf`

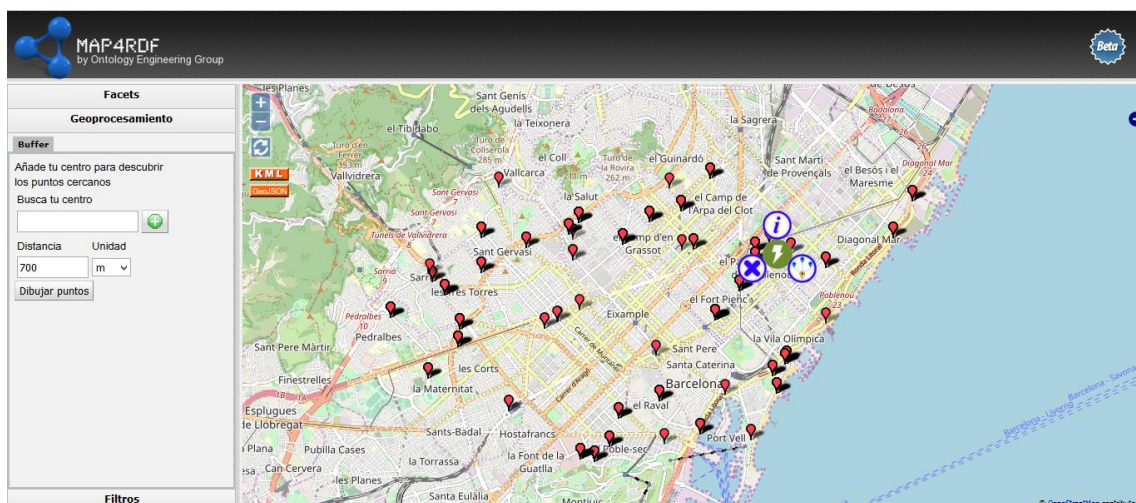


Figura 64. Accions possibles a realitzar sobre un recurs

Per altra banda, apareix l'opció de ressaltar els recursos que es troben a menys d'una certa distància de l'objecte seleccionat. Aquesta acció és interessant de cara a què si el punt de recàrrega que havia seleccionat l'usuari es troba ocupat en aquell moment, que l'usuari pugui cercar punts semblants pel seu voltant.

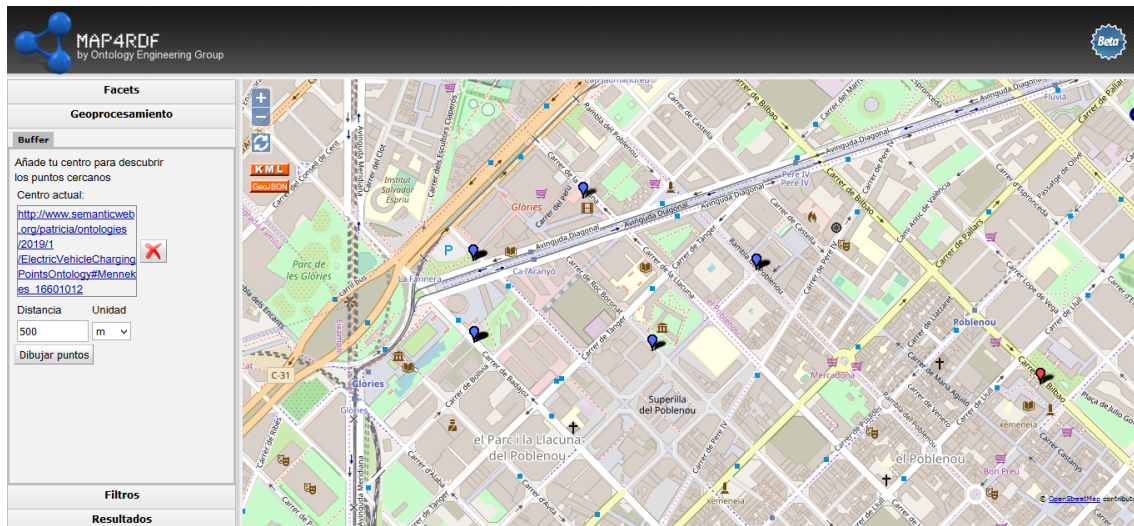


Figura 65. Punts propers al recurs seleccionat

Finalment, perquè el mapa aporti més informació, a part de la ubicació dels recursos, s'ha incorporat una fitxa breu que mostra certes dades destacables de cada punt. Així doncs, s'ha registrat el següent paràmetre del fitxer EVCP.properties:

- `additional_info`: que enllaça als fitxers `EVCP_Equipment_additional_info.properties` i `EVCP_Connector_additional_info.properties`, els quals contenen les consultes que es realitzaran sobre l'`endpoint` Virtuoso per mostrar informació rellevant en la minifitxa del recurs seleccionat en el mapa. Ambdós fitxers, es troben en el directori `/usr/share/tomcat/webapps/map4rdf/WEB-INF/additional_info`.

