

TRABAJO EN ONTOLOGÍAS

MÁSTER EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL
INGENIERÍA ONTOLÓGICA
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID



POLITÉCNICA

Manuel José Rivera Macías
Julián Arenas Guerrero

31 de enero de 2020

Índice general

Índice	I
1. Introducción	1
2. Reseña metodología NeOn	2
2.1. Escenarios	2
2.2. Actividades	3
3. Desarrollo	4
3.1. Especificación	4
3.1.1. Propósito	4
3.1.2. Usuarios finales	4
3.1.3. Casos de uso	4
3.1.4. Requisitos Ontológicos	5
3.1.5. Pre-glosario de términos	8
3.2. Reutilización de recursos ontológicos	13
3.3. Reutilización de recursos no ontológicos	14
3.3.1. Terminología	14
3.3.2. Recursos	14
3.4. Patrones de diseño	16
3.5. Modelo conceptual	18
3.6. Implementación	23
3.7. Evaluación	23
3.8. Refinamiento	28
3.9. Documentación	31
4. Conclusiones	32

Capítulo 1

Introducción

El objetivo principal es construir una ontología que permita a futuros alumnos conocer las titulaciones por universidad, las asignaturas y el profesorado. Además se ha de tener en cuenta los distintos campus y centros de la universidad, así como su localización. Es relevante para la ontología a desarrollar, modelar los departamentos y grupos de investigación al que pertenecen los profesores, así como las publicaciones de estos, de manera que los alumnos puedan conocer sus áreas de trabajo y relevancia como investigador.

Todo esto se ha realizado siguiendo la metodología NeOn. Para realizar este trabajo nos hemos apoyado en otras ontologías y en recursos no ontológicos. El modelo desarrollado se ha implementado en Protégé y se ha evaluado y refinado con la metodología OOPS!.

Capítulo 2

Reseña metodología NeOn

La metodología NeOn es un framework para la construcción de redes de Ontología. Este framework propone cuatro etapas: glosario de procesos y actividades, escenarios para construir ontologías, ciclo de vida de la ontología y guía metodológica.

A continuación vamos a listar tanto los escenarios que se han usado para construir la ontología, como las actividades se han desarrollado durante su construcción.

2.1. Escenarios

Los escenarios usados para la construcción de la ontología son los siguientes:

- *Escenario 2: Building ontology networks by reusing and reengineering non ontological resources.* Para ello se han localizado una serie de ficheros CSV extraídos de datos de los portales de datos abiertos de varias universidades. También se han usado webs de universidades para construir la ontología. Este proceso se detalla en la sección 3.3.
- *Escenario 4: Building ontology networks by reusing and reengineering ontologies or ontology modules.* Para la construcción de la nueva ontología se ha importando una ontología existente, especializándola y cambiando algunas de sus propiedades. Para ver más detalles ir a la sección 3.2.
- *Escenario 7: Building ontology networks by reusing ontology design patterns.* Se han utilizado varios patrones para expresar con más claridad la semántica que se deseaba reflejar. Ver sección 3.4.

2.2. Actividades

Dentro de las 55 actividades definidas en el glosario de actividades de la metodología NeOn, se han realizado principalmente las siguientes:

- Especificación
- Importar
- Especialización
- Alinear
- Anotar y comentar
- Evaluación
- Reparación
- Exportar

En las siguientes secciones se detallan las actividades realizadas.

Capítulo 3

Desarrollo

3.1. Especificación

3.1.1. Propósito

El objetivo de la ontología a desarrollar es facilitar a alumnos de nuevo ingreso a la titulación obtener información acerca de la oferta académica de una universidad. De esta forma los alumnos pueden decidir qué titulación cursar con toda la información y tomar una buena decisión de acuerdo a sus objetivos. Uno de los aspectos principales a tener en cuenta es que el alumno pueda conocer el profesorado que imparte clase en la titulación, las asignaturas asociadas y el prestigio de éstos y su reputación.

3.1.2. Usuarios finales

- Usuario 1: Alumno que quiere cursar un título de grado o máster y desea saber que universidades ofertan ese grado y que reputación académica tienen los profesores que imparten las clases.
- Usuario 2: Alumno que quiere cursar un título de doctorado y desea conocer las áreas de investigación dentro de un departamento y la reputación académica que tienen los profesores que pertenecen a ese departamento.

3.1.3. Casos de uso

- Uso 1: Alumno que desea conocer las titulaciones de una universidad, así como sus asignaturas y profesores.

- Uso 2: Alumno que desea conocer las publicaciones del profesorado que imparten una titulación, el grupo de investigación y departamento al que pertenecen y su reputación investigadora.

3.1.4. Requisitos Ontológicos

Requisitos no funcionales

1. La ontología debe estar implementada en español.
2. La ontología debe adaptarse a las necesidades de las universidades españolas incluidas en la CRUE.
3. La ontología debe publicarse de forma abierta.

Requisitos funcionales

- Uso 1: Buscar la oferta académica de grado, máster y doctorado de una universidad.
- Uso 2: Consultar profesores que imparten asignaturas en un titulación.
- Uso 3: Conocer el número de profesores y su categoría que imparten titulación.
- Uso 4: Conocer la media del índice H de los profesores que imparten clase en una titulación.
- Uso 5: Conocer el profesor o profesores que imparten una asignatura de grado o máster.
- Uso 6: Conocer las publicaciones de un profesor de la titulación.

