

# Ontologia de punts d'accés WIFI

Autor: Fernando Rubí Aguiló

Tutor: Felipe Geva Urbano

Professor: Jordi Conesa Caralt

Grau d'Enginyeria Informàtica

Sistemes d'informació

11/01/2018



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 de punts d'accés WIFI</i>
<b>Nom de l'autor:</b>	<i>Fernando Rubí Aguiló</i>
<b>Nom del col·laborador/a docent:</b>	<i>Felipe Geva Urbano</i>
<b>Nom del PRA:</b>	<i>Jordi Conesa Caralt</i>
<b>Data de lliurament (mm/aaaa):</b>	<i>01/2018</i>
<b>Titulació o programa:</b>	<i>Grau d'Enginyeria Informàtica</i>
<b>Àrea del Treball Final:</b>	<i>Sistemes d'informació</i>
<b>Idioma del treball:</b>	<i>Català</i>
<b>Paraules clau</b>	<i>Web semàntica, Ontologies, Punts WIFI</i>
<b>Resum del Treball:</b>	
<p>El present treball es basa en fer un estudi dels components que formen part de la web semàntica, aplicada a la creació d'una ontologia per a la localització de punts WIFI a una ciutat determinada.</p> <p>Donada la dependència dels dispositius mòbils amb aplicacions que requereixen, cada vegada més, d'un gran flux de dades, que moltes vegades es esgoten la tarifa de dades contractada, és important saber si a un lloc on hem d'anar hi ha qualche punt wifi disponible per poder connectar-nos.</p> <p>L'ontologia proposada permetrà facilitar la informació necessària per a que es puguin consultar des d'una aplicació.</p> <p>El projecte està estructurat en, una primera aproximació als objectius perseguits, seguidament del l'estudi dels conceptes teòrics involucrats a la web semàntica, per finalment posar en pràctica els conceptes descrits.</p>	
<b>Abstract:</b>	
<p>The present work is based on a study of the components that are part of the semantic web, applied to the creation of an ontology for the location of WIFI points in a given city.</p> <p>Given the dependence of mobile devices with applications that require, increasingly, a large flow of data, which often exhausts the data rate contracted, it is important to know if a place where we have</p>	

to go there is some point Wi-Fi available to connect.

The proposed ontology will allow you to provide the necessary information so that they can be consulted from an application.

The project is structured in, a first approach to the objectives pursued, followed by the study of the theoretical concepts involved in the semantic web, finally to put into practice the concepts described.

# Resum

El present treball es basa en fer un estudi dels components que formen part de la web semàntica, aplicada a la creació d'una ontologia per a la localització de punts WIFI a una ciutat determinada.

Donada la dependència dels dispositius mòbils amb aplicacions que requereixen, cada vegada més, d'un gran flux de dades, que moltes vegades es esgoten la tarifa de dades contractada, és important saber si a un lloc on hem d'anar hi ha qualche punt wifi disponible per poder connectar-nos.

L'ontologia proposada permetrà facilitar la informació necessària per a que es puguin consultar des d'una aplicació.

El projecte està estructurat en, una primera aproximació als objectius perseguits, seguidament del l'estudi dels conceptes teòrics involucrats a la web semàntica, per finalment posar en pràctica els conceptes descrits.

# Abstract

The present work is based on a study of the components that are part of the semantic web, applied to the creation of an ontology for the location of WIFI points in a given city.

Given the dependence of mobile devices with applications that require, increasingly, a large flow of data, which often exhausts the data rate contracted, it is important to know if a place where we have to go there is some point Wi-Fi available to connect.

The proposed ontology will allow you to provide the necessary information so that they can be consulted from an application.

The project is structured in, a first approach to the objectives pursued, followed by the study of the theoretical concepts involved in the semantic web, finally to put into practice the concepts described.

## Paraules clau

*Web semàntica, Ontologies, Punts WIFI*

# Índex

<b>1. Introducció</b> .....	<b>9</b>
1.1. Introducció .....	9
1.2. Descripció .....	9
1.3. Objectius .....	11
1.4. Metodologia i procés de treball .....	12
1.5. Planificació .....	12
<b>2. Anàlisi de mercat</b> .....	<b>13</b>
2.1. Web semàntica.....	13
2.2. XML .....	14
2.3. RDF.....	15
2.4. OWL.....	16
2.5. Ontologies .....	17
2.6. SPARQL .....	18
2.7. GeoSPARQL.....	19
2.8. Open data .....	19
2.9. Linked data.....	20
2.10. Eines utilitzades .....	20
2.11. Projectes existents .....	20
<b>3. Proposta</b> .....	<b>20</b>
<b>4. Disseny</b> .....	<b>21</b>
4.1. Metodologia.....	21
4.2. Anàlisi .....	21
4.3. Generació de la taxonomia.....	25
4.3.1. Classes.....	25
4.3.2. Object Properties.....	28
4.3.3. Data Properties .....	30
4.3.4. Individuals.....	31

<b>4.4. Disseny final del sistema.....</b>	<b>34</b>
<b>5. Implementació .....</b>	<b>35</b>
<b>5.1. Requisits d'instal·lació .....</b>	<b>36</b>
<b>5.2. Instruccions d'instal·lació .....</b>	<b>36</b>
<b>6. Demostració.....</b>	<b>37</b>
<b>7. Conclusions.....</b>	<b>42</b>
<b>Bibliografia.....</b>	<b>43</b>

# Figures i taules

## Índex de figures

Figura 1: Pila de tecnologies de la web semàntica .....	14
Figura 2: Estructura de classes .....	26
Figura 3: Classe City .....	27
Figura 4: Classe Free .....	27
Figura 5: Classe Restricted .....	28
Figura 6: Propietat hasDistrict .....	28
Figura 7: Propietat isDistrictOf .....	29
Figura 8: Propietat isDistrictOf .....	29
Figura 9: Data property asWKT .....	30
Figura 10: Data property description .....	31
Figura 11: Fragment de procediment d'importació d'individuals de punts wifi .....	32
Figura 12: Fragment de procediment d'importació d'individuals de barris .....	32
Figura 13: Individual de tipus City .....	33
Figura 14: Individual de tipus Free .....	33
Figura 15: Individual de tipus Point .....	33
Figura 16: Individual de tipus District .....	34
Figura 17: Individual de tipus Multipolygon .....	34
Figura 18: Creació de l'ontologia i importació d'individuals dins l'stardog .....	37
Figura 19: Consulta dels punts wifi a una ciutat .....	38
Figura 20: Consulta per cercar punts wifi a punts d'interès .....	39
Figura 21: Consulta per trobar punts wifi dins un barri determinat .....	40
Figura 22: Consulta per punts wifi a una ciutat .....	42

## Índex de taules

Taula 1: Estructura del csv de Buenos Aires .....	22
Taula 2: Estructura del csv de New York .....	23



# 1.Introducció

## 1.1. Introducció

Amb el present treball de final de grau es cerca l'aplicació de tècniques de web semàntica en un cas real, la representació de com estan distribuïts els punts d'accés WIFI a una àrea geogràfica determinada i la seva informació associada.

La proposta de treball té com a punt de partida analitzar que són els repositoris Open Data i quina informació hi podem trobar. Bàsicament tractarem amb dos que es troben a Kaggle, i que ens permetrà obtenir dades de punts WIFI de dues ciutats, New York i Buenos aires. L'anàlisi d'aquests dos repositoris ens facilitarà la feina d'extreure informació de quines dades es requereixen per catalogar els punts WIFI. Les dades principals que extraurem seran del tipus, localització, latitud i longitud, pública o privada, etc. També s'avaluarà incloure dades addicionals i què no es troben dins aquest repositoris, que ens permetin ampliar la informació d'aquests punts WIFI.

Un cop determinat les dades principals generarem un model ontològic, i per tal de fer-ho correctament necessitarem analitzar quins són els conceptes teòrics en els que es fonamenta la web semàntica. Per a continuació implementar l'estructura de la taxonomia teòrica dins una eina d'implementació d'ontologies, i que també s'hauran d'analitzar. Finalment, generarem un script de carrega de dades de repositoris Open Data per comprovar que el sistema funciona.

## 1.2. Descripció

Actualment la nostra dependència dels dispositius mòbils és molt alta, tant per feina com per oci. Aquests dispositius requereixen, cada vegada més, d'un gran flux de dades, que moltes vegades es esgoten la tarifa de dades que tenim contractada. Per evitar aquest inconvenients, sempre que podem, intentem accedir a Internet mitjançant un punt d'accés WIFI, ara bé, quan accedim a la llista de xarxes públiques disponibles al nostre dispositiu mòbil sempre dubtem de quina triar, a qui pertany i, sobretot, si és segura.

Si pensem en com es resol el problema a l'actualitat en quan a l'accés a la informació dels punts WIFI disponibles a una zona geogràfica determinada, trobarem que:

- Per una banda tenim la mateixa llista de xarxes disponibles als dispositius mòbils que no donen cap informació, més enllà de la descripció que surt a la llista. No tenim cap informació del seu propietari o condicions d'ús, només quan ens connectem pot arribar a sortir qualque

tipus d'informació que doni una pista de on ens hem connectat, normalment un formulari de registre.

- Per altre banda tenim algunes aplicacions per dispositius mòbils que faciliten la tasca de trobar informació de punts WIFI disponibles a una zona geogràfica determinada, però moltes vegades només d'algunes grans ciutats.
- Finalment, també tenim la possibilitat d'utilitzar els cercadors habituals, però aquests només mostren resultats de webs on poder trobar, o no, la informació que cerquem, com web dels ajuntaments locals o restaurants amb aquest serveis.

La finalitat de la web semàntica és donar respostes exactes a les preguntes realitzades, per tant, si cerquem quins punts WIFI hi ha a una zona determinada, ens ha de retornar només els punts WIFI que hi ha, i no una relació de pàgines on cercar aquesta informació, que és lo que retornaria un cercador convencional.

Actualment la web semàntica cada vegada té més pes a l'hora de descriure un estàndard per compartir informació entre sistemes completament heterogenis. Bàsicament es fonamenta en la utilització d'ontologies que possibiliten la representació d'un model conceptual per representar, emmagatzemar i, sobre tot, intercanviar dades, és aquí on hi ha tot el seu potencial, la possibilitat d'incorporar dades d'altres fonts, per ampliar la qualitat i exactitud de les respostes.

A Internet existeixen repositoris que faciliten informació de punts WIFI d'algunes ciutats, encara que aquest repositoris no tenen la mateixa estructura de dades. Del repositori Kaggle descarregarem dos arxius que analitzarem per extreure les estructures de dades que utilitzarem per generar la taxonomia que serà el cos de l'ontologia final, amb una eina que encara no hem triat, però que ens ha de permetre obtenir una arxiu amb l'ontologia representada en llenguatge OWL.

Una vegada arribats en aquest punt tindríem la possibilitat de carregar les dades d'aquest repositoris, però per realitzar aquesta feina haurem d'utilitzar qualche eina, API o Script, que ens permeti poblar l'ontologia. Finalment podrem interrogar l'ontologia mitjançant SPARQL, per obtenir resposta a preguntes del tipus:

On hi ha els punts WIFI més a prop meu?

On trobaré els punt WIFI públics si vaig a un restaurant?

Amb aquest sistema podríem utilitzar una ontologia diferent per afegir informació addicional, com per exemple una que contengui informació d'empreses, amb la que podríem donar resposta a consultes del tipus, quins son els punts WIFI d'aquesta zona d'empreses del sector de la restauració?

Aquest seria el darrer punt del treball, però hem de pensar que una vegada arribem a aquest punt, si es fes públic persones o màquines, podrien fer consultes efectives damunt aquesta ontologia de punts WIFI. I per tant, també podríem pensar en fer una aplicació per permetés afegir nous punts WIFI, i consultar els existents. Però aquest darrer punts es durà a terme si completem tot els punts anteriors en temps.

### 1.3. Objectius

L'objectiu principal d'aquest projecte és el disseny d'una ontologia que pugui donar resposta a les necessitats de localització de punts WIFI a una ciutat determinada, de forma que un usuari pugui interrogar el sistema per obtenir uns resultats concrets i exactes. Per aconseguir-ho s'aplicaran els conceptes explicats anteriorment, analitzant com s'integren cada un dels elements de la pila de capes de la web semàntica de forma pràctica.

El producte resultat de la feina realitzada en aquest treball consistirà en:

- El disseny conceptual d'una ontologia orientada a facilitar una descripció dels punts WIFI d'una ciutat determinada.
- Una descripció de les passes necessàries per implementar la ontologia dins una eina ontològica com Protégé, detallant avantatges e inconvenients d'aquest software.
- Un script per poblar l'ontologia amb dades obtingudes del repositori Open Data, Kaggle.
- Una relació de consultes i de valors resultants, que es puguin utilitzar com a prototipus per a qualque aplicació que utilitzi la ontologia proposta.

Com a objectiu personal aquest treball és, a part d'un complement a la meva formació, una oportunitat de fer feina amb la web semàntica, ja que fa temps que en sento parlar però encara no havia tingut temps d'aprofundir en la seva teoria i implementació.