Així doncs, quan s'està cercant a nivell d'equip, es mostren el nombre de connectors i serveis simultanis que disposa, així com el propietari de l'equip.

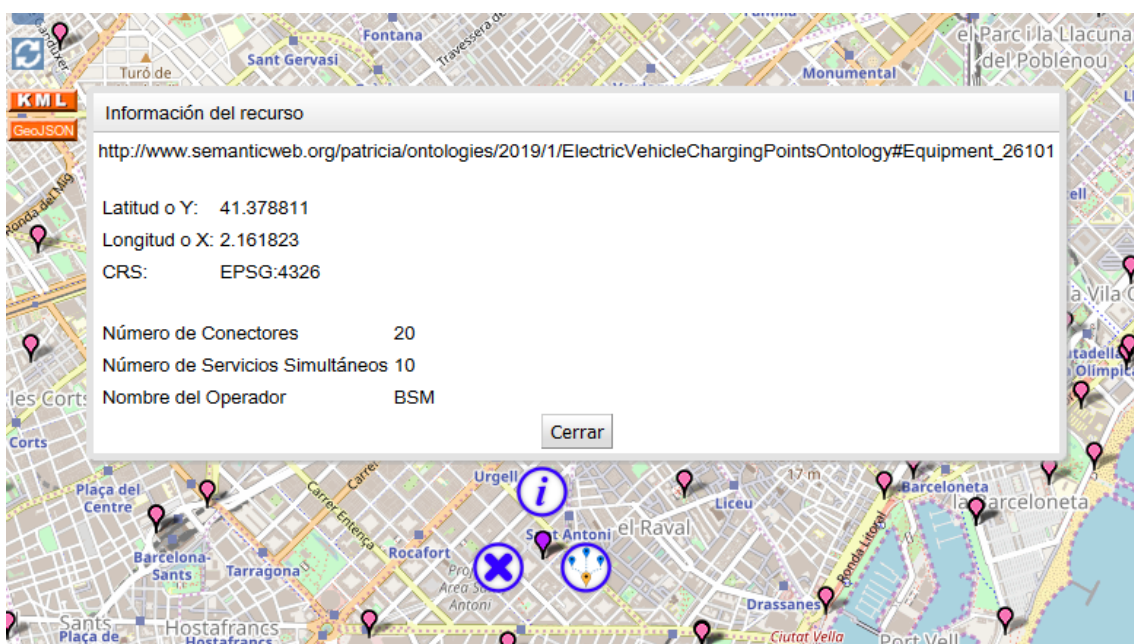


Figura 66. Minifitxa dels equips



En canvi, si es treballa a nivell de connector, s'indica la seva potència màxima de càrrega d'aquest com a dada addicional.

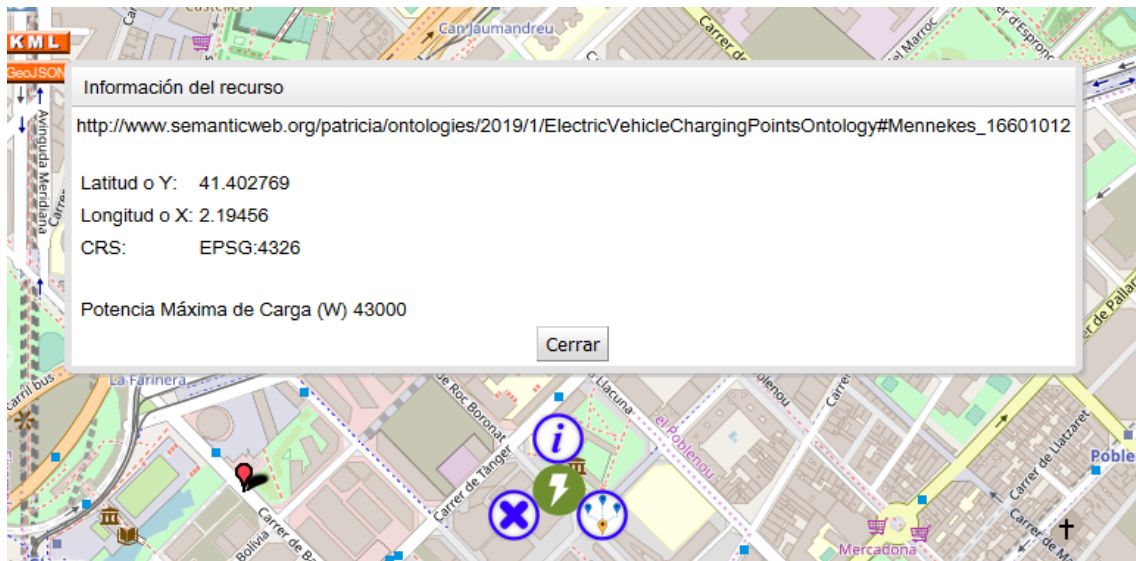


Figura 67. Minifitxa dels connectors

Resta comentar que per personalitzar més aquesta instància de map4rdf, s'ha utilitzat una imatge d'un equip de recàrrega a mode de logo. Aquesta es troba ubicada en la carpeta /usr/share/tomcat/webapps/map4rdf/logos/descriptions.