Grupo Competency Questions	Frecuencia
Empleados	11
Estructura organizativa	8
Oferta académica	5
Publicaciones	3

CQs Oferta académica (prioridad 1)	Prioridad
¿Qué titulaciones de grado se imparten en la Escuela de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de Zaragoza?	1
¿Existe Doctorado de Aprendizaje Automático en la UPM?	2
¿Qué asignaturas imparte el profesor Óscar Corcho en el Máster en Inteligencia Artificial de la UPM?	3
¿Cuáles son las asignaturas básicas de la titulación de Grado en Ingeniería Informática de la UPM?	4
¿Qué asignaturas optativas tiene el grado en Ciencias Ambientales de la Universidad de Extremadura?	5

CQs Empleados (prioridad 2)	Prioridad
¿Qué profesores imparten clase en la asignatura Programación Lógica del Máster en Inteligencia Artificial de la UPM?	1
¿Qué profesores contratados doctores imparten clase en el Máster en Inteligencia Artificial de la UPM?	2
¿Qué universidad tiene, para el Grado en Ingeniería Informática, el mayor índice H medio en sus profesores?	3
¿Qué profesor es el coordinador de la asignatura Redes Bayesianas del Máster en Inteligencia Artificial de la UPM?	4
¿Cuántos profesores catedráticos hay en el departamento de Inteligencia Artificial de la UPM?	5
¿Quién es el coordinador del Máster en Inteligencia Artificial de la UPM?	6
¿Cuál es el índice H medio de los profesores de la asignatura Ciencia de la Web del Máster en Inteligencia Artificial de la UPM?	7
¿Quién es el subdirector del departamento Arquitectura y Tecnología de Sistemas Informáticos de la UPM?	8
¿Cuál es el email del coordinador del Máster en Inteligencia Artificial de la UPM?	9
¿Cuál es el número medio de sexenios de los profesores del Máster en Inteligencia Artificial de la UPM?	10
¿Tiene el profesor Óscar Corcho más sexenios de investigación que tecnológicos?	11

CQs Estructura organizativa (prioridad 3)	Prioridad
¿A qué grupo de investigación de la UPM pertenece Asunción Gómez?	1
¿A qué departamento pertenece el coordinador de la asignatura Programación Lógica del Máster en Inteligencia Artificial de la UPM?	2
¿Cuántos departamentos tiene la Escuela de Ingenieros Informáticos del campus de Montegancedo de la UPM?	3
¿Cuáles son las áreas de conocimiento asociadas al departamento de Matemáticas de la Universidad de Extremadura?	4
¿Cuál es el departamento con mayor número de publicaciones de la UPM?	5
¿Cuáles son los campus de la UPM?	6
¿Cuáles son las facultades del campus de Montegancedo de la UPM?	7
¿Cuál es la ubicación de la biblioteca del campus de Montegancedo de la UPM?	8

CQs Publicaciones (prioridad 4)	Prioridad
¿Cuántas publicaciones tiene el profesor Óscar Corcho en el año 2018?	1
¿Cuántos artículos han publicado los profesores de la asignatura Sistemas de Ayuda a la Decisión del Máster en Inteligencia Artificial de la UPM en el año 2019?	2
¿En qué journals ha publicado la profesora Concha Bielza en el año 2020?	3

3.1.5. Pre-glosario de términos

Términos de las CQs	Frecuencia
máster	11
profesor	11
asignatura	7
departamento	7
coordinador	4
campus	3
escuela	3
grupo de investigación	3
titulación de grado	2
índice h	2
publicación	2
profesor catedrático	1
sexenio investigación	1
aprendizaje automático	1
área de conocimiento	1
artículo	1
titulación de grado	1
asignatura básica	1
asignatura optativa	1
biblioteca	1
subdirector	1
sexenio tecnológico	1
doctorado	1
máster oficial	1

Términos de las CQs (continuación)	Frecuencia
email	1
sexenio	1
facultad	1
grado	1
journal	1
líder	1
profesor contratado doctor	1
ubicación	1

Términos de las respuestas	Frecuencia
profesor	5
asignatura	4
departamento	3
grupo de investigación	2
ubicación	1
artículo	1
campus	1
coordinador	1
escuela politécnica	1
facultad	1
física aplicada	1
titulación de grado	1
journal	1
máster oficial	1
matemáticas	1
publicación	1
sexenio	1
subdirector	1
área de conocimiento	1

Objetos

UPM, Máster en Inteligencia Artificial, Óscar Corcho, Grado en Ingeniería Informática, Departamento de Inteligencia Artificial, Campus de Montegancedo, Universidad de Extremadura, Grupo de Ingeniería Ontológica, asignatura programación lógica, gestión y conservación de la biodiversidad, asignatura ingeniería ontológica, análisis matemático, E.T.S. de Ingenieros Informáticos,