Fa uns vints anys que faig feina com a informàtic, ocupant diferents categories, des de tècnic informàtic fins a enginyer tècnic a la administració pública, i durant tot aquest temps m'he dedicat, casi amb exclusivitat, al desenvolupament d'aplicacions. A l'hora de triar un itinerari podria haver triat un que fos més fàcil per la meva experiència, però vaig pensar que necessitava aprofundir més en el coneixement dels Sistemes d'informació, ja que la tendència actual és la de anar integrant diferents sistemes interns i externs, i cada vegada hi ha més projectes d'anàlisis d'integracions que d'anàlisis i desenvolupament d'aplicacions.

Inicialment pensava aprofitar el treball de final de grau per completar un treball anterior, però la proposta feta al pla d'estudis de l'assignatura de crear una ontologia de punts WIFI m'ha convençut ja que me permet assolir uns objectius més amplis. D'aquesta forma, els futurs projectes que se me presentin, potser, els podré iniciar amb més experiència i amb una altre perspectiva.

## 1.4. Metodologia i procés de treball

Una vegada analitzat l'estat de l'art de la web semàntica, on s'ha cercat informació de quina és la seva filosofia i objectius, i quines són les peces en les que se suporta, passarem a plantejar quines seran les següents fites que s'han d'anar completant per a assolir l'objectiu que es va fer a la proposta inicial.

Abans de començar amb l'anàlisi, descarregarem del repositori Open Data, Kaggle, els dos arxius amb les dades, dels punts WIFI de les ciutats de New York i Buenos aires, que utilitzarem i que ens permetrà extreure informació de quines dades es requereixen per catalogar els punts WIFI.

La primera tasca serà determinar les dades principals d'aquest arxius amb la que generarem un model conceptual de lo que volem. Després analitzarem quines eines s'adapten millor al model conceptual obtingut per la generació d'ontologies, i una vegada triada l'eina, desenvoluparem l'estructura de la taxonomia. A continuació, generarem un script per poblar l'ontologia amb de les dades dels repositoris Open Data. Per finalment carregar l'ontologia dins qualche sistema que ens permeti comprovar que els objectius inicials del projecte funcionen correctament.

## 1.5. Planificació

Tasca	Data inici	Data fi	Dies
PAC2	05/10/2017	29/10/2017	25
Cerca informació de la web semàntica	05/10/2017	13/10/2017	9
Redacció documentació PAC i lliurament	14/10/2017	29/10/2017	16
PAC3	30/10/2017	17/12/2017	49
Anàlisi i disseny de la ontologia	30/10/2017	06/11/2017	8
Implementació al PROTÉGÉ de la ontologia	07/11/2017	20/11/2017	14
Proves i redefinició la ontologia	21/11/2017	27/11/2017	7
Generació script càrrega de dades	28/11/2017	04/12/2017	7
Proves consultes SPARQL	05/12/2017	08/12/2017	4
Revisió documentació PAC i lliurament	09/12/2017	17/12/2017	9
PAC4	18/12/2017	11/01/2018	25

Revisió de la memòria	18/12/2017	29/12/2017	12
Preparació de la presentació	30/12/2017	10/01/2018	12
Lliurament final	11/01/2018	11/01/2018	1

## 2. Anàlisi de mercat

A continuació es farà una exposició dels conceptes que formen part del present projecte. Inicialment es fa referència a la web semàntica com a concepte principal que motiva aquest projecte, seguidament es presenta la tecnologia utilitzada, i finalment es presenta una descripció dels eines utilitzades.

### 2.1. Web semàntica

Si fem una ullada a la Web actual en trobem que quant cerquem una informació, els navegadors tornen un llistat de pàgines que, moltes vegades, no contenen la informació que estem cercant, la informació està molt confusa o simplement són referències a altres pàgines on cercar més informació. Normalment arribem a aconseguir el nostre objectiu, però si pensem en un sistema automàtic de cerca d'informació a la mateixa Web potser la cosa es complica considerablement ja que seria molt costós crear una màquina que pogués entendre els continguts web tal com estan codificats actualment.

Al 2001, el W3C dirigit per Tim Berners-Lee, va fer una proposta per posar ordre a la Web, donada la falta d'estructuració de continguts i la manca de descripcions normalitzades dels recursos que començava a haver. La idea plantejada proposa identificar la informació de forma unívoca establint relacions entre els objectes digitals amb l'objectiu de facilitar la recuperació eficaç de la informació, no només per les persones, sinó també per les màquines.

La Web semàntica es base en tres punts fonamentals; la semàntica, per facilitar un significat interpretable de les dades; les metadades, per descriure les dades amb etiquetes procesables; i les ontologies, per definir un model estructurat de dades amb unes regles determinades.

Identificar tots els recursos (URI: *Uniform Resource Identifier*) que hi ha disponibles a la web actual és una feina molt costosa, donada la seva dimensió, per això és necessari crear un nou concepte de web implicant a tots els participants en la construcció i explotació de la web, o sigui, usuaris,

desenvolupadors i programes, i les ontologies seran l'eina que s'utilitzarà per facilitar la comunicació entre ells.

Al cas que ens ocupa els URIs que voldríem identificar són els punts WIFI que hi ha disponibles a una zona determinada.

Per assolir l'objectiu de la web semàntica s'ha utilitzat tecnologia ja existent, i de nova, que inclou llenguatges per al desenvolupament d'ontologies, parsejadors, llenguatges de consulta, entorns de desenvolupament, de gestió, de visualització i conversió d'ontologies, i altres eines i llibreries.

A continuació es mostra un gràfic on es veu com està construïda aquesta pila tecnològica, que s'explicaran als següents apartat:

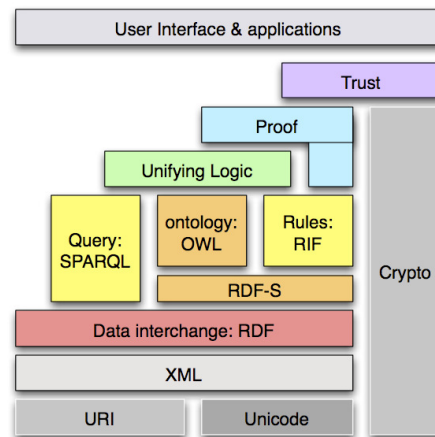


Figura 1: Pila de tecnologies de la web semàntica

## 2.2. XML

El XML (*Extensible Markup Language*) és un llenguatge, desenvolupat pel W3C, que es fonamenta en la definició d'etiquetes, que permet estructurar dades i documents en forma d'arbre, i que està molt enfocat a l'intercanvi de dades entre aplicacions. Encara que les etiquetes poden proporcionar qualche significat de les dades que conté, realment, només s'utilitzen per delimitar les dades. És un model jeràrquic d'organització de dades limitat.

Tal com està dissenyat podem considerar que no se tracta realment d'un llenguatge, sinó com una base per definir altres llenguatges. És una tecnologia senzilla que té al seu voltant altres que la complementen i la fan més potent i amb més possibilitats.

Entre les avantatges més destacables en trobem la extensibilitat, això vol dir que una vegada dissenyat i posat en producció és possible afegir noves etiquetes sense afectar a lo que ja està fet. Altre avantatge destacable és que és molt senzill d'entendre, la qual cosa facilita que tercers puguin utilitzar documents creats amb XML o que es pugui processar amb altres aplicacions.

Un exemple de codificació XML podria ser la següent:

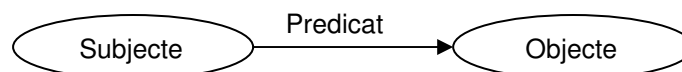
```
<?xml version="1.0"?>
<wifi>
<punt>Biblioteca Pública</punt>
  <ciutat>Buenos Aires</ciutat>
  <carrer>Magallanes, 12</carrer>
  <punt>-58.3603, -34.6295</punt>
</wifi>
```

## 2.3. RDF

RDF (*Resource Description Framework*) és un model per la descripció estructurada dels recursos d'informació a la Web, que cerca donar la flexibilitat i eficiència per a la representació d'informació que no s'aconsegueix amb el XML (encara que RDF normalment s'expressa en XML).

RDF està basat en la idea d'identificar els recursos, descrivint-los en termes de propietats simples i valors. Una descripció RDF és un conjunt de proposicions simples anomenades tripletes, composta per un subjecte, un predicat i un objecte, on, el subjecte és el recurs a descriure, el predicat és una propietat o relació del recurs, i l'objecte és el valor assignat a la propietat o el recurs amb el que estableix la relació. Les tripletes, on cada una representa un fet, són la base del RDF.

Les tripletes es poden representar formalment com (subjecte - predicat - objecte), però també es poden representar com un graf dirigit. On els subjectes i objectes són els nodes i els predicats els arcs.



RDF és un model abstracte de dades, on de vegades no és important com es representi si no que lo que es representa sigui fidel a les seves propietats abstractes. Existeixen diferents representacions sintàctiques per un model RDF, algunes pensades per a un tractament eficient per part dels ordinadors i altres pensades per ser més comprensibles per les persones.

Entre les notacions més utilitzades trobem RDF/XML o Turtle (*Terse RDF Triple Language*), on la primera és la primera notació utilitzada i estandarditzada pel W3C, i la segona és una serialització de RDF molt més entenedora per a les persones.

Un exemple de codificació RDF/XML seria la següent:

```
<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
        xmlns:ex="http://www.example.org/"
        xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#">
  <rdfs:Class rdf:about="http://www.example.org/Car">
    <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://www.defs.motorVehicles#Car" />
  </rdfs:Class>
  <ex:Car rdf:about="http://www.example.org/foo">
    <rdfs:seeAlso rdf:resource="http://www.fredsTowing.com/" />
  </ex:Car>
</rdf:RDF>
```

El mateix exemple codificat en Turtle seria la següent:

```
@prefix rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#> .
@prefix rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#> .
@prefix ex: <http://www.example.org/> .

ex:Car a
    rdfs:Class ;
    rdfs:isDefinedBy <http://www.defs.motorVehicles#Car> .

ex:foo a
    ex:Car ;
    rdfs:seeAlso <http://www.fredsTowing.com/> .
```

## 2.4. OWL

OWL (*Web Ontology Language*) és un llenguatge estàndard de la web semàntica per expressar i codificar ontologies. OWL facilita un model construït damunt RDF i codificat amb XML. Per tant, pot ser utilitzat per representar explícitament el significat de termes en vocabularis i les relacions (semàntica) entre elles. És una passa més a la semàntica bàsica del RDF amb l'objectiu de que màquines puguin realitzar tasques de raonament damunt elles. Té com a objectiu comparar i combinar recursos amb diferents estructures, i bàsicament està composta per classes (definició de conceptes), un domini i les relacions entre ells.

Actualment hi ha tres versions, que van des de el senzill OWL Lite, pensat per a situacions on només es cerca possibilitats de classificació i restriccions simples, al OWL Full pensat per a situacions en que es cerca la màxima expressivitat i llibertat sintàctica de RDF però que pot contenir bucles infinits (donat que és possible definir entitats com classes, propietats i instàncies a la vegada, i els raonadors



tendeixen a ser correctes però incomplets), passant per OWL DL pensat per a que qualsevol sentència pugui ser resolta en temps finit.

Una vegada s'hagi definit la taxonomia del projecte s'haurà de determinar quina de les tres versions s'adapta millor als objectius que cerquem. Previsiblement serà OWL Lite o OWL DL.

## 2.5. Ontologies

Si atenem a la definició donada per Gruber (1993), una ontologia es pot entendre com una conceptualització, formal i explícita, de forma consensuada i compartida, d'un model abstracte del món, on s'especifiquen els conceptes i relacions més importants d'un determinat domini, amb un vocabulari totalment controlat.

També es pot considerar una ontologia com l'especificació d'un vocabulari relatiu a un cert domini. Aquest vocabulari defineix entitats, classes, propietats, predicats i funcions, i les relacions que existeixen entre ells.

Les ontologies són acords per cobrir una sèrie d'objectius i que es creen per permetre l'intercanvi de dades entre aplicacions, simplificar la unificació (o traducció) de diferents representacions i facilitar la comunicació entre persones.

Es poden identificar quatre tipus fonamentals d'ontologies segons l'àmbit de conceptualització:

- De domini: On es representa el coneixement especialitzat per un domini concret.
- Genèriques: On es representen els conceptes generals del coneixement com les estructures, la quantificació, els processos o els tipus d'objectes.
- De representació (meta-ontologies): On s'especifiquen les conceptualitzacions que subjauen als formalismes de representació del coneixement.
- D'aplicació: Contenen totes les definicions que són necessàries per modelitzar els coneixements requerits per una aplicació particular.

Elements d'una ontologia, que s'utilitzaran per representar el coneixement:

- Conceptes: Representen les idees bàsiques que es volen formalitzar, i poden ser classes d'objectes, estratègies, processos de raonament, etc.
- Relacions: Representen la interacció i enllaç entre els conceptes.
- Funcions: Són un tipus concret de relació on s'identifica un element amb el càlcul d'una funció que utilitza elements de la ontologia.
- Instàncies: Per representar objectes determinats d'un concepte
- Axiomes: Teoremes que es declaren sobre relacions que han de complir els elements de la ontologia.

El tipus més senzill de les ontologies s'anomena taxonomia, que està composta per una jerarquia de classes que representen els conceptes més rellevants d'un domini, de forma que els conceptes més generals es troben als nivells superiors de la jerarquia i els més particulars als inferiors.