## 4. Conclusions

La realització d'aquest projecte ha sigut molt motivadora pel fet que, personalment, he pogut participar en ell des de diferents vessants. En concret, he actuat com a cap de projectes, marcant els temps de planificació i definint els límits del producte resultant, com a desenvolupadora, implementant el producte en si, i alhora com a *stakeholder*, ja que com a futura usuària d'un vehicle de zero emissions, tenia clara les necessitats que havia de cobrir.

Així doncs, al llarg d'aquest treball he pogut aplicar els coneixements que he adquirit en les diverses assignatures del grau, però sobretot m'ha permès consolidar i ampliar els conceptes tractats en l'assignatura de Representació del coneixement, no només a nivell teòric sinó també pràctic. Convé subratllar que encara que els termes tractats en la part teòrica del TFP no eren nous per mi, ja que els havia vist en una assignatura de l'itinerari, sí que és cert que aquest cop m'he pogut endinsar en ells i comprendre el paper que juguen en l'evolució de la web.

Tot i això, m'agradaria destacar la dificultat que he trobat a l'hora de documentar l'apartat de l'estat de l'art, i la gran quantitat d'hores que això m'ha comportat, doncs no és tan senzill com pot semblar a primera vista resumir de forma clara i entenedora conceptes tècnics. Per aquest motiu, vaig optar per incorporar imatges que mostressin visualment les idees clau tractades en cada subapartat.

Pel que fa a la part pràctica del TFP, he après a trobar solucions alternatives a les plantejades inicialment per poder cobrir les necessitats detectades. A tall d'exemple, en un principi m'havia basat a utilitzar únicament Stardog com a base de dades RDF sobre la qual realitzar les consultes SPARQL, però finalment, després d'analitzar altres eines similars, vaig decidir incorporar el Virtuoso per complementar les funcionalitats i poder assolir tots els objectius marcats.

Malgrat això, al final s'ha pogut obtenir un producte 100% operatiu amb el qual es facilita als usuaris finals la cerca dels punts més idonis on recarregar el seu vehicle elèctric a la ciutat de Barcelona. A més, cal destacar que aquest compleix tots els objectius específics indicats en la memòria i, tanmateix, al llarg de la realització de tot el treball he pogut assolir els diversos objectius personals que m'havia fixat.

Referent a la metodologia de treball, només comentar que el fet de descompondre les tasques del desenvolupament del producte en tres nivells de detall, m'ha ajudat a

visionar de forma global els objectius específics i, alhora, m'ha permès controlar el *timing* dedicat a cada subtasca.

A més, gràcies al fet que en la planificació inicial vaig estimar la duració de les tasques deixant marge de temps extra, m'ha permès absorbir el temps addicional dedicat a resoldre els problemes de llicenciament i de les limitacions de les dues eines de bases de dades RDF elegides. Per tant, encara que com en tot projecte real, han aparegut imprevistos d'última hora, no m'he desfasat de temps i he pogut seguir el *planning* establert.

Per concloure només resta comentar que, òbviament, el producte resultant té certes limitacions, que es podrien polir en un futur, però que quedaven fora de l'abast del producte per aquest treball. La més notable seria la funcionalitat de definir rutes de forma intel·ligent en el sentit que es mostrés el recorregut a realitzar tot estimant els quilòmetres d'autonomia del vehicle i indiqués els punts on realitzar la recàrrega.

Posteriorment, analitzant les prestacions de map4rdf, s'ha vist que hi ha la possibilitat de calcular itineraris entre dos punts cridant a una API de Google, però faltaria incorporar aquest component "intel·ligent".

Per altra banda, també es podrien afegir nous filtres en la configuració del mapa, de forma que oferís més possibilitats de cerca de cara a l'usuari final. Així com de cara als responsables de gestionar els punts de recàrrega, es podria desenvolupar una interfície web més amigable per facilitar la introducció i/o modificació manual de les dades de les estacions de càrrega en la base de dades RDF.

Per últim, cal destacar que de cara al futur, seria convenient modificar el codi del projecte map4rdf perquè les peticions HTTP, realitzades per consultar la informació addicional dels punts del mapa, demanessin la resposta en format JSON. D'aquesta manera, el producte seria més òptim i requeriria menys recursos a nivell de *software*, doncs es podria prescindir de tota la màquina Fedora.

## 5. Bibliografia

**Casas Roma, Jordi; Conesa i Caralt, Jordi.** (2017). *Datos en Abierto Enlazados*. Disponible en versió electrònica en l'aula de Representació del coneixement de la UOC.