Grupo de Investigación en Nutrición Ejercicio y Estilo de Vida Saludable (IM-FINE), Elena Montiel Ponsoda, Engineering Applications of Artificial Intelligence, Escuela de Ingeniería y Arquitectura, Escuela de Ingenieros Informáticos, Estadística e Investigación Operativa, ETSIINF, algorítmica numérica, fisiología vegetal, Francisco Bueno Carrillo, algebra lineal, fundamentos de economía y administración de empresas, fundamentos de gestión de tecnologías de la información en la empresa, fundamentos físicos y tecnológicos de la informática, fundamentos socioeconómicos, geometría y topología, Departamento de Matemáticas de la Universidad de Extremadura, Departamento Arquitectura y Tecnología de Sistemas Informaticos, asignatura ciencia de la web, David Pérez del Rey, asignatura redes bayesianas, asignatura sistemas de ayuda a la decisión, Asunción Gómez, bioquímica ambiental y toxicología, cálculo, Campus Ciudad Universitaria, Antonio Jiménez Martín, Campus Madrid Ciudad, Campus Sur, Centro de Domótica Integral (CEDINT-UP), Centro de Inv. en Biotecnología y Genómica de plantas (CBGP), gestión y conservación del patrimonio geológico, álgebra, Concepción Bielza Lozoya, Centro de Tecnología Biomédica (CTB), Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación, Grado en Ciencias Ambientales, Máster Interuniversitario en Métodos Formales en Ingeniería Informática, Máster Universitario en Ciencia de Datos, Máster Universitario en Ingeniería del Software, Máster Universitario en Ingeniería Informática, Máster Universitario en Software y Sistemas, Master's programme in Digital Innovation: Data Science, Master's programme in Digital Innovation: Human-Computer, Interaction and Design, Matemática Aplicada, Matemática Discreta I, Meteorología y Climatología, Nik Swoboda, ocorcho@fi.upm.es, prácticas externas, Probabilidades y Estadística I, Programación I, Sistemas Digitales, Técnicas Analíticas y de Evaluación, Tecnología de Prevención y Control de la Contaminación, Master of Science in Health Medical Data Analytics, Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales, Uni-

versidad de Zaragoza, Grado en Ingeniería Eléctrica, Grado en Ingeniería Electrónica y automática, Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Producto, Grado en Ingeniería Mecánica, Grado en Ingeniería Química, Igor Boguslavskiy, Implementación y Paralelismo (clip), Ingeniería Ontológica, Instituto de Microgravedad "Ignacio da Riva", Journal of Statistical Planning and Inference, Juan Antonio Fernández del Pozo, lógica, Madrid, Manuel Hermenegildo Salina, María del Carmen Suárez de Figueroa Baonza, Mariano Hermida de la Rica, 28660 Boadilla del Monte.

3.2. Reutilización de recursos ontológicos

En la construcción de nuestra ontología, se decidió importar y extender la ontología de Organizaciones <http://www.w3.org/ns/org#>. Por otro lado, nos hemos apoyado en la web de datos abiertos de la Universidad de Extremadura, concretamente en su ontología llamada *ontouniversidad*.

Dentro de la ontología de Organizaciones <http://www.w3.org/ns/org#>, se han especializado o creado clases equivalentes a las siguientes:

- `org:Organization`. De la que la clase *Universidad* es subclase.
- `org:Role`. Esta clase es equivalente a la clase *Rol*. Se especializa con las clases *RolPersonaOrganizacion* y *RolAsignatura*.
- `org:Person`. De la que la clase *Persona* es equivalente. Se especializa con las subclases *PAS* y *PDI*.
- `org:Site`. Esta clase es equivalente a la clase *Localizacion*.

3.3. Reutilización de recursos no ontológicos

En esta sección se incluyen los recursos no ontológicos relevantes en el dominio de la ontología a desarrollar. Aunque no se han tenido en cuenta todos, se incluye la lista completa de los recursos encontrados.

3.3.1. Terminología

1. <https://web.ua.es/es/oia/glosario-terminos-universitarios/glosario-de-terminos-universitarios.html>.
 - Lista de términos universitarios proporcionada por la Universidad de Alicante (UA).
2. <http://www.infouma.uma.es/folies/glosario.html>.
 - Lista de términos universitarios proporcionado por la Universidad de Málaga (UMA).
3. <http://opendata.unex.es/def/ontouniversidad.html>.
 - Modelo semántico de la UNEX para identificar y expresar las características de una universidad. La ontología se encuentra continuamente en fase de desarrollo para adaptarse a las necesidades de representación que necesiten los datos de una universidad.

3.3.2. Recursos

1. <https://opendata.unex.es/dataset/centros-uex>.
 - Conjunto de datos que contiene la información catalogada por la Universidad de Extremadura (UNEX) sobre las Escuelas, Facultades, Ins-

titutos de investigación, Centros o Estructuras, que forman parte de ella y son necesarios para el desempeño de sus funciones.

2. <https://datos.ua.es/es/ficha-datos.html?idDataset=6>.

- Información sobre las características de los centros (escuelas y facultades) asociados a la UA, ya sean propios o adscritos, públicos o privados. En el caso de que un centro esté ubicado en distintos campus y/o municipios, habrá tantos registros con la información relativa al centro como número de campus y/o municipios donde se encuentre.

3. <https://opendata.unex.es/dataset/departamentos-uex>.

- Conjunto de datos que contiene la información catalogada por la UNEX sobre los departamentos.

4. <https://datos.ua.es/es/ficha-datos.html?idDataset=14>.

- Conjunto de datos que contiene información referente a los departamentos de la UA. Los departamentos son unidades organizativas a la que se adscriben estancias y miembros del personal. Las unidades organizativas abarcan departamentos docentes, facultades, institutos de investigación, unidades y servicios administrativos, etc.

5. <https://datos.ua.es/es/ficha-datos.html?idDataset=8>.

- Listado de titulaciones (grado, máster, primer y segundo ciclo, doctorado) ofertadas en universidades españolas.

6. <https://zaguan.unizar.es/record/76879?ln=es>.