Per procedir a la generació d'una ontologia es necessari comptar amb una metodologia específica i, encara que hi ha moltes, les passes recomanades són les següents:

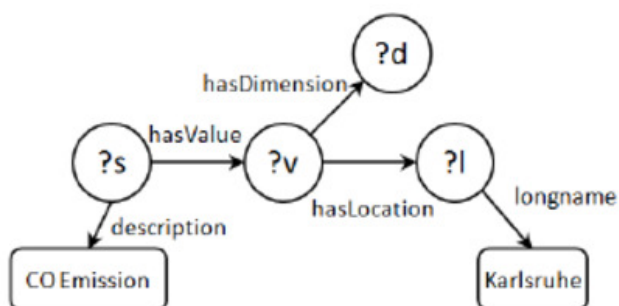
- Determinar el domini i abast de la ontologia.
- Reutilitzar ontologies existents.
- Enumerar els termes importants de la ontologia.
- Definir les classes i la jerarquia de classe.
- Definir les propietats de les classe (atributs).
- Definir els aspectes dels atributs.
- Crear instàncies.

## 2.6. SPARQL

El llenguatge de consulta SPARQL està dissenyat prenent com a font el grafs, dirigits i etiquetats, de dades que s'utilitzen a RDF per representar la informació que hi ha a la web. Això vol dir que amb SPARQL es pot traduir els grafs en dades normalitzades en format tabular.

Quant una consulta interroga una base de dades RDF, on totes les dades formen part d'un únic graf, aquest cerca els subjectes, predicats i objectes que coincideixen amb la declaració de la consulta, excloent al mateix temps la resta de dades.

Ara bé, lo que fa que RDF i SPARQL siguin unes eines tant potents és la possibilitat de crear consultes complexes que referenciïn múltiples variables al mateix temps.



(a) Query Graph

```

Select ?s,?v,?d,?l
WHERE {
  ?s ns:description "CO Emission" .
  ?s ns:hasValue ?v .
  ?v ns:hasDimension ?d .
  ?v ns:hasLocation ?l .
  ?l ns:longname "Karlsruhe"
}
  
```

(b) SPARQL Query

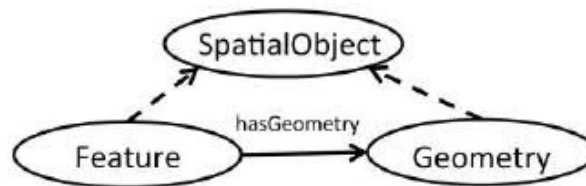
## 2.7. GeoSPARQL

El estàndard GeoSPARQL, del OGC (*Open Geospatial Consortium*), defineix un vocabulari i funcions amb l'objectiu de tractar com es representen i com s'accedeix a dades geoespacionals en el context de la web.

Els elements més destacables que aporta aquest estàndard són:

- Un vocabulari RDF/OWL per a la representació d'informació espacial d'acord al model *Simple Features Access*.
- Un conjunt d'extensions SPARQL per facilitar els càlculs espacionals.
- Un conjunt de regles RIF per la transformació de les consultes.

El model *Simple Features Access* defineix els termes utilitzats i descriu l'arquitectura comú de la geometria d'un *Simple Feature*, que té com a classe base *Geometry* y aquesta té com a subclasses punts, superfícies i col·leccions geomètriques. On cada tipus de geometria té un Well-know Text Representation (WKT), que representa les dades de cada element en format de text.



## 2.8. Open data

Quan parlem d'open data estem fent referència a una filosofia i una pràctica que cerca que determinades dades siguin d'accés lliure per a tothom, sense limitacions tècniques o legals. D'aquesta forma les dades poden ser utilitzades, reutilitzades i distribuïdes lliurement per altres persones amb l'únic requisit, si escau, de fer menció del seu origen o de distribuir-se de la mateixa forma. A més, el fet de que les dades siguin obertes facilita que es pugui combinar amb diferents fonts de dades per donar més valor a la informació obtinguda.

Els repositoris open data són llocs on persones i organitzacions, públiques i privades, publiquen dades que es poden utilitzar lliurement.

## 2.9. Linked data

És la forma en que la web semàntica pot vincular dades de diferents repositoris de la web. Això implica que els repositoris proveeixen dades de recursos expressats en RDF, i que es podem referenciar entre ells per obtenir informació de millor qualitat.

Aquest tipus de repositoris són una millora respecte al open data, ja que no ens obliga (que ho podem fer) a descarregar dades, tractar-les i incorporar-les al nostre projecte, sinó que les poden consultar directament des de el nostre projecte.

## 2.10. Eines utilitzades

Si fem una cerca als forums d'Internet de quines són les eines més recomanables per implementar una ontologia, pràcticament la totalitat recomanen la utilització de protégé. Protégé és un framework que permet editar ontologies i bases de coneixement basat en Java, i que, amb una interfície d'usuari senzilla, permet crear ontologies amb diferents formats que llavors es poden compartir. Donada la documentació existent d'aquesta eina i les recomanacions fetes, aquesta serà l'eina triada per desenvolupar aquest projecte.

## 2.11. Projectes existents

A la web podem trobar alguns projectes que, per la seva temàtica, es poden utilitzar com a font d'inspiració, encara que molt més ambiciosos i que superen en medis utilitzats a aquest projecte. Un molt interessant és [OpenMobileNetwork](#) que és una plataforma oberta que proporciona una topologia de xarxes mòbils i punts d'accés wifi en format RDF. En aquest cas la càrrega d'informació no prové d'un repositori, sinó que existeix una aplicació que s'instal·len els usuaris als seus dispositius mòbils i que permet recopilar informació de punts d'accés, que després són pujats al servidor i que OpenMobileNetwork comparteix públicament en format RDF. A la seva web podem trobar una descripció de la ontologia utilitzada, i fins i tot, podem executar consultes SPARQL.

# 3. Proposta

Una vegada analitzats els elements que formen part d'un projecte de web semàntica, a continuació es descriurà els elements que s'hauran d'obtenir:

- Una ontologia per poder fer feina amb dades de punts wifi d'una ciutat.

- El codi font d'un script/aplicació que pugui servir per carregar de dades dins l'ontologia de diferents ciutats.
- Un document de com explotar les dades, amb exemples de consultes. (Aquesta mateixa memòria)

## 4. Disseny

A continuació es completarà el procés d'anàlisi de les dades disponibles al Kaggle i de la implementació de la ontologia resultant dins l'eina PROTÉGÉ.

### 4.1. Metodologia

Es pot dir que no hi ha una única forma de modelar un domini del coneixement. Pel desenvolupament d'una ontologia és necessari un procés iteratiu, que consisteix en fer una primera aproximació a la solució, que després es revisa per fer un refinament que és complementa amb detalls.

Bàsicament s'utilitzarà la següent metodologia.

- Determinar el domini i abast de la ontologia.
- Reutilitzar ontologies existents.
- Enumerar els termes importants de la ontologia.
- Definir les classes i la jerarquia de classe.
- Definir les propietats de les classe (atributs).
- Definir els aspectes dels atributs.
- Crear instàncies.

### 4.2. Anàlisi

Una vegada registrats al lloc Kaggle, fem una cerca per trobar els arxius amb les dades dels punts WIFI de les ciutat de Buenos Aires i New York. Als dos projectes que ofereixen aquestes dades trobem comprimibles que contenen les dades en format CSV. L'estructura de les dades està descrita a la pàgina del projecte, en els cas de Buenos Aires, i dins l'arxiu descarregat, en el cas de New York. A continuació es relacionen les estructures trobades:

Buenos Aires ( <https://www.kaggle.com/octaviog/buenos-aires-public-wifi-access-points> )

Camp	Descripció	Tipus
WKT	Geolocation coordinates.	Text
ID	Unique identifier.	Numeric

NOMBRE	Name of the AP.	Text
TIPO	Category of location (e.g. museum, subway, etc).	Text
ETAPA	Stage of inauguration of the AP.	Text
ETAPA_OBSE	Stage of secondary observations.	Date
ESTADO	Availability.	Text
CALLE	Main street.	Text
ALTURA	Number on main street.	Numeric
CALLE2	Intersection street.	Text
DIRECCION	Address in one line.	Text
OBSERVACIO	Observations.	Text
OBSERVA_01	Private observations.	Text
PUBLICABLE	Publishable.	Numeric
VERIFICADO	Verified.	Numeric
DISTRITO	District of location.	Text

Taula 1: Estructura del csv de Buenos Aires

New York ( <https://www.kaggle.com/new-york-city/nyc-public-wifi/data> )

Camp	Descripció	Tipus
OBJECTID	Identification number automatically generated by map software ArcMap.	Number
BORO	Borough of New York City. (MN = Manhattan, BX = Bronx, BK = Brooklyn, QU = Queens, SI = Staten Island)	Text
TYPE	Type of WiFi provided by franchise.	Text
PROVIDER	Franchise who is providing the Wifi connection.	Text
NAME	The name of the location where the WiFi is located.	Text
LOCATION	A brief description of where the WiFi point is.	Text
LAT	Latitude: Points that fall North or South of the Equator, expressed in degrees.	Number
LON	Longitude: Points that fall East or West of the Prime Meridian, expressed in degrees.	Number
X	X-Coordinate: A horizontal value where a point is located.	Number
Y	Y-Coordinate: A vertical value where a point is located.	Number
LOCATION_T	The type of location that a WiFi hotspot is present in.	Text
REMARKS	Comments describing a specific hotspot or location.	Text
CITY	The city in which a hotspot is located.	Text
SSID	The name of the WiFi seen on people's devices.	Text
SOURCEID	A LinkNYC Kiosk's unique identification number.	Text
ACTIVATED	The date in which the WiFi hotspots became live.	Date

BoroCode	The New York City borough where the hotspots are located.	Number
BoroName	The New York City borough where the hotspots are located.	Text
NTACode	Neighborhood Tab Access by number.	Number
NTAName	Neighborhood Tab Access - the neighborhood name where the WiFi point is located.	Text
CounDist	NYC City Council District number	Number
Postcode	United States Postal Service Zip Code (5-digits).	Number
BoroCD	New York City Borough plus Community Board Numbers.	Number
CT2010	2010 U.S. Census data based on location.	Number
BCTCB2010	Combined value of Borough CD and Census 2010.	Number
BIN	Building Identification Number.	Number
BBL	Borough Block Lot.	Number
DOITT_ID	Identification number automatically generated by GIS Developer map sites.	Number
Location (lat & long values)	Combination of the x,y values	Number (Open Data creates.)

Taula 2: Estructura del csv de New York

Amb les dades anteriors podem començar a determinar els punts relacionats a la metodologia:

- Domini i abast de l'ontologia.  
L'objectiu de l'ontologia és definir els punts WIFI distribuïts a una ciutat determinada, i que ha de servir com a base de modelització d'altres escenaris que queden fora de l'abast d'aquest projecte. Per tant, es centrarem en la definició dels punts WIFI i la seva localització.
- Reutilitzar ontologies existents.  
Podem trobar qualche ontologia a Internet, d'un abast molt més ampli que el proposat al present treball, com per exemple l'Open Mobile Network<sup>1</sup> on trobem una ontologia preparada per facilitar informació de punts WIFI a determinades localitzacions, però com l'objectiu d'aquest treball és posar en pràctica tots els conceptes relacionats anteriorment descartarem aquesta opció.
- Enumerar els termes importants de la ontologia.  
L'ontologia ha de poder determinar la proximitat d'un punt WIFI a localització determinada, això vol dir que a partir de les dades una latitud i longitud donada, hem de poder identificar

<sup>1</sup> <https://old.datahub.io/dataset/openmobilenetwork>

els punts WIFI que es troben més a prop. Per realitzar aquesta tasca haurem d'utilitzar alguna funció que determini una radi al voltant d'una latitud i longitud determinada, per extreure els punts WIFI que estan dins el radi calculat.

- Definir les classes i la jerarquia de classes.

Inicialment començarem la definició de l'ontologia amb tres classes principals:

- **Ciutat:** Es correspon a la ciutat on es troben els punts WIFI. Amb aquesta agrupació es pot fer una classificació inicial dels punts WIFI que ens ha de permetre treballar amb més facilitat.
  - **Districte:** És una agrupació de barris dins una ciutat per facilitar la localització d'un barri determinat.
  - **Barri:** És una agrupació de carrers dins un districte determinat.
  - **Punt WIFI:** Aquesta classe conté les dades de la informació necessària per realitzar les consultes.
  - **Punt Interès:** És una classe destinada a facilitar les cerques per lloc d'interès en lloc de cercar per localització. Un lloc d'interès pot ser un carrer, un edifici, part, monument, etc.
- Definir les propietats de les classes (atributs).
    - **Ciutat:**
      - **Identificador:** Codi identificador de la ciutat
      - **Descripció:** Descripció del nom de la ciutat.
    - **Districte:**
      - **Identificador:** Codi identificador del districte
      - **Descripció:** Descripció del nom del districte.
    - **Barri:**
      - **Identificador:** Codi identificador del barri.
      - **Descripció:** Descripció del nom del barri.
    - **Punt WIFI:**
      - **Identificador:** Codi identificador del punt WIFI
      - **Descripció:** Descripció del punt WIFI
      - **Latitud:** Latitud on es troba el punt WIFI
      - **Longitud:** Longitud on es troba el punt WIFI
      - **Districte:** Districte on està situat el punt wifi
      - **Barri:** Barri on està situat el punt wifi
    - **Punt Interès:**



- **Identificador:** Codi identificador del punt d'interès
- **Descripció:** Descripció del punt d'interès

El mètode d'implementació utilitzat ha de facilitar la modificació d'aquesta estructura definida si amb la modificació s'aconsegueix una millor adaptació als objectius cercats.