**Sáenz Higuera, Nita; Vidal Oltra, Rut.** (2005). *Redacció de textos científicotècnics*. Disponible en versió electrònica en l'aula de TFG – Web semàntica de la UOC.

**Ramón Rodríguez, José.** (2012). *La gestió del projecte al llarg del treball final*. Disponible en versió electrònica en l'aula de TFG – Web semàntica de la UOC.

**Duran Cals, Jordi; Conesa i Caralt, Jordi; Clarisó Viladrosa, Robert.** (2013). *Introducció a la representació del coneixement*. Disponible en versió electrònica en l'aula de Representació del coneixement de la UOC.

**Duran Cals, Jordi; Conesa i Caralt, Jordi; Clarisó Viladrosa, Robert.** (2013). *Ontologies i web semàntica*. Disponible en versió electrònica en l'aula de Representació del coneixement de la UOC.

**Col·laboradors de la Wikipedia.** *Protégé (software)* [en línia]. Wikipedia, la enciclopèdia lliure, 2019. [Data de consulta: 14 de març del 2019]. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Prot%C3%A9g%C3%A9\\_\(software\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Prot%C3%A9g%C3%A9_(software))

**Col·laboradors de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Informáticos (ETSIINF).** *Map4rdf* [en línia]. Ontology Engineer ingGroup, 2015. [Data de consulta: 15 de març del 2019]. Disponible en: <http://mayor2.dia.fi.upm.es/oeg-upm/index.php/es/downloads/172-map4rdf/index.html>

**Piedra, Nelson; Chicaiza, Janneth; López, Jorge; Cadme, Elizabeth; Torres, Diana; Cabrera, Ma. del Carmen; Elizalde, René; Valarezo, Manuel; Viñán, Marlon; Romero, Audrey; Ramírez, Ramiro; Morocho, Joan Carlos; Encalada, Eduardo; Mora, Ma. Belén; Batanero, Concha; García-López, Eva; García-Cabot; Antonio, De Marcos, Luís.** (2012). *Estado del arte sobre tecnologías de la Web Social y Web Semántica para la mejora de accesibilidad en educación superior* [en línia]. Actas del IV Congreso Internacional ATICA, 2012. [Data de consulta: 15 de març del 2019]. Disponible en: [http://www.esvial.org/wp-content/files/Atica2012\\_pp78-92.pdf](http://www.esvial.org/wp-content/files/Atica2012_pp78-92.pdf)

**Renatto Rodas Linares, Agustín; Calderón Valladares, Víctor.** (2015). *Estado del arte sobre la Web semántica, desarrollo de ontologías enfocado a la recomendación de lugares turísticos y de esparcimiento* [en línea]. ResearchGate, 2019. [Data de consulta: 16 de març del 2019]. Disponible en:

<[https://www.researchgate.net/publication/282818713\\_Estado\\_del\\_arte\\_sobre\\_la\\_Web\\_semantica\\_desarrollo\\_de\\_ontologias\\_enfocado\\_a\\_la\\_recomendacion\\_de\\_lugares\\_turisticos\\_y\\_de\\_esparcimiento](https://www.researchgate.net/publication/282818713_Estado_del_arte_sobre_la_Web_semantica_desarrollo_de_ontologias_enfocado_a_la_recomendacion_de_lugares_turisticos_y_de_esparcimiento)>

**Col-laboradors de la Wikipedia.** *Web semántica* [en línea]. Wikipedia, la enciclopedia libre, 2019. [Data de consulta: 16 de març del 2019]. Disponible en:

<[https://es.wikipedia.org/wiki/Web\\_sem%C3%A1ntica](https://es.wikipedia.org/wiki/Web_sem%C3%A1ntica)>

**Delgado, Hugo.** (2018). *Web semántica, definición, historia y características* [en línea]. Diseño de páginas web, akus, 2019. [Data de consulta: 16 de març del 2019]. Disponible en:

<<https://disenowebakus.net/semantica-web.php>>

**Bengoechea Ruiz, María Jesús.** (2018). *La Web Semántica o Web 3.0* [en línea]. Orientador web, 2019. [Data de consulta: 16 de març del 2019]. Disponible en:

<<https://www.orientadorweb.com/web-semantica/>>

**Ross, Greg.** (2005). *An introduction to Tim Berners-Lee's Semantic Web* [en línea]. TechRepublic, 2019. [Data de consulta: 16 de març del 2019]. Disponible en:

<<https://www.techrepublic.com/article/an-introduction-to-tim-berners-lees-semantic-web/>>

**Bauer, Kurt.** (2018). *Tim Berners-Lee, Solid, and the arrival of the Web 3.0* [en línea]. Dev Community, 2019. [Data de consulta: 16 de març del 2019]. Disponible en:

<<https://dev.to/krtb/tim-berners-lee-solid-and-the-arrival-of-the-web-30-4fq7>>

**Berners-Lee, Tim.** (1998). *Semantic Web Road map* [en línea]. W3C, 2019. [Data de consulta: 16 de març del 2019]. Disponible en:

<<https://www.w3.org/DesignIssues/Semantic.html>>

**Col-laboradors de la Wikipedia.** *Ontología (informática)* [en línea]. Wikipedia, la enciclopedia libre, 2019. [Data de consulta: 17 de març del 2019]. Disponible en:

<[https://es.wikipedia.org/wiki/Ontolog%C3%ADa\\_\(inform%C3%A1tica\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Ontolog%C3%ADa_(inform%C3%A1tica))>

**Lamarca Lapuente, María Jesús.** (2013). *Ontología. Hipertexto, el nuevo concepto de documento en la cultura de la imagen* [en línea]. Hipertexto, 2019. [Data de consulta: 17 de març del 2019]. Disponible en:

<<http://www.hipertexto.info/documentos/ontologias.htm>>

**Col-laboradors de Bibliopos.** *La ontología y la web semántica: recomendaciones del W3C* [en línea]. Bibliopos, la biblioteca de información y recursos 2018. [Data de consulta: 17 de març del 2019]. Disponible en:

<<http://www.bibliopos.es/Bibliopos-A2-Bibliografia-Documentacion/18ontologia-Web-Semantica.pdf>>

**Gonzalo, Carlos.** (2005). *Ontologías y la Web Semántica* [en línea]. Carlos Gonzalo, Ph.D. Comunicación Social, 2019. [Data de consulta: 17 de març del 2019]. Disponible en:

<<https://www.carlosgonzalo.es/ontologias-y-la-web-semantica/>>

**Iglesia Aparicio, Javier.** (2018). *Web Semántica: fundamentos, tecnologías y futuro* [en línea]. Talento e innovación, Escuela Europea de Negocios, 2019. [Data de consulta: 17 de març del 2019]. Disponible en:

<[https://talentoeyinnovacion.com/wp-content/uploads/2018/05/20180516\\_presentacion\\_Tel\\_web\\_semantica.pdf](https://talentoeyinnovacion.com/wp-content/uploads/2018/05/20180516_presentacion_Tel_web_semantica.pdf)>

**Pastor Sánchez, Juan Antonio.** (2011). *Tecnologías de la web semántica*. Publicació: Barcelona, UOC. Disponible en la biblioteca de la UOC.

**Col-laboradors de la Wikipedia.** *Identificador de recursos uniforme* [en línea]. Wikipedia, la enciclopedia libre, 2019. [Data de consulta: 17 de març del 2019]. Disponible en:

<[https://es.wikipedia.org/wiki/Identificador\\_de\\_recursos\\_uniforme](https://es.wikipedia.org/wiki/Identificador_de_recursos_uniforme)>

**Col-laboradors de la Wikipedia.** *Extensible Markup Language* [en línea]. Wikipedia, la enciclopedia libre, 2019. [Data de consulta: 17 de març del 2019]. Disponible en:

<[https://es.wikipedia.org/wiki/Extensible\\_Markup\\_Language](https://es.wikipedia.org/wiki/Extensible_Markup_Language)>

**Col-laboradors de MDN web docs.** *Introducción a XML* [en línea]. Mozilla, 2019. [Data de consulta: 17 de març del 2019]. Disponible en:

<[https://developer.mozilla.org/es/docs/Introducci%C3%B3n\\_a\\_XML](https://developer.mozilla.org/es/docs/Introducci%C3%B3n_a_XML)>

**Col-laboradors de la Wikipedia.** *Resource Description Framework* [en línia]. Wikipedia, la enciclopedia libre, 2019. [Data de consulta: 18 de març del 2019]. Disponible en:

<[https://es.wikipedia.org/wiki/Resource\\_Description\\_Framework](https://es.wikipedia.org/wiki/Resource_Description_Framework)>

**Col-laboradors de la W3C.** *Resource Description Framework (RDF): Concepts and Abstract Syntax* [en línia]. World Wide Web Consortium, 2004. [Data de consulta: 18 de març del 2019]. Disponible en:

<<https://www.w3.org/TR/rdf-concepts/>>

**Col-laboradors de la Wikipedia.** *RDF Schema* [en línia]. Wikipedia, la enciclopedia libre, 2019. [Data de consulta: 18 de març del 2019]. Disponible en:

<[https://es.wikipedia.org/wiki/RDF\\_Schema](https://es.wikipedia.org/wiki/RDF_Schema)>

**Col-laboradors de la Wikipedia.** *OWL* [en línia]. Wikipedia, la enciclopedia libre, 2019. [Data de consulta: 18 de març del 2019]. Disponible en:

<<https://es.wikipedia.org/wiki/OWL>>

**Col-laboradors de la W3C.** *OWL – Web Ontology Language* [en línia]. World Wide Web Consortium, 2013. [Data de consulta: 18 de març del 2019]. Disponible en:

<<https://www.w3.org/OWL/>>

**Col-laboradors de la Wikipedia.** *Web Ontology Language* [en línia]. Wikipedia, la enciclopedia libre, 2019. [Data de consulta: 18 de març del 2019]. Disponible en:

<[https://en.wikipedia.org/wiki/Web\\_Ontology\\_Language](https://en.wikipedia.org/wiki/Web_Ontology_Language)>

**Agrawal, Ritesh.** (2007). *Difference between OWL Lite, DL, and Full* [en línia]. Wordpress ragrawal, 2019. [Data de consulta: 17 de març del 2019]. Disponible en:

<<https://ragrawal.wordpress.com/2007/02/20/difference-between-owl-lite-dl-and-full/>>

**Col-laboradors de la Wikipedia.** *SPARQL* [en línia]. Wikipedia, la enciclopedia libre, 2019. [Data de consulta: 18 de març del 2019]. Disponible en:

<<https://es.wikipedia.org/wiki/SPARQL>>

**Lincoln, Matthew.** (2015). *Uso de SPARQL para acceder a datos abiertos enlazados* [en línia]. The Programming Historian, 2019. [Data de consulta: 17 de març del 2019]. Disponible en:

<<https://programminghistorian.org/es/lecciones/sparql-datos-abiertos-enlazados#buscando-rdf-con-sparql>>

**Col-laboradors de la Wikipedia.** *GeoSPARQL* [en línia]. Wikipedia, la enciclopedia libre, 2019. [Data de consulta: 19 de març del 2019]. Disponible en:

<<https://en.wikipedia.org/wiki/GeoSPARQL>>

**Col-laboradors de BioPortal.** *OGC GeoSPARQL 1.0* [en línia]. BioPortal, repository of biomedical ontologies, 2019. [Data de consulta: 19 de març del 2018]. Disponible en:

<<https://bioportal.bioontology.org/ontologies/GEOSPARQL/?p=summary>>

**Vos, Martien.** (2017). *Linked Data and Geosparql* [en línia]. NL Oracle User Group, 2019. [Data de consulta: 20 de març del 2019]. Disponible en:

<[https://www.nloug.nl/downloads/ogh20170622\\_martien\\_vos.pdf](https://www.nloug.nl/downloads/ogh20170622_martien_vos.pdf)>

**Col-laboradors de la Wikipedia.** *Well Known Text* [en línia]. Wikipedia, la enciclopedia libre, 2019. [Data de consulta: 21 de març del 2019]. Disponible en:

<[https://es.wikipedia.org/wiki/Well\\_Known\\_Text](https://es.wikipedia.org/wiki/Well_Known_Text)>

**Vilches-Blázquez, Luís M.; Sevilla, Celia; Villarlón, Miguel; Rodríguez, Antonio F.; Gómez-Pérez, Asunción.** (2013). *Combinando Linked Data con servicios geoespaciales* [en línia]. IDEE, Infraestructura de Datos Espaciales de España, 2019. [Data de consulta: 21 de març del 2019]. Disponible en:

<[https://www.idee.es/resources/presentaciones/JIIDE13/jueves/42\\_linked\\_Data\\_servicios\\_geoespaciales.pdf](https://www.idee.es/resources/presentaciones/JIIDE13/jueves/42_linked_Data_servicios_geoespaciales.pdf)>

**Perry, Matthew, Herring, John.** (2011). *GeoSPARQL – A geographic query language for RDF data* [en línia]. Open Geospatial Consortium, 2019. [Data de consulta: 21 de març del 2019]. Disponible en:

<<https://www.w3.org/2011/02/GeoSPARQL.pdf>>

**Col-laboradors de la Wikipedia.** *Datos abiertos* [en línia]. Wikipedia, la enciclopedia libre, 2019. [Data de consulta: 22 de març del 2019]. Disponible en:

<[https://es.wikipedia.org/wiki/Datos\\_abiertos](https://es.wikipedia.org/wiki/Datos_abiertos)>

**Col-laboradors de Open Data Handbook.** *¿Qué son los datos abiertos?* [en línia]. The Open Data Handbook, 2019. [Data de consulta: 22 de març del 2019]. Disponible en:

<<http://opendatahandbook.org/guide/es/what-is-open-data/>>



**Col·laboradors de la Wikipedia.** *Datos enlazados* [en línia]. Wikipedia, la enciclopedia libre, 2019. [Data de consulta: 22 de març del 2019]. Disponible en:

<[https://es.wikipedia.org/wiki/Datos\\_enlazados](https://es.wikipedia.org/wiki/Datos_enlazados)>

**Azahara.** (2018). *Que es Open Linked Data* [en línia]. Geographica: make data count, 2019. [Data de consulta: 22 de març del 2019]. Disponible en:

<<https://geographica.com/es/blog/open-linked-data/>>

**Tagarev, Andrey; Hristova, Desislava.** (2018). *What are LinkedData and Linked Open Data* [en línia]. Ontotext, 2019. [Data de consulta: 22 de març del 2019]. Disponible en:

Disponible en:

<<https://www.ontotext.com/knowledgehub/fundamentals/linked-data-linked-open-data/>>

**Tagarev, Andrey; Hristova, Desislava.** (2018). *What is Five-Star Linked Open Data?* [en línia]. Ontotext, 2019. [Data de consulta: 22 de març del 2019]. Disponible en:

<<https://www.ontotext.com/knowledgehub/fundamentals/five-star-linked-open-data/>>

**Bechhofer, Sean; Harper, Simon; Lunn, Darren.** (2006). *Semantic Annotation for Accessibility* [en línia]. ResearchGate, 2019. [Data de consulta: 16 de març del 2019]. Disponible en:

Disponible en:

<[https://www.researchgate.net/publication/221466330\\_Semantic\\_Annotation\\_for\\_Accessibility](https://www.researchgate.net/publication/221466330_Semantic_Annotation_for_Accessibility)>

## 5.1 Referències

[1] **Barcelona de Serveis Municipals (B:SM).** *Punts de recàrrega elèctrica a la ciutat de Barcelona* [en línia]. Endolla Barcelona, 2019. [Data de consulta: 1 de març del 2019]. Disponible en:

<[https://www.bsmsa.cat/fileadmin/user\\_upload/mobilitat/MAPA\\_CARGA\\_EXTERIOR\\_Y\\_SUBTERRA\\_NEO\\_02\\_17-1-19\\_.pdf](https://www.bsmsa.cat/fileadmin/user_upload/mobilitat/MAPA_CARGA_EXTERIOR_Y_SUBTERRA_NEO_02_17-1-19_.pdf)>

[2] **Open Data BCN.** *Punts de recàrrega de vehicle elèctric de la ciutat de Barcelona* [en línia]. Servicio de datos abiertos del Ayuntamiento de Barcelona, 2019. [Data de consulta: 1 de març del 2019]. Disponible en:

<<https://opendata-ajuntament.barcelona.cat/data/es/dataset/punts-recarrega-vehiculos-electrics>>

[3] **Fernández-Lopez, Mariano; Gómez-Pérez, Asunción; Juristo, Natalia.** (1997). *METHONTOLOGY: From Ontological Art Towards Ontological Engineering*. Archivo Digital UPM, 2019. [Data de consulta: 11 de març del 2019]. Disponible en:

<[http://oa.upm.es/5484/1/METHONTOLOGY\\_.pdf](http://oa.upm.es/5484/1/METHONTOLOGY_.pdf)>

[4] **Fensel, Dieter; Van Harmelen, Frank; Klein, Michel; Akkermans, Hans; Broekstra, Jeen; Ygge Eneersearch Ab Gothenburg, Fredrik.** (2000). *On-To-Knowledge: Ontology-based Tools for Knowledge Management*. ResearchGate, 2019. [Data de consulta: 11 de març del 2019]. Disponible en:

<[https://www.researchgate.net/publication/2412399\\_On-To-Knowledge\\_Ontology-based\\_Tools\\_for\\_Knowledge\\_Management](https://www.researchgate.net/publication/2412399_On-To-Knowledge_Ontology-based_Tools_for_Knowledge_Management)>

[5] **Maedche, Alexander; Staab, Steffen.** (2000) *The Text-To-Onto Ontology Learning Environment*. ResearchGate, 2019. [Data de consulta: 11 de març del 2019]. Disponible en:

<[https://www.researchgate.net/publication/2950026\\_The\\_TEXT-TO-ONTO\\_Ontology\\_Learning\\_Environment](https://www.researchgate.net/publication/2950026_The_TEXT-TO-ONTO_Ontology_Learning_Environment)>

[6] **Knight, Kevin; Whitney, Richard.** (2000). *Ontology Creation and Use: SENSUS*. USC, University of Southern California, Information Sciences Institute, 2019. [Data de consulta: 11 de març del 2019]. Disponible en:

<<https://www.isi.edu/natural-language/resources/sensus.html>>

[7] **Grüninger, Michael; Fox, Mark S.** (1995). *Methodology for the Design and Evaluation of Ontologies*. University of Toronto, 2019. [Data de consulta: 11 de març del 2019]. Disponible en:

<<http://www.eil.utoronto.ca/wp-content/uploads/enterprise-modelling/papers/gruninger-ijcai95.pdf>>

[8] **Noy, Natalya F.; McGuinness, Deborah L..** (2001). *Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology*. Protégé, 2019. [Data de consulta: 12 de març del 2019]. Disponible en:

<[https://protege.stanford.edu/publications/ontology\\_development/ontology101.pdf](https://protege.stanford.edu/publications/ontology_development/ontology101.pdf)>

[9] **PlugShare.** (2019). *PlugShare is a free application for iOS, Android, and web that allows users to find and review charging stations, and to connect with other plug-in vehicle owners*. [Data de consulta: 22 de març del 2019]. Disponible en:

<<https://www.plugshare.com/>>

[10] **ChargeHub**. (2019). *ChargeHub is a vibrant community of more than 100,000 users and a dedicated team committed to improving the charging experience from the home to public places in the U.S. and Canada.* [Data de consulta: 22 de març del 2019]. Disponible en:

<<https://chargehub.com/en/charging-stations-map.html>>

[11] **ZapMap**. (2019). *Zap-Map is the UK's No.1 charging point platform with over 80,000 cross-platform visitors each month.* [Data de consulta: 22 de març del 2019]. Disponible en:

<<https://www.zap-map.com/live/>>

[12] **ChargeMap**. (2019). *Chargemap offers the largest map to find charging stations in Europe. EV drivers can contribute to enhance Chargemap's information thanks to the mobile app.* [Data de consulta: 22 de març del 2019]. Disponible en:

<<https://es.chargemap.com/map>>

[13] **Open Charge Map**. (2019). *El repositorio público global de puntos de recarga para vehículos eléctricos.* [Data de consulta: 22 de març del 2019]. Disponible en:

<<https://map.openchargemap.io>>

[14] **OCM System**. (2011). *Open Charge Map (OCM). About the project.* [Data de consulta: 22 de març del 2019]. Disponible en:

<<https://github.com/openchargemap/ocm-system>>

[15] **Protégé**. (2019). *A free, open-source ontology editor and framework for building intelligent systems.* [Data de consulta: 13 d'abril del 2019]. Disponible en:

<<https://protege.stanford.edu/>>

[16] **Eclipse**. (2019). *Download Eclipse Technology that is right for you.* [Data de consulta: 13 d'abril del 2019]. Disponible en:

<<https://www.eclipse.org/downloads/>>

[17] **Stardog**. (2019). *Make your data agile.* [Data de consulta: 13 d'abril del 2019]. Disponible en:

<<https://www.stardog.com/>>

[18] **JTS Topology Suite**. (2019). *JTS is an open source Java software library.* [Data de consulta: 13 d'abril del 2019]. Disponible en:

<<https://locationtech.github.io/jts/>>

[19] **Smart Energy Aware System (SEAS)**. (2017). *The SEAS Electric Vehicle ontology*. WebVOWL. [Data de consulta: 13 d'abril del 2019]. Disponible en: <<http://visualdataweb.de/webvowl/#iri=https://w3id.org/seas/ElectricVehicleOntology-1.0.rdf>>

[20] **MobiVoc System**. (2018). *Open Mobility Vocabulary*. [Data de consulta: 13 d'abril del 2019]. Disponible en: <<https://github.com/vocol/mobivoc>>

[21] **BioPortal**. (2018). *GeoSPARQL*. [Data de consulta: 20 d'abril del 2019]. Disponible en: <<https://bioportal.bioontology.org/ontologies/GEOSPARQL/?p=summary>>

[22] **W3C Semantic Web Interest Group**. (2019). *Basic Geo (WGS84 lat/long) Vocabulary*. [Data de consulta: 21 d'abril del 2019]. Disponible en: <<https://www.w3.org/2003/01/geo/>>

[23] **Map4rdf**. (2019). *Map4RDF allows visualizing and interacting with Linked Geospatial Data available in any SPARQL endpoint*. [Data de consulta: 27 d'abril del 2019]. Disponible en: <<http://oeg-upm.github.io/map4rdf/>>

[24] **GitHub**. (2019). *Map4RDF Installation Guide*. [Data de consulta: 28 de març del 2019]. Disponible en: <<https://github.com/oeg-upm/map4rdf/wiki/Map4RDF-Installation-Guide>>

## 6. Annexos

### 6.1 Manual de configuració de les IPs de les VMs

En aquest apartat es detallen els canvis que s'han de realitzar en els fitxers de configuració comentats anteriorment perquè el producte resultant funcioni en qualsevol estació. Aquestes modificacions són necessàries a causa del dinamisme de les IPs de les màquines virtuals sobre les quals corren els serveis de map4rdf, Stardog i Virtuoso.

Així doncs, per una banda, el canvi d'IP de la VM Fedora (Virtuoso) s'haurà d'enregistrar en el fitxer `/etc/hosts` de la VM CentOS (map4rdf i Stardog). Per altra banda, un canvi d'IP de la VM CentOS comportarà la modificació del paràmetre `endpoint.url.generic` del fitxer `/usr/share/tomcat/webapps/map4rdf/WEB-INF/configurations/EVCP.properties`, on s'haurà d'indicar la nova IP de la VM CentOS.