- Estadísticos por titulaciones de la Universidad de Zaragoza (UNIZAR) para el curso 2018-2019.

7. <https://opendata.unex.es/dataset/asignaturas-uex-2019-2020>.

- Conjunto de datos que contiene la información catalogada por la UNEX sobre las asignaturas de las titulaciones impartidas en sus centros durante el curso académico 2019-2020.

8. <https://opendata.unex.es/dataset/areas-conocimiento-uex>.

- Conjunto de datos que contiene la información catalogada por la UNEX sobre las áreas de conocimiento.

9. <https://opendata.unex.es/dataset/pdi-uex>.

- Conjunto de datos que contiene la información catalogada por la UNEX sobre los PDI.

10. <https://zaguán.unizar.es/record/76881?ln=es>.

- Efectivos de PDI de UNIZAR en el año 2018.

11. <https://opendata.unex.es/dataset/pas-uex>.

- Conjunto de datos que contiene la información catalogada por la UNEX sobre los PAS.

3.4. Patrones de diseño

Para realizar el modelo, se han usado varios patrones de diseño conocidos. De esta manera, se ha buscado simplificar el diseño y evitar errores a la hora de representar conceptos. Los patrones utilizados son los siguientes:

- *Patrón de clases disjuntas*. Se ha seguido este patrón para obligar a que no haya instancias comunes entre las siguientes clases del modelo:

- PAS y PDI
 - Sexenio de Investigación y Sexenio Tecnológico
 - Titulación de Grado, Máster y Doctorado
 - Asignatura de Grado y Asignatura de Máster
 - RolPersonaOrganizacion y RolAsignatura
- *Patrón de relación N-ario “Muchos individuos en una relación”.* Se ha usado este patrón para representar el concepto de publicación. Una publicación tiene las propiedades título, fecha, tipo (journal, workshop, etc), ranking y nombre del medio (nombre de la revista o del congreso).
 - *Rol de una persona en una organización como una instancia.* En el modelo se han tenido que representar los siguientes roles:
 - Roles de una persona en una universidad. Ejemplo: catedrático, director de departamento.
 - Roles de una persona al impartir una asignatura. Ejemplo: profesor, coordinador.

Para ello se ha usado el patrón basado en la creación de instancias, ya que aumenta la expresividad y simplifica el modelo al no tener que crear numerosas clases.

3.5. Modelo conceptual

A continuación se muestra el modelo conceptual generado. Debido al tamaño del modelo, se ha dividido en tres imágenes la visualización. La herramienta usada para generar la visualización y dividirla en trozos es OWLGrEd.

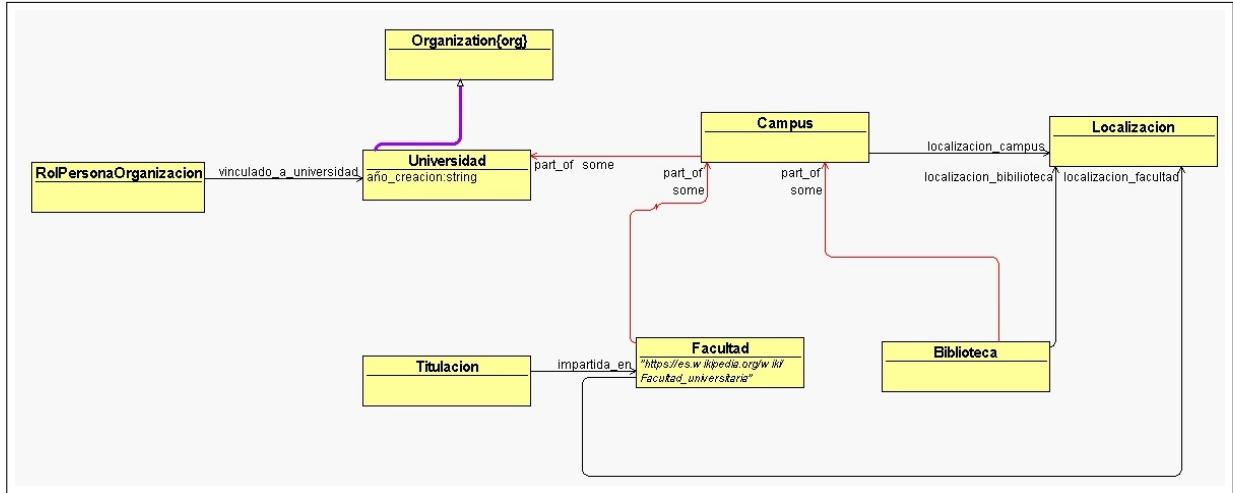


Figura 3.1: Parte más general del modelo.

En la figura 3.1 se muestran todas las clases que tienen una relación con *Universidad*, *Campus*, y *Localización*.