### 4.3. Generació de la taxonomia

Per generar l'estructura de classes descrita anteriorment s'utilitzarà l'editor d'ontologies Protégé.

Dins aquest editor trobarem diferents pipelles on s'ha de crear les classes, les relacions entre una classe i un tipus de dades (Data properties), les relacions entre dues instàncies d'una classe (Objecte Properties), tipus especials de dades. També trobarem una pipella per crear individus (Individuals) per fer proves del correcte funcionament de l'ontologia. A continuació es mostra l'estructura creada. S'ha utilitzat una notació amb anglès per costum en la codificació.

#### 4.3.1. Classes

Inicialment les classes a declarar són les següents:

- **City.**
- **District.**
- **Neighborhood.**
- **InteresPoint.**
- **WifiPoint.**
  - **Free.** (És una especialització de la classe WifiPoint)
  - **Restricted.** (És una especialització de la classe WifiPoint)

Ara bé, per poder utilitzar les funcions geospacials de forma correcta, hem de crear les classes necessàries que ens permetin definir cada una de les figures geomètriques que s'utilitzaran a cada una de les classes definides, i que facin referència al recurs on estan definides. Els atributs geogràfics de les classes anteriors no estaran definits dins las classes com a atributs, sinó que establirà una relació entre una instància de la classe que sigui amb una instancia de la figura geomètrica corresponent. De forma que afegirem les següents classes:

- **Geometry.**
  - **MultiPolygon.** (És una especialització de la classe Geometry)  
Fa referència a la definició <http://www.opengis.net/ont/sf#Multipolygon>.
  - **Polygon.** (És una especialització de la classe Geometry)

Fa referència a la definició <http://www.opengis.net/ont/sf#Polygon>.

- **Point** (És una especialització de la classe Geometry)

Fa referència a la definició <http://www.opengis.net/ont/sf#Point>.

De forma que al Protégé queden definides de la següent forma:

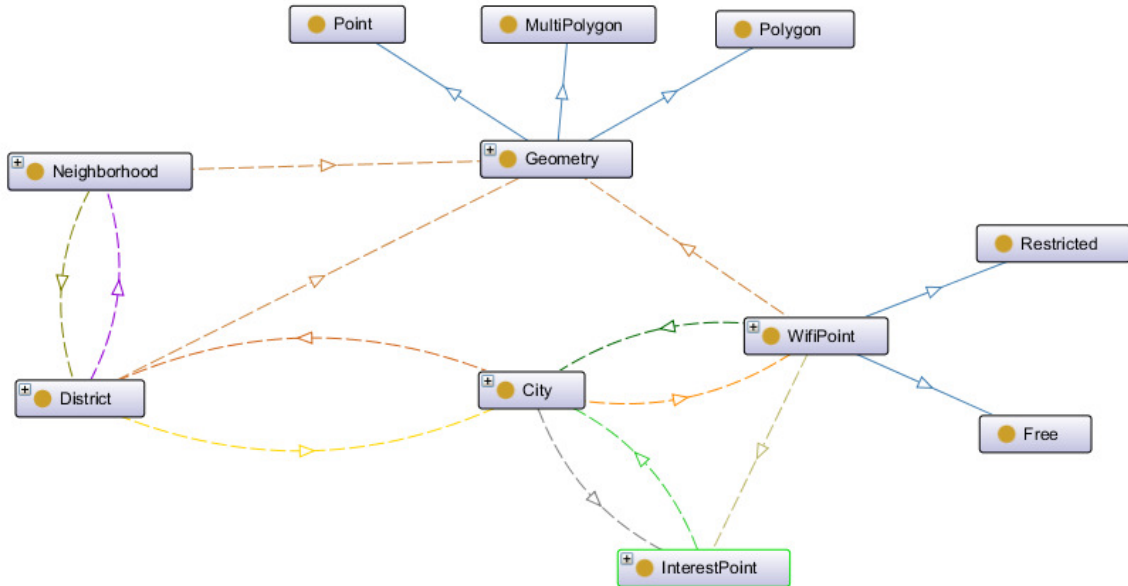


Figura 2: Estructura de classes

On per exemple, la classe City és una classes normal:

Figura 3: Classe City

La classe Free que és una especialització de la classe WifiPoint i que no és lo mateix que (Disjoint with) la classe Restricted (altre especialització de la classe WifiPoint)

A més ant, la classes Free com Restricted compten amb una regla definida (isFree value true) i (isFree value false) per facilitar la seva classificació automàtica.

The screenshot shows the Protege interface for the class 'Free'. On the left, the class hierarchy is displayed, showing 'Free' as a subclass of 'WifiPoint'. The main area shows the class description for 'Free', which includes the annotation 'isFree value true' and the superclass 'WifiPoint'. The description also includes a comment: 'Defineix un punt wifi amb accés lliure'.

Figura 4: Classe Free

La classe Restricted també té una definit Disjoint with amb la classes Free:

The screenshot shows the Protege interface for the class 'Restricted'. On the left, the class hierarchy is displayed, showing 'Restricted' as a subclass of 'WifiPoint'. The main area shows the class description for 'Restricted', which includes the annotation 'isFree value false' and the superclass 'WifiPoint'. The description also includes a comment: 'Defineix un punt wifi amb accés restringit'.

Figura 5: Classe Restricted

### 4.3.2. Object Properties

A Object properties es defineixen les relacions entre les diferents instàncies d'una classe. Les relacions definides són:

- **isDistrictOf** (Inversa de **hasDistrict**)  
Defineix que un districte (District) pertany a una ciutat (City)
- **isNeighborhoodOf** (Inversa de **hasNeighborhood**)  
Defineix que un barri (Neighborhood) pertany a un districte (District)
- **isWifiPointOf** (Inversa de **hasWifiPoint**)  
Defineix que un punt wifi (WifiPoint) pertany a una ciutat (City)
- **isInteresPointOf** (Inversa de **hasInteresPoint**)  
Defineix que un punt d'interès (InteresPoint) pertany a una ciutat (City)
- **isPlaced**  
Defineix que un punt wifi (WifiPoint) està situat a un punt d'interès (InteresPoint)
- **hasGeometry**  
Defineix que un barri, districte i punt wifi tenen una figura geomètrica associada.

Al Protégé queden declarats de la següent forma:

The screenshot displays the Protégé interface for configuring the `hasDistrict` property. On the left, the 'Object property hierar' pane shows a tree structure of properties under `owl:topObjectProperty`, with `hasDistrict` selected. The main area shows the configuration for `hasDistrict` (URI: `http://www.semanticweb.org/frubi/ontologies/2017/10/puntsWIFI#hasDistrict`). The 'Annotations' pane is empty. The 'Characteristics' pane shows several options: Functional, Inverse functional, Transitive, Symmetric, Asymmetric, Reflexive, and Irreflexive, all of which are unchecked. The 'Description' pane shows the following configuration:

- Equivalent To: `isDistrictOf`
- SubProperty Of: `isDistrictOf`
- Inverse Of: `isDistrictOf`
- Domains (intersection): `City`
- Ranges (intersection): `District`
- Disjoint With: (empty)
- SuperProperty Of (Chain): (empty)

Figura 6: Propietat hasDistrict

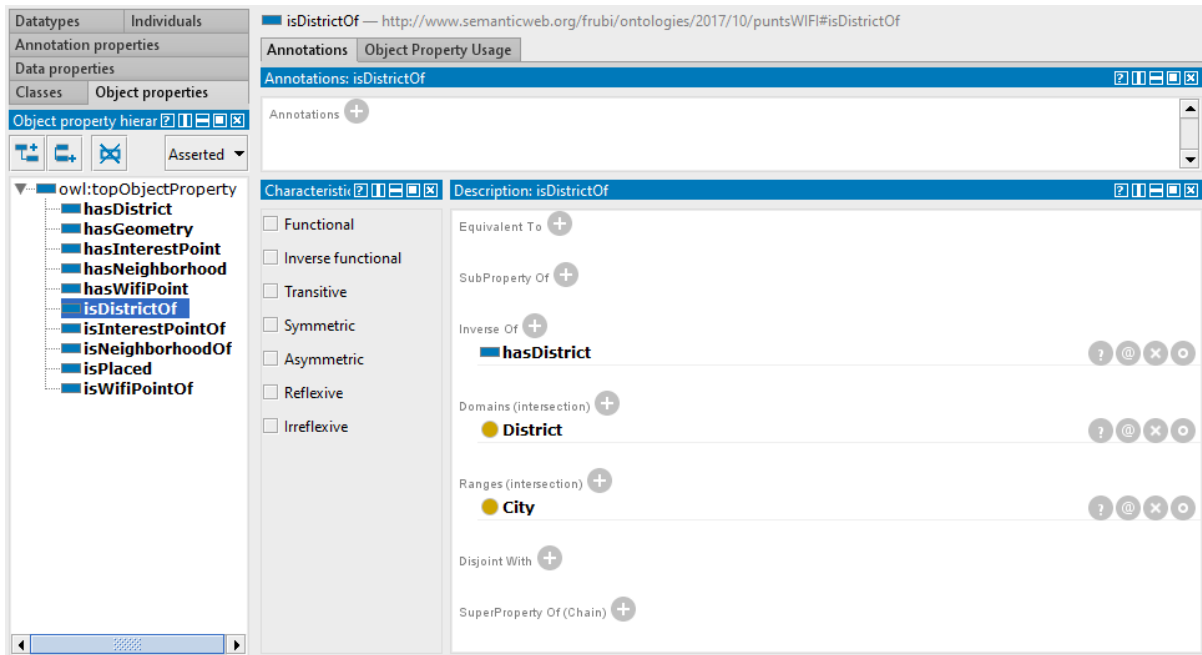


Figura 7: Propietat isDistrictOf

Com es veu no s'ha creat cap relació entre la classe punt wifi i barri o districte, potser això era lo més fàcil, però un dels reptes del treball era poder jugar amb les dades de localització, latitud i longitud, per oferir una informació completa de a quin barri o districte està situat un punt wifi, ja que als csv descarregats trobem punts wifi on no hi ha informació de a quin barri o districte es troben, però si trobem la seva localització. I per aquest motiu establim la relació amb una figura geomètrica amb la següent propietat:

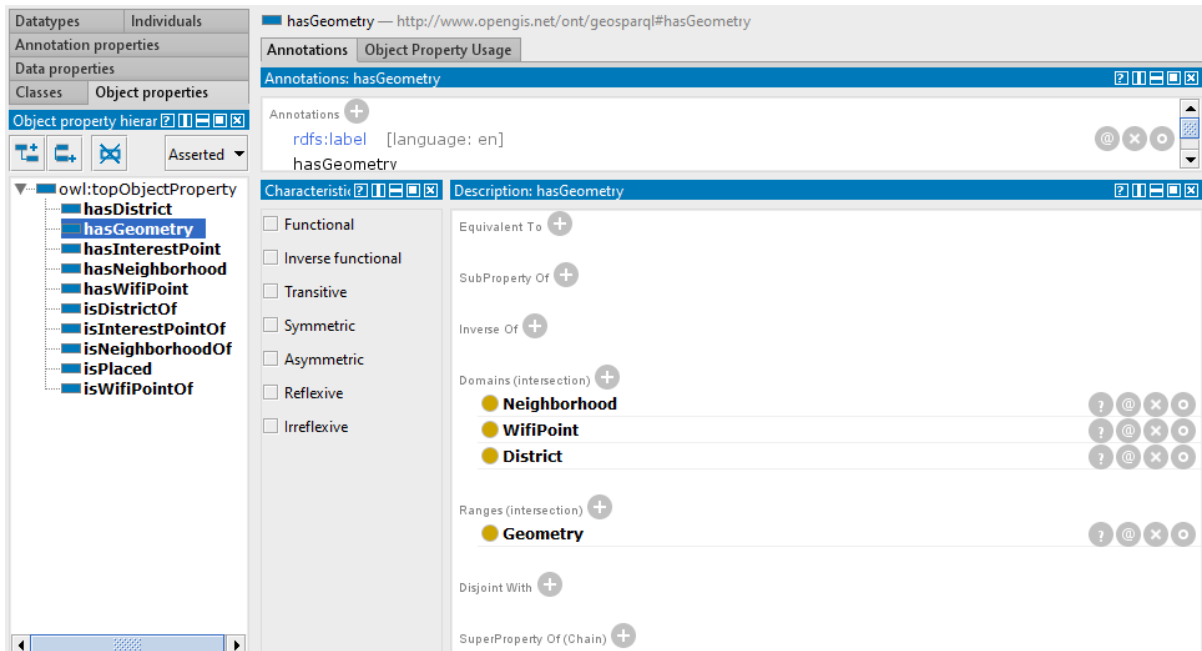


Figura 8: Propietat isDistrictOf

### 4.3.3. Data Properties

Aquest tipus de propietat s'utilitzen per definir els tipus de dades que poden tenir el valors assignats a les classes. Els tipus declarats son:

- **description**  
És una descripció genèrica utilitzada per tots els dominis del tipus xds:string
- **geo:lat**  
És un tipus especial de WKT que s'utilitzarà per definir la latitud pels punts wifi, definit a [http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84\\_pos#lat](http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#lat)
- **geo:long**  
És un tipus especial de WKT que s'utilitzarà per definir la longitud pels punts wifi, definit a [http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84\\_pos#long](http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#long)
- **asWKT:**  
És un tipus especial que defineix que la informació geogràfica que continguda segueix un estàndard, del tipus WKT definit a <http://www.opengis.net/ont/geosparql#asWKT>
- **isFree**  
És una propietat que s'utilitzarà a la regla establerta a les classes Free i Restricted.

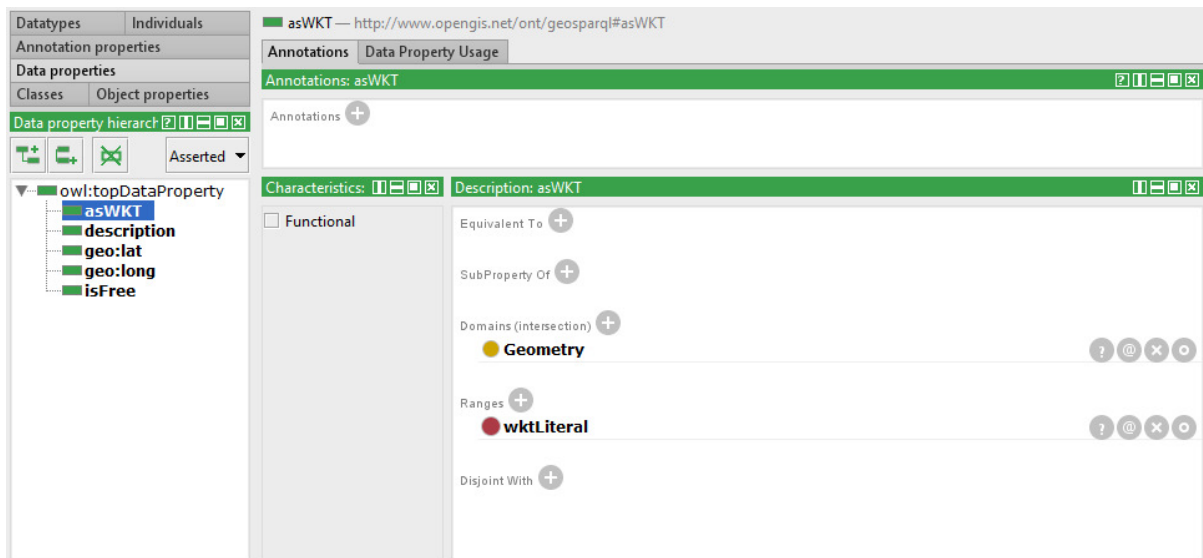


Figura 9: Data property asWKT

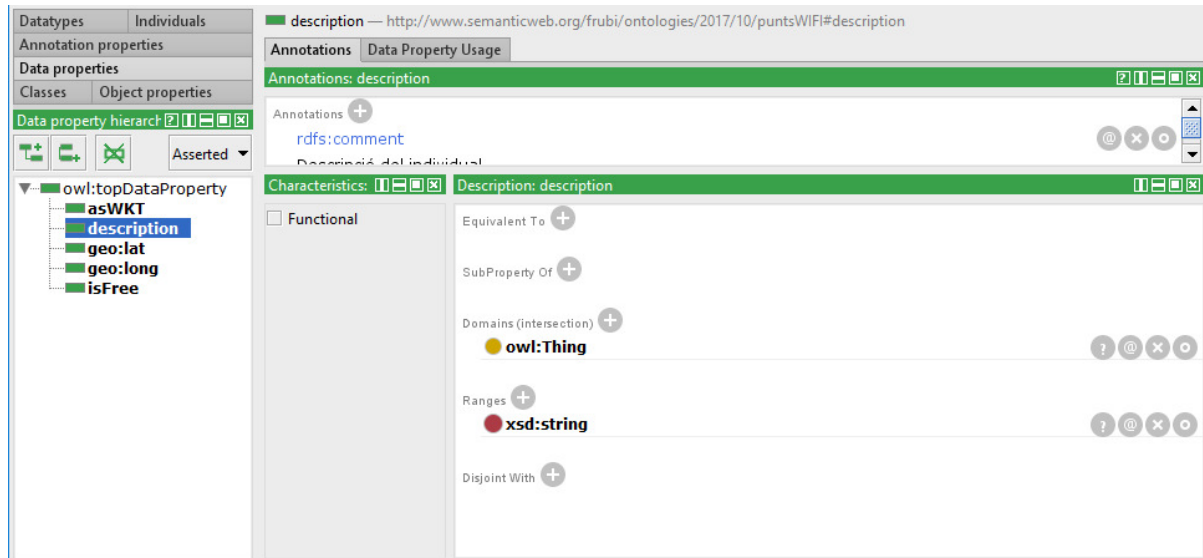


Figura 10: Data property description

Com es veu hi ha definits dos tipus especials, `geo:lon/geo:lan` i `asWKT`. Aquest tipus són necessaris per poder interrogar l'ontologia amb l'adaptació de SPARQL per dades espacials, GeoSPARQL.

#### 4.3.4. Individuals

En aquest darrer apartat és on es poden introduir un conjunt de dades per poder comprovar el correcte funcionament de l'ontologia creada.

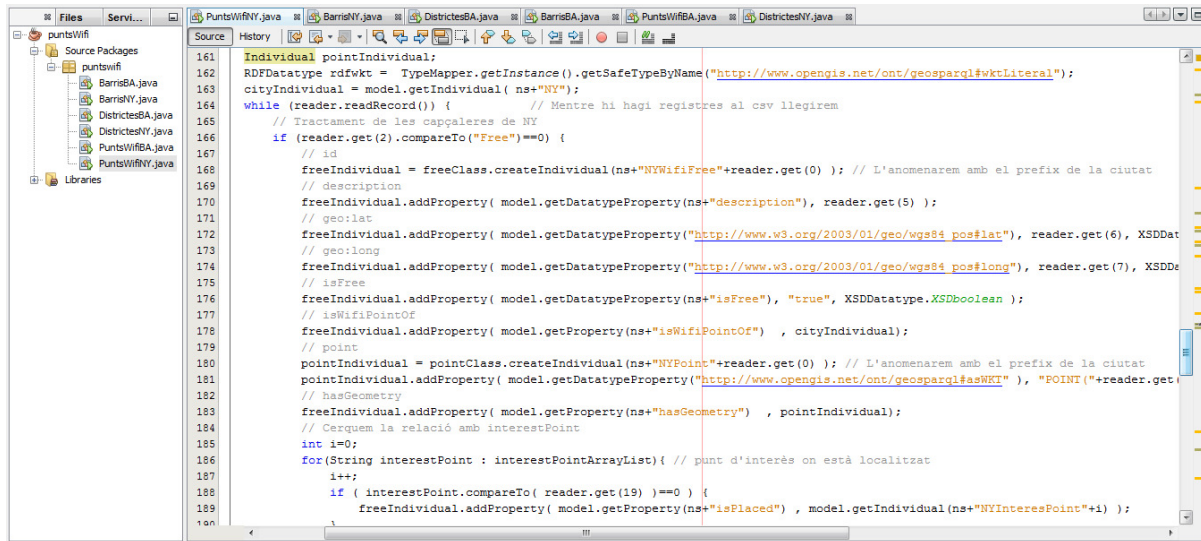
Enlloc d'introduir diferents individuals manualment s'han creat una sèrie de funcions, utilitzant java i les llibreries de jena, per crear tot un joc de proves real per comprovar el funcionament de l'ontologia.

Aquestes funcions lo que fan és llegir els arxius csv, dels punts wifi descarregats del Kaggle, i també altres csv, de districtes i barris, descarregats d'altres repositoris oficials d'open data, de New York (<http://www1.nyc.gov/>) i de Buenos Aires (<https://data.buenosaires.gob.ar/>). Aquests csv addicionals als punts wifi contenen dades amb informació geogràfica de barris i districtes, en forma de polígons o multipolígons.

Donat que cap d'ells té el mateix format, s'han tractat separatament per poder ajustar les seves dades a l'ontologia definida, de forma que com a resultat final s'ha obtingut sis arxius java que contenen els procediments necessaris.

El funcionament d'aquestes procediments (una per incorporar districtes, una altre per incorporar barris i una altre per incorporar les dades del punts wifi) consisteix en anar llegint un csv amb les dades de cada tipus i anar creant-los dins els mateix arxius de l'ontologia `puntswifi.owl`. La complicació

a l'hora de crear aquestes funcions és la de llegir correctament les propietat assignades a cada classe per assignar-les a cada nou individual creat.



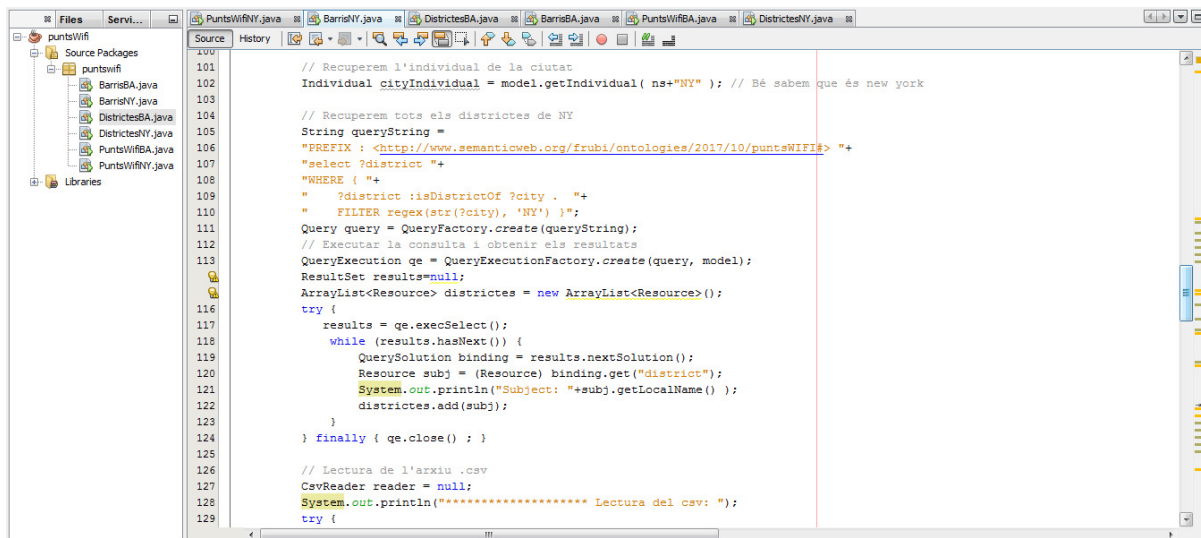
```

161 Individual pointIndividual;
162 RDFDatatype rdfwkt = TypeMapper.getInstance().getSafeTypeByName("http://www.opengis.net/ont/geosparql#wktLiteral");
163 cityIndividual = model.getIndividual( ns+"NY");
164 while (reader.readRecord()) { // Mentre hi hagi registres al csv llegirem
165     // Tractament de les capçaleres de NY
166     if (reader.get(2).compareTo("Free")==0) {
167         // id
168         freeIndividual = freeClass.createIndividual(ns+"NYWifiFree"+reader.get(0) ); // L'anomenarem amb el prefix de la ciutat
169         // description
170         freeIndividual.addProperty( model.getDatatypeProperty(ns+"description"), reader.get(5) );
171         // geo:lat
172         freeIndividual.addProperty( model.getDatatypeProperty("http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#lat"), reader.get(6), XSSDat
173         // geo:long
174         freeIndividual.addProperty( model.getDatatypeProperty("http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#long"), reader.get(7), XSSDat
175         // isFree
176         freeIndividual.addProperty( model.getDatatypeProperty(ns+"isFree"), "true", XSSDatatype.XSDboolean );
177         // isWifiPointOf
178         freeIndividual.addProperty( model.getProperty(ns+"isWifiPointOf"), cityIndividual);
179         // point
180         pointIndividual = pointClass.createIndividual(ns+"NYPoint"+reader.get(0) ); // L'anomenarem amb el prefix de la ciutat
181         pointIndividual.addProperty( model.getDatatypeProperty("http://www.opengis.net/ont/geosparql#asWKT"), "POINT("+reader.get
182         // hasGeometry
183         freeIndividual.addProperty( model.getProperty(ns+"hasGeometry"), pointIndividual);
184         // Cerquem la relació amb interestPoint
185         int i=0;
186         for(String interestPoint : interestPointArrayList){ // punt d'interès on està localitzat
187             i++;
188             if ( interestPoint.compareTo( reader.get(19)) ==0 ) {
189                 freeIndividual.addProperty( model.getProperty(ns+"isPlaced"), model.getIndividual(ns+"NYInteresPoint"+i) );
190