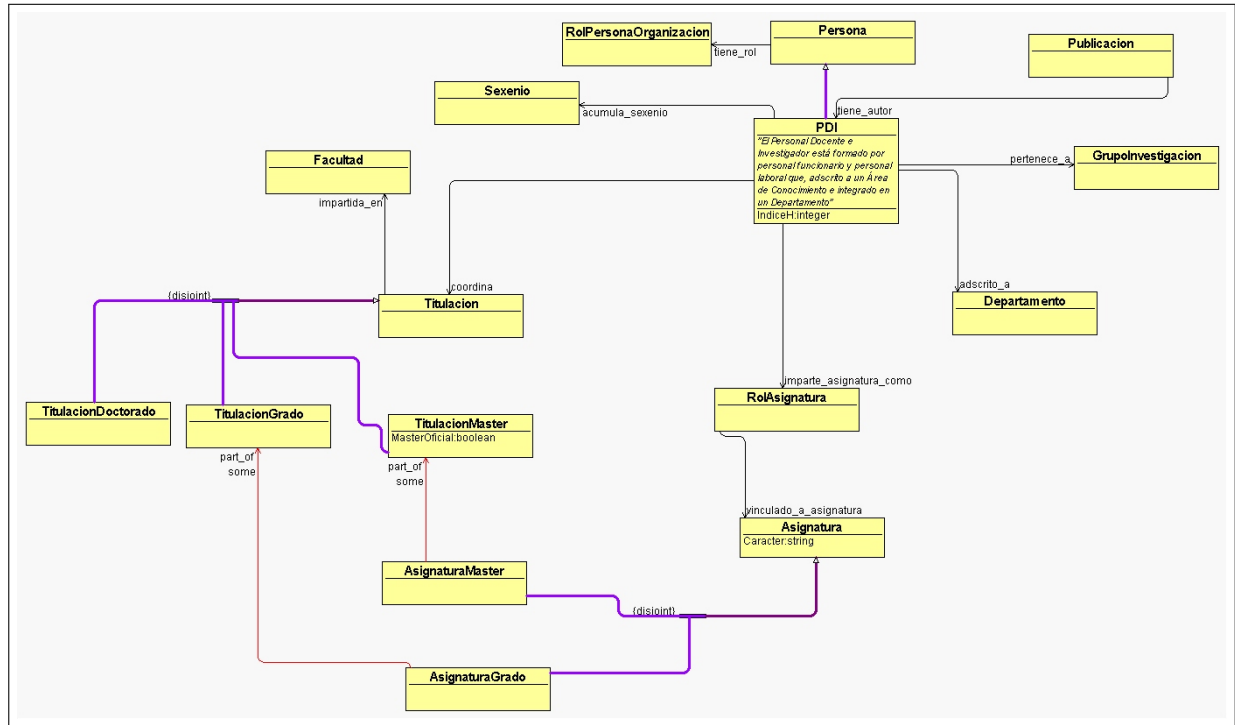


Figura 3.3: Parte del modelo que recoge la oferta académica.

En la figura 3.3 se muestra, por un lado, la parte del modelo que recoge la semántica de la oferta académica de una universidad, y por otro, el rol de un PDI en una asignatura. Para ello, se muestran todas las clases que tienen relación con *PDI*, *Titulacion* y *Asignatura*.