```

Figura 11: Fragment de procediment d'importació d'individus de punts wifi

Com que els procediments s'executen per separat també ha estat necessari realitzar consultes internament a l'ontologia, com per exemple conèixer els districtes incorporats abans de fer importació dels barris per poder establir la relació entre ells correctament.



```

101 // Recuperem l'individual de la ciutat
102 Individual cityIndividual = model.getIndividual( ns+"NY" ); // Bé sabem que és new york
103
104 // Recuperem tots els districtes de NY
105 String queryString =
106 "PREFIX : <http://www.semanticweb.org/frubi/ontologies/2017/10/puntsWIFI> "+
107 "select ?district "+
108 "WHERE { "+
109 "  ?district :isDistrictOf ?city . "+
110 "  FILTER regex(str(?city), 'NY') }";
111 Query query = QueryFactory.create(queryString);
112 // Executar la consulta i obtenir els resultats
113 QueryExecution qe = QueryExecutionFactory.create(query, model);
114 ResultSet results=null;
115 ArrayList<Resource> districtes = new ArrayList<Resource>();
116 try {
117     results = qe.execSelect();
118     while (results.hasNext()) {
119         QuerySolution binding = results.nextSolution();
120         Resource subj = (Resource) binding.get("district");
121         System.out.println("Subject: "+subj.getLocalName());
122         districtes.add(subj);
123     }
124 } finally { qe.close(); }
125
126 // Lectura de l'arxiu .csv
127 CsvReader reader = null;
128 System.out.println("***** Lectura del csv: ");
129 try {

```

Figura 12: Fragment de procediment d'importació d'individus de barris

Finalment amb les dades ja tenim preparat el sistema per realitzar les proves la correcta definició de l'ontologia, de fet si posem en funcionament el raonador incorporat al Protégé podem veure que si triem un individual, per exemple una ciutat, automàticament apareixen les propietats que relacionen la instància de la classes amb les diferents instàncies d'altres tipus de classes.



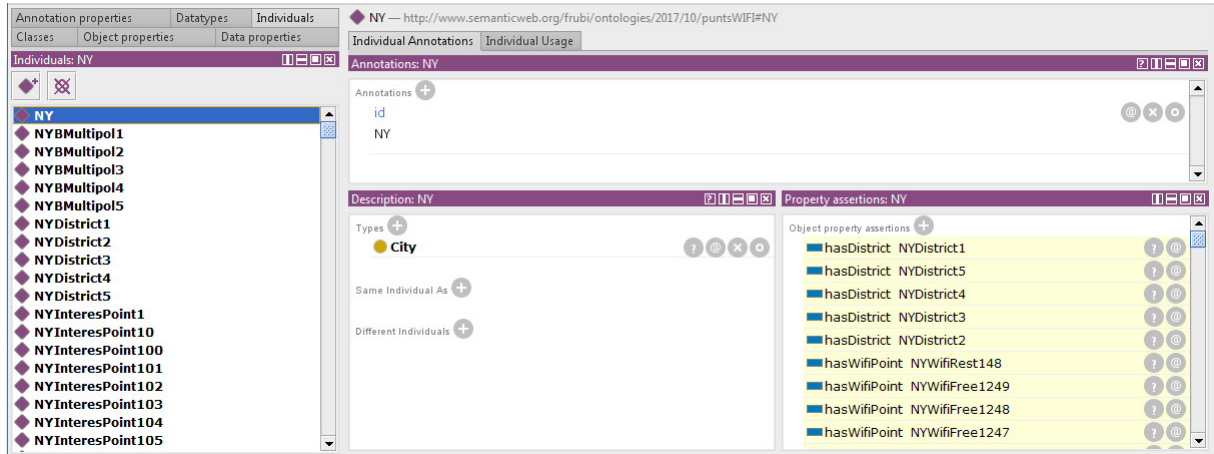


Figura 13: Individual de tipus City

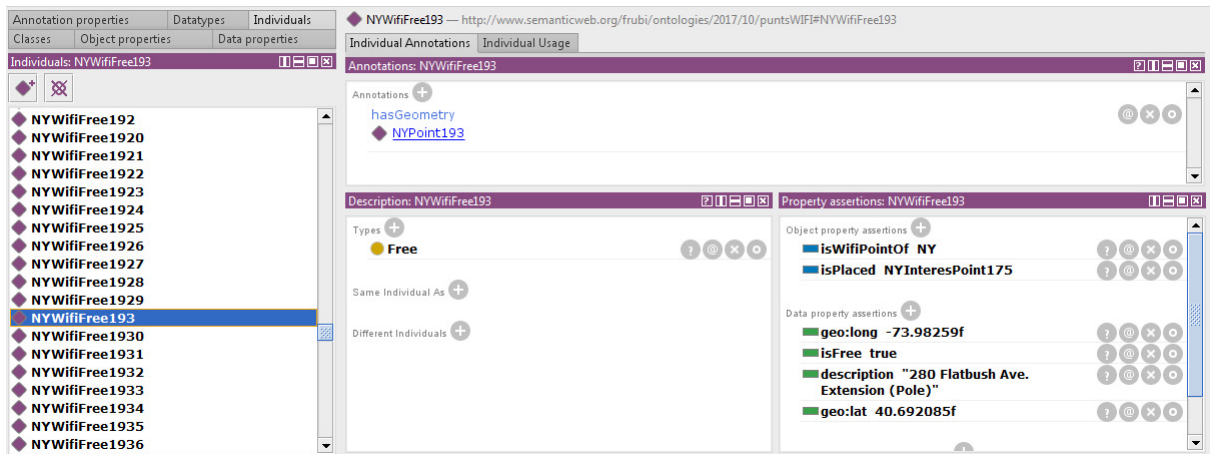


Figura 14: Individual de tipus Free

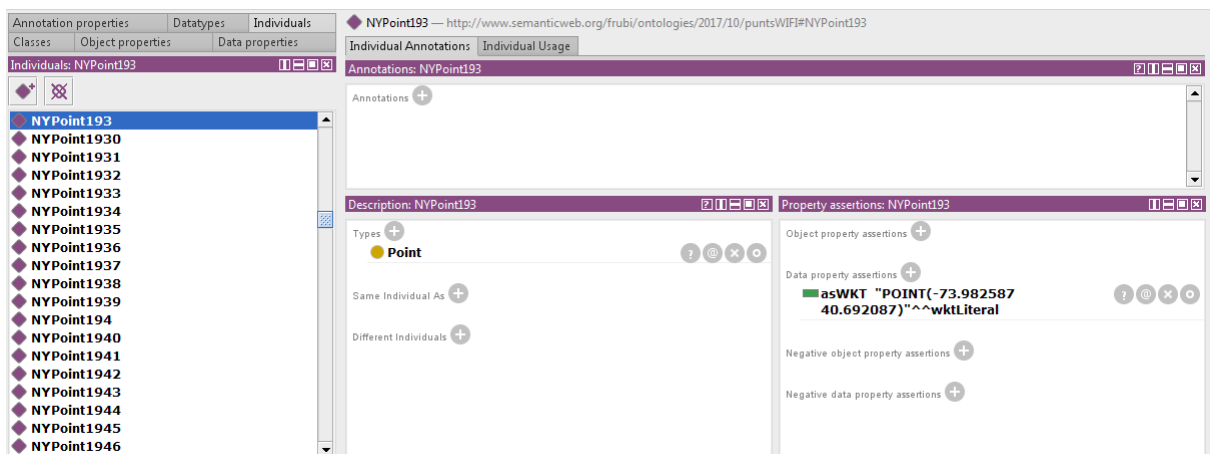


Figura 15: Individual de tipus Point

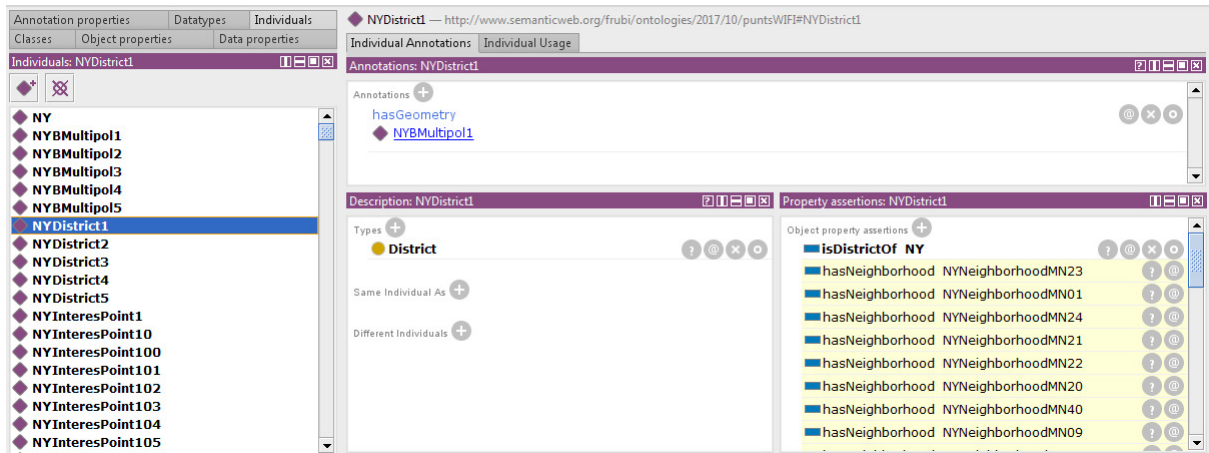


Figura 16: Individual de tipus District

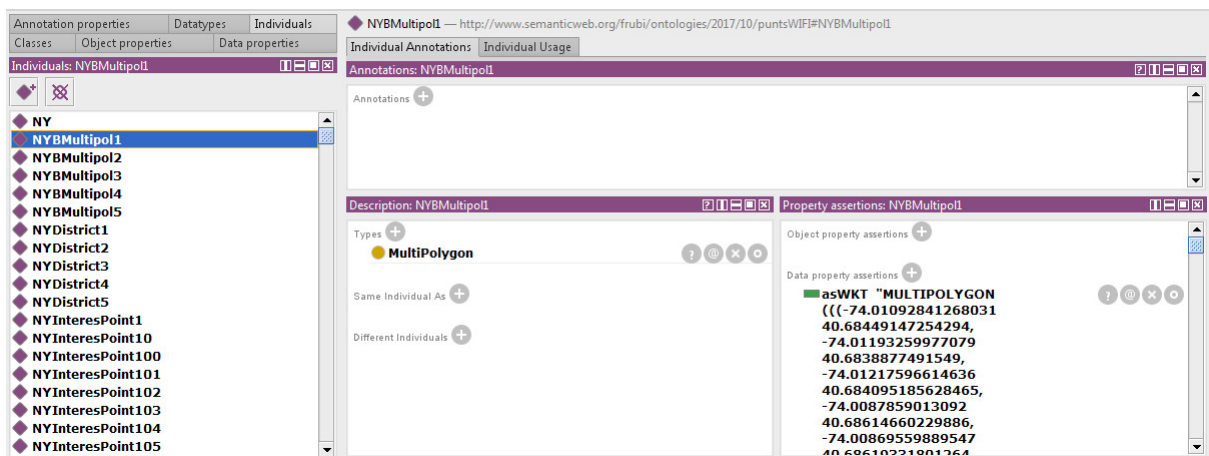
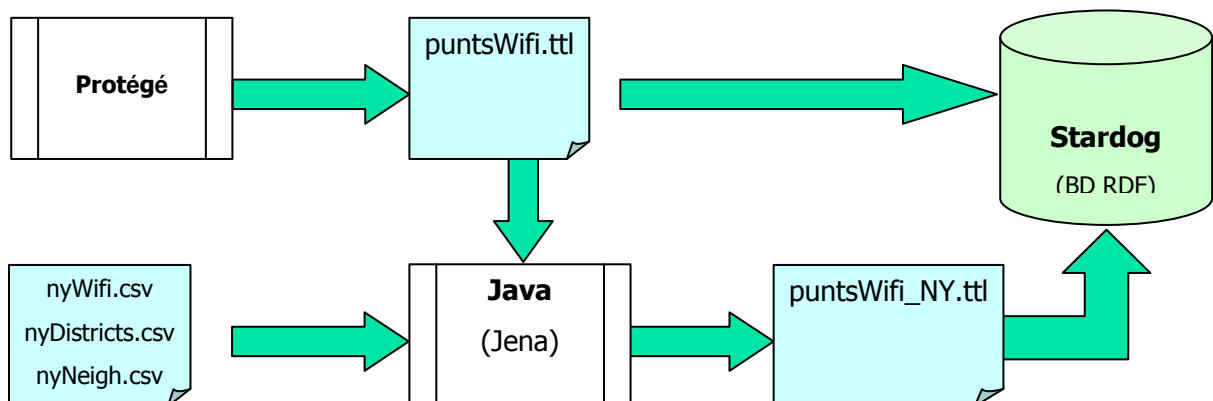


Figura 17: Individual de tipus Multipolygon

#### 4.4. Disseny final del sistema

Finalment el funcionament del sistema és el següent:



Al Protégé es crea l'ontologia, puntsWifi.ttl, que es carrega dins l'Stardog per poder fer les consultes. Els arxius csv amb les dades dels punts wifi, dels barris i els districtes d'una ciutat, que són processats per separat, i que es van carregant dins la mateixa ontologia puntsWifi\_NY.ttl, però amb individuals, i que finalment es carrega dins la base de dades RDF, Stardog.

## 5. Implementació

Per l'execució de les consultes amb SPARQL inicialment es va utilitzar el Protégé, però donat que aquest editor no dóna suport per realitzar consultes del tipus geoespacial, i més concretament de GeoSPARQL, s'han provat diferents sistemes.

El motiu d'aquest interès en que el sistema donés suport a aquest tipus de consultes geoespacionals, és que hi ha dues funcions, nearby i within, que faciliten les consultes per donar resposta a quins són els punts wifi que tinc més a prop i quins són els punts wifi que hi ha un barri determinat. Per solucionar aquesta darrera consulta podríem haver afegit un camp de barri al punt wifi però era més interessant poder donar solució a aquesta pregunta amb la informació de latitud i longitud definida al punt wifi amb combinació dels punts geogràfics que determinen un barri o districte.

Inicialment es va pensar en incorporar al Protégé de capacitat de processament geoespacial, però no hi ha cap plugin que permetés fer-ho de forma oficial. Només es va trobar un treball de tesi de Nikolaos I. Begetis<sup>2</sup> on es desenvolupava un plugin, que juntament amb el raonador Pellet Spatial Reasoner dotava al Protégé de capacitat per utilitzar funcions especials per raonament espacial. Però totes les proves fetes no han arribat a bon port, fins i tot no s'ha aconseguit que funcioni a la versió 4.1 per la qual va ser dissenyat inicialment.

Seguidament es va analitzar l'opció d'utilitzar l'Apache Jena Fuseki<sup>3</sup> i el Virtuoso Open Source<sup>4</sup>, però una vegada instal·lats no es va arribar a processar l'ontologia, i donat que el termini de finalització de la presentació del treball estava molt a prop, es va optar per una altre opció que encara que no fos Open Source, a priori era més fàcil de configurar que Fuseki i Virtuoso, aquest sistema és l'Stardog<sup>5</sup>, que a més dóna suport a funcions de raonament espacial, i on si s'ha pogut importar l'ontologia generada.

---

<sup>2</sup> [http://users.uoa.gr/~nmpegetis/thesis/nmpegetis\\_thesis.pdf](http://users.uoa.gr/~nmpegetis/thesis/nmpegetis_thesis.pdf)

<sup>3</sup> [https://jena.apache.org/documentation/serving\\_data/](https://jena.apache.org/documentation/serving_data/)

<sup>4</sup> <http://vos.openlinksw.com/owiki/wiki/VOS>

<sup>5</sup> <https://www.stardog.com/>

## 5.1. Requisits d'instal·lació

Els requeriments necessaris pel funcionament que demanen les aplicacions, tant Protégé com Stardog, es que la màquina on s'instal·li compti amb una versió de Java instal·lat. Més concretament, demanen una versió de Java 8, i millor si és de 64 bits. Cap de les dues especifiquen un hardware específic, i s'ha pogut fer feina amb diferents màquines Core 2 Duo i Quad Core Duo amb 4 GB de RAM amb Windows 7/10 sense problemes.

El software es pot descarregar a:

- Protégé: [https://protegewiki.stanford.edu/wiki/Instal\\_Protege5\\_Win](https://protegewiki.stanford.edu/wiki/Instal_Protege5_Win)
- Stardog: [https://www.stardog.com/docs/#\\_downloading\\_support](https://www.stardog.com/docs/#_downloading_support)

## 5.2. Instruccions d'instal·lació

- Protégé:

La instal·lació de la versió 5.2.0, no té cap complicació i només s'ha de descarregar i executar el run.bat (si es fa feina amb windows) que es troba al mateix directori d'instal·lació.

- Stardog:

Tampoc és molt complicat d'instal·lar, només requereix de registrar-se a la seva web per poder descarregar una versió d'avaluació de 30 dies.

Abans de posar en funcionament el servidor, s'ha de fer una petita configuració al sistema creant una variable STARDOG\_HOME que apunti al directori d'instal·lació. Copiar dins la rel d'aquest directori l'arxiu stardog-license-key.bin que envia stardog després del registre a la seva web. I finalment crear un arxiu de text, stardog.properties, amb els següents paràmetres:

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

Per posar en funcionament el servidor, s'ha d'accedir al directori /bin i executar la següent instrucció des de la consola:

```
stardog-admin server start
```

Per crear la base de dades per l'ontologia (l'ontologia habilitant les funcions espacials) :

```
stardog-admin db create -o spatial.enabled=true -n puntsWifi ..\puntsWifi.ttl
```

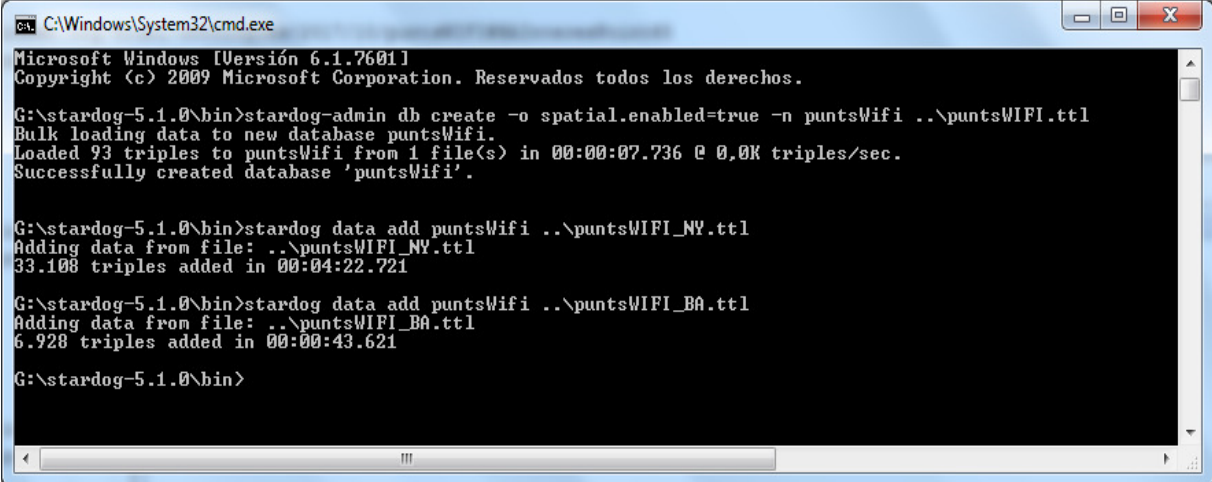
Per carregar les dades dels punts wifi de New York i Buenos Aires.

```
stardog data add puntsWifi ..\puntsWIFI_NY.ttl
stardog data add puntsWifi ..\puntsWIFI_BA.ttl
```

Per facilitar la lectura dels arxius, s'han emmagatzemat en format Turtle.

És molt important no carregar les dades (individuals) al mateix temps que es crea la taxonomia, ja que com internament crea índexs especials per a les dades espacials, pot donar error, indicant que qualche de les figures geomètriques no està ben definida, quan realment no hi ha cap problema. (Aquest ha estat un punt de retard important a l'hora de poder executar consultes dins l'stardog, donat que enlloc diu que s'hagi de fer d'aquesta forma.)

Finalment amb tot el sistema carregat podrem començar a fer les consultes que havíem previst:



```

C:\Windows\System32\cmd.exe
Microsoft Windows [Versión 6.1.7601]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

G:\stardog-5.1.0\bin>stardog-admin db create -o spatial.enabled=true -n puntsWifi ..\puntsWIFI.ttl
Bulk loading data to new database puntsWifi.
Loaded 93 triples to puntsWifi from 1 file(s) in 00:00:07.736 @ 0,0K triples/sec.
Successfully created database 'puntsWifi'.

G:\stardog-5.1.0\bin>stardog data add puntsWifi ..\puntsWIFI_NY.ttl
Adding data from file: ..\puntsWIFI_NY.ttl
33.108 triples added in 00:04:22.721

G:\stardog-5.1.0\bin>stardog data add puntsWifi ..\puntsWIFI_BA.ttl
Adding data from file: ..\puntsWIFI_BA.ttl
6.928 triples added in 00:00:43.621

G:\stardog-5.1.0\bin>

```

Figura 18: Creació de l'ontologia i importació d'individuals dins l'stardog

A <http://localhost:5820> podem accedir a una consola per fer les consultes.

## 6. Demostració

Les consultes que s'han comprovat són les següents:

- Quins són els punts wifi de la ciutat de New York i a quin punt d'interès es troben.

```
PREFIX : <http://www.semanticweb.org/frubi/ontologies/2017/10/puntsWIFI#>
```

```

SELECT *
WHERE {
    ?wifipoint :isPlaced ?interestPoint .
    ?interestPoint :isInterestPointOf ?city .
    FILTER regex(str(?city), "NY")
}

```

En aquesta consulta primer hem de cercar quins són els punts d'interès on estan situats cada un dels punts wifi, seguidament comprovem a quina ciutat està situat el punt d'interès, i finalment es fa una restricció perquè la cerca només es faci dels punts d'interès que es troben a la ciutat de New York.

A continuació es mostra l'execució de la consulta dins la consola de l'stardog:

Query Panel

Hide SPARQL Editor

Explore - Reasoning ON Execute Clear

Prefixes:

```

1 PREFIX : <http://www.semanticweb.org/frubi/ontologies/2017/10/puntsWIFI#>
2
3 SELECT *
4 WHERE {
5   ?wifipoint :isPlaced ?interestPoint .
6   ?interestPoint :isInterestPointOf ?city .
7   FILTER regex(str(?city), "NY")
8 }
9

```

Results

SPARQL Results (returned in 2115 ms)

wifipoint	interestPoint	city
<a href="#">puntsWIFI:NYWifiFree2316</a>	<a href="#">puntsWIFI:NYInteresPoint1</a>	<a href="#">puntsWIFI:NY</a>
<a href="#">puntsWIFI:NYWifiFree325</a>	<a href="#">puntsWIFI:NYInteresPoint1</a>	<a href="#">puntsWIFI:NY</a>

Figura 19: Consulta dels punts wifi a una ciutat

- Quins són els punts wifi disponibles a un lloc d'interès determinat.

```

PREFIX : <http://www.semanticweb.org/frubi/ontologies/2017/10/puntsWIFI#>

SELECT *
WHERE {
  ?wifipoint :isPlaced ?placed.
  ?placed :description ?ipdescription .
  FILTER regex(str(?ipdescription), "Fresh Meadows-Utopia")
}

```

Consulta similar a l'anterior on, en aquest cas, s'aplica un filtre per la descripció del punt d'interès.

A continuació es mostra l'execució de la consulta dins la consola de l'stardog:

The screenshot shows a web-based SPARQL query editor. At the top, there are navigation links for 'Admin Console', 'Query', 'Browse', and 'Data'. A search bar is on the right. The main area is titled 'Query Panel' and contains a 'Hide SPARQL Editor' button. Below this, there are icons for 'Explore', 'Save', and 'Print'. A 'Reasoning' toggle is set to 'OFF', and there are 'Execute' and 'Clear' buttons. The 'Prefixes' section is empty. The query editor contains the following SPARQL query:

```

1 PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
2 PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
3 PREFIX geo: <http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#>
4 PREFIX geos: <http://www.opengis.net/ont/geosparql#>
5 PREFIX geosf: <http://www.opengis.net/def/function/geosparql/>
6 PREFIX : <http://www.semanticweb.org/frubi/ontologies/2017/10/puntsWIFI#>
7
8
9 select *
10 WHERE {
11   ?wifipoint :isPlaced ?placed.
12   ?placed :description ?ipdescription .
13   FILTER regex(str(?ipdescription), "Fresh Meadows-Utopia")
14 }
15
16

```

Below the query editor, the 'Results' section shows 'SPARQL Results (returned in 77 ms)'. The results are displayed in a table with three columns: 'wifipoint', 'placed', and 'ipdescription'.

wifipoint	placed	ipdescription
<a href="#">puntsWIFI:NYWifiFree336</a>	<a href="#">puntsWIFI:NYInteresPoint18</a>	Fresh Meadows-Utopia
<a href="#">puntsWIFI:NYWifiFree378</a>	<a href="#">puntsWIFI:NYInteresPoint18</a>	Fresh Meadows-Utopia
<a href="#">puntsWIFI:NYWifiRest2078</a>	<a href="#">puntsWIFI:NYInteresPoint18</a>	Fresh Meadows-Utopia

Figura 20: Consulta per cercar punts wifi a punts d'interès

- Quins punts wifi hi ha dins un barri determinat

```

PREFIX geo: <http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#>
PREFIX geos: <http://www.opengis.net/ont/geosparql#>
PREFIX geosf: <http://www.opengis.net/def/function/geosparql/>
PREFIX : <http://www.semanticweb.org/frubi/ontologies/2017/10/puntsWIFI#>

SELECT ?wifipoint
WHERE {
  ?neighborhood :description ?barri ;
    :hasGeometry ?ngeom .
  FILTER regex(str(?barri), "Oakland Gardens") .
  ?wifipoint :isWifiPointOf ?city .
    :hasGeometry ?wpoint .
  FILTER regex(str(?city), "NY")
  FILTER (geosf:Within (?wpoint , ?ngeom ) )
}

```

En aquesta consulta es combina les dades geoespacionals d'un barri determinat, que en aquest cas és un multipolígon definit per les latituds i longituds que defineixen els punts que determinen aquesta figura geomètrica, amb les dades de latitud i longitud d'un punt wifi.