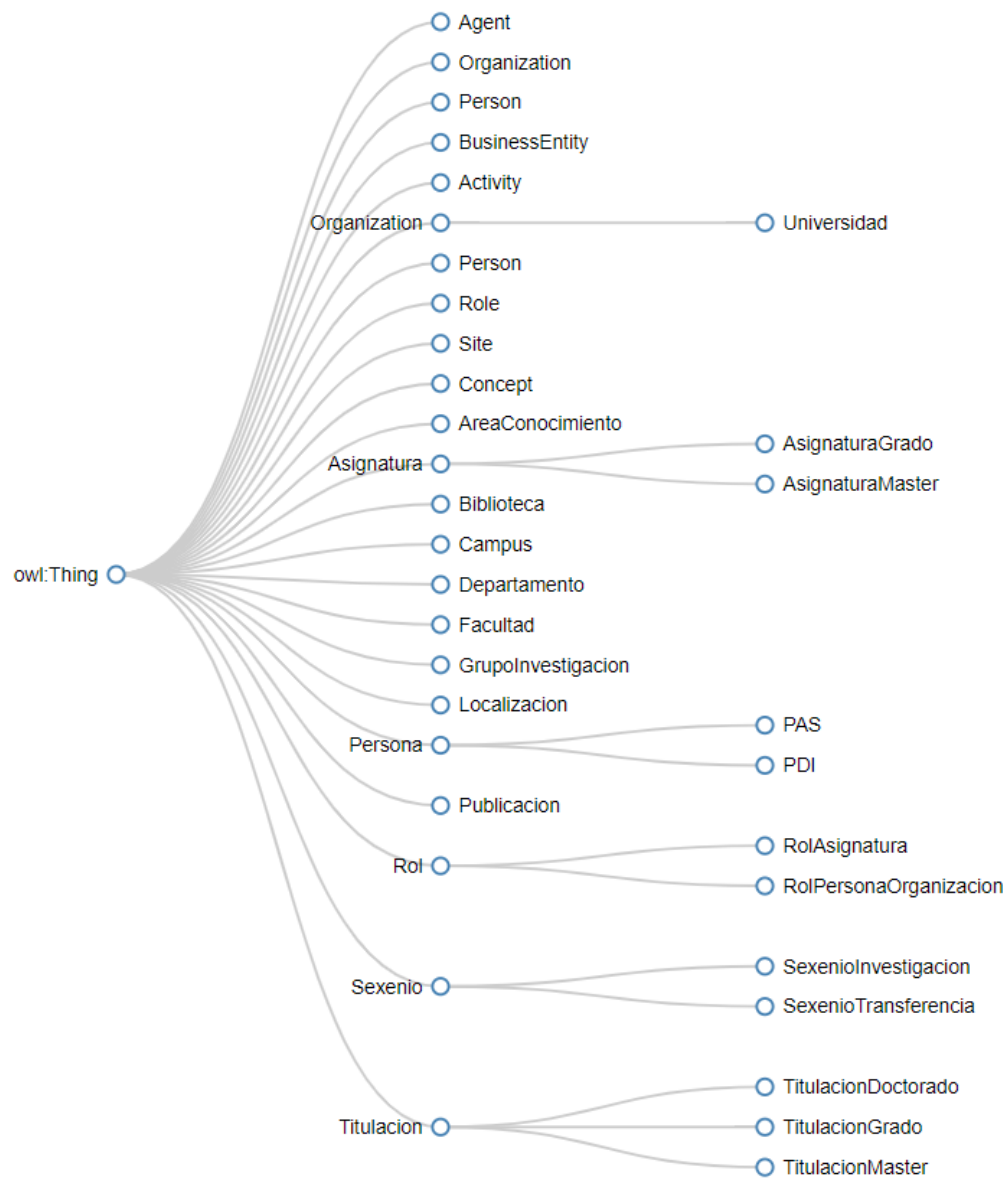


Figura 3.4: Clases de la ontología.

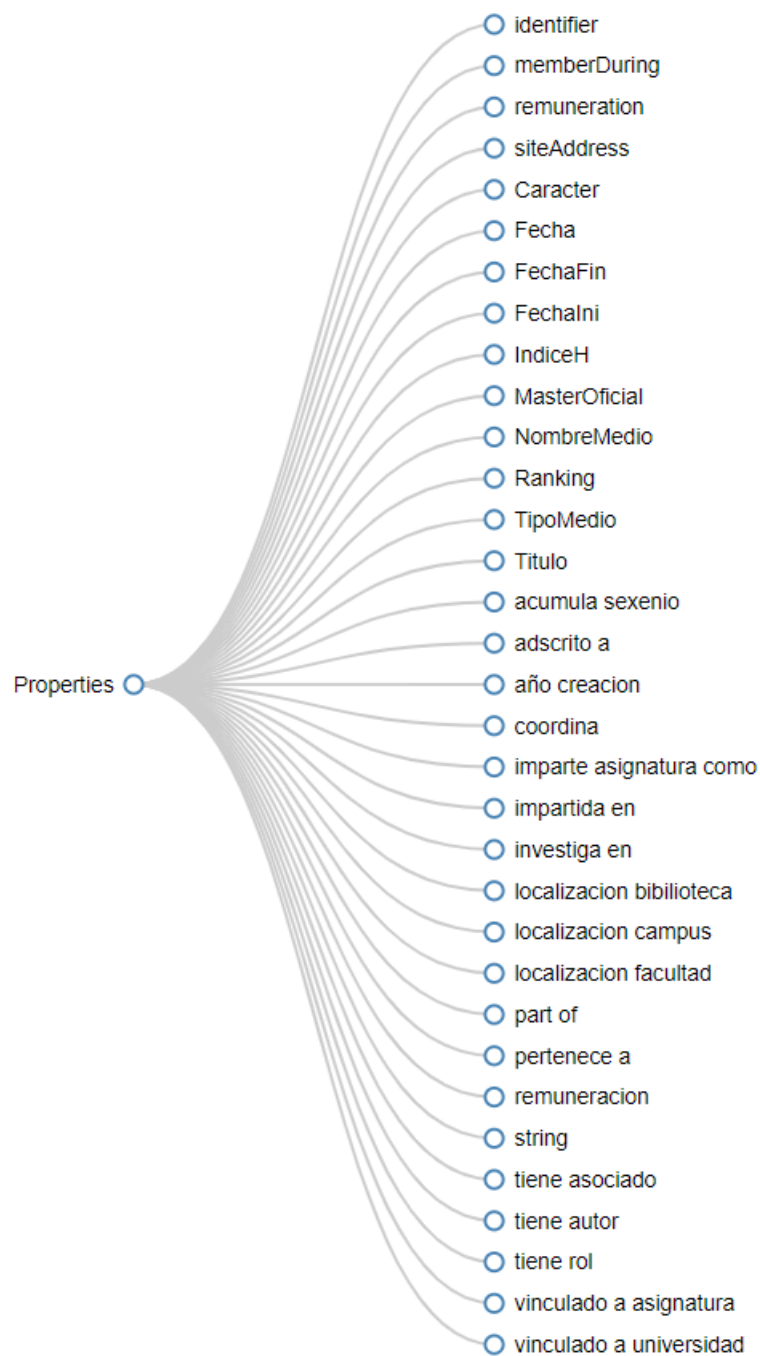


Figura 3.5: Propiedades de la ontología.

3.6. Implementación

La implementación del modelo se ha realizado en Protégé. Junto con este documento se proporciona el fichero OWL condificado en sintaxis RDF/XML.

3.7. Evaluación




Con el objetivo de detectar posibles errores en el modelo, éste se ha evaluado con OOPS!. Para ello se ha generado la ontología en formato OWL. El informe de evaluación se muestra en las siguientes páginas.

OOPS! - OntOlogy Pitfall Scanner!


 oops.linkeddata.es/response.jsp


Evaluation results


It is obvious that not all the pitfalls are equally important; their impact in the ontology will depend on multiple factors. For this reason, each pitfall has an importance level attached indicating how important it is. We have identified three levels:

- **Critical**  : It is crucial to correct the pitfall. Otherwise, it could affect the ontology consistency, reasoning, applicability, etc.
- **Important**  : Though not critical for ontology function, it is important to correct this type of pitfall.
- **Minor**  : It is not really a problem, but by correcting it we will make the ontology nicer.