Els prefixos que s'utilitzen a les consultes s'utilitzen perquè el sistema entengui que quan a una consulta trobi algun d'aquests prefixos cerqui a la ontologia declarada com ha d'interpretar les dades.

geo: [http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84\\_pos#](http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#)

geos : <http://www.opengis.net/ont/geosparql#>

geosf: <http://www.opengis.net/def/function/geosparql#>

A continuació es mostra l'execució de la consulta dins la consola de l'stardog:

### Query Panel

Hide SPARQL Editor

Explore -
📄
📁
📄

Reasoning
 OFF

Execute
Clear

**Prefixes:**

```

1 PREFIX geo: <http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#>
2 PREFIX geos: <http://www.opengis.net/ont/geosparql#>
3 PREFIX geosf: <http://www.opengis.net/def/function/geosparql/>
4 PREFIX : <http://www.semanticweb.org/frubi/ontologies/2017/10/puntsWIFI#>
5
6 SELECT ?wifipoint
7 WHERE {
8   ?neighborhood :description      ?barri ;
9     :hasGeometry                 ?ngeom .
10  FILTER regex(str(?barri), "Oakland Gardens") .
11  ?wifipoint :hasGeometry        ?wpoint .
12  FILTER (geosf:Within (?wpoint , ?ngeom ) )
13 }
```

**Results**

SPARQL Results (returned in 1127159 ms)

**wifipoint**

🔗 puntsWIFI:NYNeighborhoodQN42
🔗 puntsWIFI:NYWifiFree330

Figura 21: Consulta per trobar punts wifi dins un barri determinat



- Quins punts wifi hi ha a prop d'un restaurant

```

PREFIX geo: <http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#>
PREFIX geos: <http://www.opengis.net/ont/geosparql#>
PREFIX geosf: <http://www.opengis.net/def/function/geosparql/>
PREFIX : <http://www.semanticweb.org/frubi/ontologies/2017/10/puntsWIFI#>
PREFIX dbpedia: <http://dbpedia.org/ontology/>
PREFIX dbpprop: <http://dbpedia.org/property/>
PREFIX foaf: <http://xmlns.com/foaf/0.1/>

SELECT DISTINCT ?wifipoint ?wpoint ?nomrest ?long ?lat ?restpoint ?distance
WHERE {
  SERVICE <http://dbpedia.org/sparql/>{
    SELECT DISTINCT ?rest ?nomrest ?long ?lat ?restpoint
    WHERE {
      ?rest rdf:type dbpedia:Restaurant. ?rest foaf:name ?nomrest.
      ?rest dbpprop:city ?ciutat. ?rest geo:geometry ?restpoint .
      ?rest geo:lat ?lat . ?rest geo:long ?long .
      ?ciutat rdfs:label "New York City"@en. FILTER regex( ?nomrest , "Le Cirque")
    }
  }
  ?wifipoint :isWifiPointOf ?citywp ; :hasGeometry ?wifigeom .
  ?wifigeom geos:asWKT ?wpoint .
  FILTER regex(str(?citywp), "NY")
  ?wifigeom geosf:nearby ( "40.7613" "-73.9675" 1 <http://qudt.org/vocab/unit#Kilometer>).
  ?distance geosf:distance ( ?wifigeom "POINT(-73.9675 40.7613)"^^geos:wktLiteral
<http://qudt.org/vocab/unit#Kilometer> ) .
}

```

En aquesta consulta s'ha utilitzat linkeddata per obtenir les dades d'un determinat restaurant, entre els que hi ha donats d'alta a la wikipedia. Les dades més valuoses són la latitud i longitud, que ens permeten poder utilitzar les funcions nearby i distance, per saber els punts wifi que hi ha al voltant del restaurant i a quina distància es troben.

Com es veu no s'ha vinculat les variables ?lat ?long i ?restpoint a les funcions, i s'han posat els valors com a constants, això es deu a un problema amb l'stardog que no permet utilitzar variables i que se suposa que es solucionarà a futures versions.

A continuació es mostra l'execució de la consulta dins la consola de l'stardog:

Query Panel

Hide SPARQL Editor

Explore - Reasoning OFF Execute Clear

Prefixes:

```

1 PREFIX geo: <http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#>
2 PREFIX geos: <http://www.opengis.net/ont/geosparql#>
3 PREFIX geosf: <http://www.opengis.net/def/function/geosparql/>
4 PREFIX : <http://www.semanticweb.org/frubi/ontologies/2017/10/punts=WIFI#>
5 PREFIX dbpedia: <http://dbpedia.org/ontology/>
6 PREFIX dbpprop: <http://dbpedia.org/property/>
7 PREFIX foaf: <http://xmlns.com/foaf/0.1/>
8
9 SELECT DISTINCT ?wifipoint ?wpoint ?nomrest ?long ?lat ?restpoint ?distance
10 WHERE {
11   SERVICE <http://dbpedia.org/sparql/>{
12     SELECT DISTINCT ?rest ?nomrest ?long ?lat ?restpoint
13     WHERE {
14       ?rest rdf:type dbpedia:Restaurant. ?rest foaf:name ?nomrest.
15       ?rest dbpprop:city ?ciutat. ?rest geo:geometry ?restpoint .
16       ?rest geo:lat ?lat . ?rest geo:long ?long .
17       ?ciutat rdfs:label "New York City"@en. FILTER regex( ?nomrest , "Le Cirque")
18     }
19   }
20   ?wifipoint :isWifiPointOf ?citywp ; :hasGeometry ?wifigeom .
21   ?wifigeom geos:asWKT ?wpoint .
22   FILTER regex(str(?citywp), "NY")
23   ?wifigeom geosf:nearby ( "40.7613" "-73.9675" 1 <http://qudt.org/vocab/unit#Kilometer>).
24   ?distance geosf:distance ( ?wifigeom "POINT(-73.9675 40.7613)"^^geos:wktLiteral <http://qudt.org/vocab/unit#Kilometer> ) .
25 }

```

Results

SPARQL Results (returned in 4294 ms)

wifipoint	wpoint	nomrest	long	lat	restpoint	distance
<a href="#">puntsWIFI:NYWifiFree1012</a>	POINT(-73.972358 40.762467)	Le Cirque en	-73.9675	40.7613	POINT(-73.967498779297 40.761302947998)	0.4292373916705431
<a href="#">puntsWIFI:NYWifiFree1012</a>	POINT(-73.972745 40.761511)	Le Cirque	-73.9675	40.7613	POINT(-73.967498779297 40.761302947998)	0.4423725097007606

Figura 22: Consulta per punts wifi a una ciutat

## 7. Conclusions

La feina feta en aquest treball ha estat sobretot una feina d'investigació i posada en pràctica dels conceptes analitzats. Donat que, quan vaig començar aquest projecte no tenia una idea clara del conjunt de conceptes, estàndards i eines involucrades en la web semàntica, he hagut de dedicar molt de temps en aprendre i provar tot lo que anava llegint. Durant tot aquest procés d'aprenentatge he tingut molt de problemes que he anat resolent, més que amb dificultats, amb temps i paciència.

El canvi de mentalitat a l'hora de fer consultes, de SQL (el meu camp des de fa vint anys) a SPARQL me va costar inicialment, donat que conceptualment són diferents i els meus vicis amb tants d'anys són evidents, però he après molt, i lo que he après m'ha sorprès gratament. No només he fet les consultes que hi ha reflexades en aquest treball, n'he fetes més per comprovar diferents funcions.

Potser la possibilitat d'utilització dels repositoris de Linked Data directament a les consultes és la funció que més m'ha sorprès, i que a partir d'ara tindrè en compte per a futurs projectes.

Segurament, amb més temps es podrien haver provat, amb una mica més de cura, els sistemes altres sistemes com Virtuoso o Fuseki, que segur que funciona pels objectius plantejats, però amb l'Stardog he pogut comprovar que l'ontologia creada funciona pels objectius plantejats a l'inici del projecte.

La part més costosa amb temps ha estat la de poder utilitzar les dades geospacials dins el sistema Stardog, però que sense cap dubte, ha enriquit el resultat final. Entendre que quan s'importen les dades, des de java dins l'ontologia, s'ha d'especificar el tipus geos:wktliteral o xds:float, i que no basta amb declarar-ho al data property, o també entendre les classes i objectes que fan referències a dades geospacials han de dur el prefix de l'ontologia on estan declarades, i també que les dades no s'han d'importar al mateix temps que la creació de la base de dades RDF dins l'Stardog, potser que siguin qüestions trivials per algú que ja ho sap, però sense coneixements previs i amb el poc temps disponible ha estat una mica estressant. De fet, una vegada esgotat el termini de lliurament de la PAC3, vaig voler continuar investigant sobre aquest tema ja que me pareixi lo suficientment important i interessant com per deixar-ho córrer.

Finalment, com a part final del procés faltaria la part d'explotació d'aquest sistema, i que podria ser una aplicació web o aplicació mòbil que es comuniqués amb la base de dades RDF, amb una part de consulta pels usuaris i una part d'administració per poder gestionar els punts wifi. Aquesta part no és massa complexa d'implementar, donat que tota la part de càlcul de proximitat de punts wifi a una localització determinada es realitza des de la base de dades i els sistema només hauria de mostrar informació. Aquesta aplicació també ajudaria a detectar possibles mancances que pot tenir el sistema desenvolupat fins en aquest moment. D'aquesta forma es tancaria tot el procés d'investigació de com funciona el sistema al complet.

Tinc molt clar que el sistema es pot millorar. Així i tot crec que he après lo suficient per poder afrontar nous reptes amb una visió més clara de les possibilitats de la web semàntica.

## Bibliografia

- <https://www.w3c.es/Divulgacion/GuiasBreves/WebSemantica>: consultat setembre de 2017
- <https://semantizandolaweb.wordpress.com/2011/11/07/que-es-rdf-y-para-que-es-bueno>: consultat a octubre de 2017

- <http://di002.edv.uniovi.es/~labra/cursos/ext05/pres/SemWeb2.pdf>: consultat a octubre de 2017
- [http://cv.uoc.edu/webapps/dspace\\_rei/bitstream/10609/496/1/38211ffc.pdf](http://cv.uoc.edu/webapps/dspace_rei/bitstream/10609/496/1/38211ffc.pdf): consultat a octubre de 2017
- <http://www.hipertexto.info/documentos/rdf.htm>: consultat a octubre de 2017
- <http://blogs.ua.es/gonzalo/2010/01/05/xml-la-base-de-la-web-semantic/>: consultat a octubre de 2017
- <https://www.w3.org/2007/09/OWL-Overview-es.html>: consultat a octubre de 2017
- <http://elies.rediris.es/elies18/531.html>: consultat a octubre de 2017
- [http://personales.upv.es/ccarrasc/doc/2003-2004/Onto\\_WS/OntologiasenlaWebSemantica.htm](http://personales.upv.es/ccarrasc/doc/2003-2004/Onto_WS/OntologiasenlaWebSemantica.htm): consultat a octubre de 2017
- [https://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=10&ved=0ahUKEwj\\_rMCr4Y7XAhUCxxQKHT1cCzwQFghdMAk&url=https%3A%2F%2Fdia.net.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F4316679.pdf&usg=AOvVaw1kt1quVHtf80pHiBes9ffl](https://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=10&ved=0ahUKEwj_rMCr4Y7XAhUCxxQKHT1cCzwQFghdMAk&url=https%3A%2F%2Fdia.net.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F4316679.pdf&usg=AOvVaw1kt1quVHtf80pHiBes9ffl): consultat a octubre de 2017
- <http://skos.um.es/TR/rdf-sparql-query>: consultat a octubre de 2017
- <https://programminghistorian.org/es/lecciones/sparql-datos-abiertos-enlazados#bases-de-datos-orientadas-a-grafo-rdf-y-datos-abiertos-enlazados-linked-open-data-lod>: consultat a octubre de 2017
- <https://protege.stanford.edu>: consultat a octubre de 2017
- <http://www.openmobilenetwork.org>: consultat a octubre de 2017
- <http://skos.um.es/TR/rdf-sparql-query>: consultat a octubre de 2017
- <https://www2.infor.uva.es/~cllamas/MAS/DesOntoSimpl.pdf> consultat a novembre de 2017
- <http://skos.um.es/TR/rdf-sparql-query/> consultat a novembre de 2017
- <http://www.opengeospatial.org/standards/geosparql> consultat a desembre de 2017
- [http://schemas.opengis.net/geosparql/1.0/geosparql\\_vocab\\_all.rdf](http://schemas.opengis.net/geosparql/1.0/geosparql_vocab_all.rdf) consultat a desembre de 2017
- <http://semantic-web-journal.org/sites/default/files/swj176.pdf> consultat a desembre de 2017