[\[Expand All\]](#) | [\[Collapse All\]](#)

Results for P02: Creating synonyms as classes. 1 case | Minor 

Results for P08: Missing annotations. 56 cases | Minor 

Results for P11: Missing domain or range in properties. 6 cases | Important 

Object and/or datatype properties without domain or range (or none of them) are included in the ontology.

- This pitfall appears in the following elements:
 - › <http://www.w3.org/ns/org#memberDuring>
 - › <http://www.w3.org/ns/org#remuneration>
 - › <http://www.w3.org/ns/org#siteAddress>
 - › http://www.semanticweb.org/juliq/ontologies/2020/0/uni#has_part
 - › http://www.semanticweb.org/juliq/ontologies/2020/0/uni#part_of
 - › <http://www.w3.org/ns/org#identifier>
- **Tip:** Solving this pitfall may lead to new results for other pitfalls and suggestions. We encourage you to solve all cases when needed and see what else you can get from OOPS!

Results for P13: Inverse relationships not explicitly declared. 26 cases | Minor 

Results for P20: Misusing ontology annotations. 6 cases | Minor 🟡

Results for P22: Using different naming conventions in the ontology. ontology* | Minor 🟡

Results for P27: Defining wrong equivalent properties. 1 case | Critical 🔴

Two object properties or two datatype properties are defined as equivalent, using owl:equivalentProperty, even though they do not have the same semantics.

- This pitfall appears in the following elements:
 - › <http://www.semanticweb.org/juliq/ontologies/2020/0/uni#estaLocalizado> may not be equivalent to <http://www.w3.org/ns/org#hasSite>

Results for P30: Equivalent classes not explicitly declared. 1 case | Important 🟠

This pitfall consists in missing the definition of equivalent classes (owl:equivalentClass) in case of duplicated concepts. When an ontology reuses terms from other ontologies, classes that have the same meaning should be defined as equivalent in order to benefit the interoperability between both ontologies.

- The following classes might be equivalent:
 - › <http://www.semanticweb.org/juliq/ontologies/2020/0/uni#Persona>,
<http://www.w3.org/ns/org#Role>

Results for P34: Untyped class. 6 cases | Important 🟠

An ontology element is used as a class without having been explicitly declared as such using the primitives owl:Class or rdfs:Class. This pitfall is related with the common problems listed in [8].

- This pitfall appears in the following elements:
 - › <http://www.w3.org/2004/02/skos/core#Concept>
 - › <http://xmlns.com/foaf/0.1/Agent>
 - › <http://xmlns.com/foaf/0.1/Person>
 - › <http://xmlns.com/foaf/0.1/Organization>
 - › <http://www.w3.org/ns/prov#Activity>
 - › <http://purl.org/goodrelations/v1#BusinessEntity>

Results for P35: Untyped property. 4 cases | Important 🟠

An ontology element is used as a property without having been explicitly declared as such using the primitives `rdf:Property`, `owl:ObjectProperty` or `owl:DatatypeProperty`. This pitfall is related with the common problems listed in [8].

- This pitfall appears in the following elements:
 - › <http://xmlns.com/foaf/0.1/member>
 - › <http://www.w3.org/ns/prov#used>
 - › <http://www.w3.org/ns/prov#wasGeneratedBy>
 - › <http://www.w3.org/2004/02/skos/core#notation>

Results for P41: No license declared. ontology* | Important 🟡

The ontology metadata omits information about the license that applies to the ontology.

*This pitfall applies to the ontology in general instead of specific elements.

SUGGESTION: symmetric or transitive object properties. 4 cases

De los errores encontrados, caben destacar los siguientes:

- Error crítico P27. Este error ocurre cuando dos propiedades están definidas como equivalentes, pero no lo son. Efectivamente, detectamos en el modelo que la propiedad *estaLocalizado* no estaba bien definida, ya que el dominio de la propiedad era una unión de las clases Biblioteca, Campus y Facultad. Para solucionarlo se han creado las propiedades *localizacion_biblioteca*, *localizacion_campus* y *localizacion_facultad*.
- Errores importantes P11. Este error ocurre cuando algunas propiedades no tienen especificadas ni dominio ni rango. En el caso de las propiedades *memberDuring*, *remuneration*, *siteAddress* y *identifier*, aunque son propias de la ontología reutilizada de Organización, se decidió corregir el error añadiéndole como rango un dataProperty tipo *xsd:string*, ya que son propiedades que consideramos interesantes y complementan nuestro modelo. En el caso de las propiedades *part_of* y *has_part* entendemos que no es necesario añadir el rango.
- Errores importantes P34. La causa de este error es que un elemento de la Ontología está usando una clase sin haber sido declarada de forma explícita. Para solucionarlo se han creado estas clases haciendo referencia a sus ontologías de origen.
- Errores leves P08. Estos errores son lanzados cuando faltan anotaciones en elementos de la ontología. Se han documentado las clases y propiedades más importantes, utilizando enlaces a Wikipedia cuando dicha definición existía, o usando comentarios escritos como texto libre.

Una vez solucionados los problemas que consideramos más importantes, se ha vuelto a evaluar el modelo con OOPS!.

3.8. Refinamiento

El refinamiento del modelo se ha realizado una vez hemos evaluado el informe emitido por OOPS!, y así listar qué fallos consideramos realmente. Hemos de recordar que, en la implementación realizada del modelo, se ha importado la Ontología de organizaciones <http://www.w3.org/ns/org#>, con lo que se han heredado varios errores, complicando la evaluación y las acciones a realizar para solucionarlos. Por ello hemos solucionado los errores que se han considerado más importantes, primando los generados por nuestro modelo, y no aquellos generados por la ontología de organizaciones.




El informe de evaluación, una vez refinado el modelo, se muestra en las siguientes páginas.

OOPS! - OntOlogy Pitfall Scanner!

 oops.linkeddata.es/response.jsp


Evaluation results


It is obvious that not all the pitfalls are equally important; their impact in the ontology will depend on multiple factors. For this reason, each pitfall has an importance level attached indicating how important it is. We have identified three levels:

- **Critical**  : It is crucial to correct the pitfall. Otherwise, it could affect the ontology consistency, reasoning, applicability, etc.
- **Important**  : Though not critical for ontology function, it is important to correct this type of pitfall.
- **Minor**  : It is not really a problem, but by correcting it we will make the ontology nicer.

[\[Expand All\]](#) | [\[Collapse All\]](#)

Results for P04: Creating unconnected ontology elements. 1 case | Minor 


Results for P08: Missing annotations. 50 cases | Minor 

Results for P11: Missing domain or range in properties. 2 cases | Important 

Object and/or datatype properties without domain or range (or none of them) are included in the ontology.

- This pitfall appears in the following elements:
 - › http://www.semanticweb.org/juliq/ontologies/2020/0/uni#part_of
 - › <http://www.semanticweb.org/juliq/ontologies/2020/0/uni#string>
- **Tip:** Solving this pitfall may lead to new results for other pitfalls and suggestions. We encourage you to solve all cases when needed and see what else you can get from OOPS!

Results for P13: Inverse relationships not explicitly declared. 30 cases | Minor 

Results for P20: Misusing ontology annotations. 6 cases | Minor 

Results for P22: Using different naming conventions in the ontology. ontology* | Minor 🟡

Results for P30: Equivalent classes not explicitly declared. 1 case | Important 🟠

This pitfall consists in missing the definition of equivalent classes (owl:equivalentClass) in case of duplicated concepts. When an ontology reuses terms from other ontologies, classes that have the same meaning should be defined as equivalent in order to benefit the interoperability between both ontologies.

- The following classes might be equivalent:
 - › <http://www.semanticweb.org/juliq/ontologies/2020/0/uni#Persona>,
 - <http://www.w3.org/ns/org#Role>

Results for P35: Untyped property. 4 cases | Important 🟠

An ontology element is used as a property without having been explicitly declared as such using the primitives rdf:Property, owl:ObjectProperty or owl:DatatypeProperty. This pitfall is related with the common problems listed in [8].

- This pitfall appears in the following elements:
 - › <http://xmlns.com/foaf/0.1/member>
 - › <http://www.w3.org/ns/prov#used>
 - › <http://www.w3.org/ns/prov#wasGeneratedBy>
 - › <http://www.w3.org/2004/02/skos/core#notation>

Results for P41: No license declared. ontology* | Important 🟠

The ontology metadata omits information about the license that applies to the ontology.

*This pitfall applies to the ontology in general instead of specific elements.

SUGGESTION: symmetric or transitive object properties. 4 cases

The domain and range axioms are equal for each of the following object properties. Could they be symmetric or transitive?

- › <http://www.w3.org/ns/org#linkedTo>
- › <http://www.w3.org/ns/org#reportsTo>
- › <http://www.w3.org/ns/org#hasSubOrganization>
- › <http://www.w3.org/ns/org#subOrganizationOf>

Como se puede ver respecto al informe anterior de evaluación, se ha solucionado 1 error leve tipo P02, 6 leves de tipo P08, 4 importantes de tipo P11, 1 crítico de tipo P27 y 6 importantes de tipo P34.

Por otro lado ha aparecido un error leve tipo P04 al solucionar uno de los errores importantes, al igual que 4 leves de tipo P13. Se prefieren estos errores de nivel menor a los importantes o críticos.

El resto de incidencias que son generadas por nuestra ontología consideramos que no afectan al funcionamiento de ésta.

3.9. Documentación

Se ha intentado en un primer momento generar la documentación con *Widoko*. Al tener problemas para obtenerla, se ha generado finalmente utilizando *ontospy*. Se adjunta la documentación obtenida.

Capítulo 4

Conclusiones

Durante este trabajo se ha desarrollado una ontología para modelar la estructura organizativa de las universidades españolas, así como su oferta académica. También se ha hecho incapié en especializar la ontología sobre las publicaciones del personal docente y el rol que desempeñan estos.

Se ha conseguido definir existósamente unos requisitos iniciales, a través de la especificación y las *Competency Questions*. Se ha realizado una búsqueda de recursos ontológicos y no ontológicos para reutilizar en nuestra ontología y se han abordado algunos patrones de diseño que han sido incluidos.

Tras obtener el modelo conceptual, se ha realizado la implementación en Protégé y ésta se ha refinando basándonos en la evaluación proporcionada por OOPS!, que si bien nos ha permitido mejorar el modelo final, sigue lanzando algunos errores que no consideramos que tengan impacto en el funcionamiento de éste.

La ontología y toda la documentación ha quedado publicada en el repositorio de GitHub: <https://github.com/weiter10/ontologiaUniversidad>