



**IMPLEMENTACIÓN DE UNA
ONTOLOGÍA SOBRE EL
REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO
DE BAJA TENSIÓN Y SUS REGLAS
GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL
Y AUTOMÁTICA**

**TRABAJO DE FIN DE GRADO
CURSO 2022-2023**

Alumno: Gabriel Jesús Dorta Hernández

**Tutores: Evelio José González González e
Iván Castilla Rodríguez**

ÍNDICE

1.	ABSTRACT	3
1.	RESUMEN.....	4
2.	INTRODUCCIÓN.....	5
2.1.	¿Qué es la web semántica?	5
3.	MATERIAL Y MÉTODOS	7
3.1.	Definición de la estructura	7
•	A_Diferentes_Tensiones.....	11
•	Con_Fines_especiales	11
•	De_Receptores	12
•	En_Interiores Y En_Exteriores	12
•	En_Locales.....	13
•	Para_Instalaciones_de_Enlace	13
3.2.	Definición de propiedades objeto	16
3.3.	Definición propiedades de datos.....	27
3.4.	Creación de individuos (instancias)	32
○	Inst_Alumb_Ext_1: Instalación de alumbrado exterior 1.....	34
○	Inst_Enlace_1: Instalación de Enlace 1	35
○	Inst_Gen_Baja_Tensión_1: Instalación Generadora de Baja Tensión 1	42
○	Inst_Int_o_Recep_1: Instalación Interior o Receptora 1.....	43
○	Inst_Local_Mojado_1: Instalación en Local Mojado 1.....	45
3.5.	Definición de reglas SWRL.....	46
4.	DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	50
5.	PRESUPUESTO	51
6.	ANEXO	52
7.	REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA	61

1. ABSTRACT

Finding information and open software for engineering purposes can be difficult, especially when “know-how” and resources are lacking. One potential solution for this problem is the implementation of the semantic web, a relatively new tool, with potential to interconnect documentation, information, concepts and content in general. For what is worth to us, the open source **Protégé** will allow us to create an ontologic system that can be used to generate a register of engineering activities, or as a consulting/learning software.

The implementation object of this Bachelor’s degree final project will make usage of the set of tools offered by **Protégé** to create an ontology that allows to register electrical installations collected and classified in the Low tension electrotechnics Regulation (**REBT**), using the criteria defined in the technical instructions or through the elements that compose the installation. This will let us consult information of interest via search engine or access said information navigating the class hierarchy tree.

We will also comment the possibility to generate a consultation and learning system using the classes structure presented by the ontology. Throughout this memory, we will detail certain key concepts such as classes, instances, object properties and data properties among others. In the same way, we will comment the criteria behind the elaboration process of the ontology, being this point important to understand one of the main strengths of the semantic web, which is the freedom offered to the user to generate diverse solutions to different problems.

The last part of the memory will cement the consistency of the ontology using the Semantic Web Rule Language (**SWRL** Rules), which will allow the ontology for exponentially increasing its learning capabilities.

Key words: ontology, semantic web, Protégé, REBT, SWRL

1. RESUMEN

Encontrar información y softwares libres para un uso específico en ingeniería puede resultar difícil, especialmente si no se dispone de los conocimientos o medios adecuados. Una potencial solución a este problema es la implementación y uso de web semántica, una herramienta relativamente nueva, con un poder latente para interconectar documentación, información, conceptos, y en general, contenidos de carácter diverso. En lo que a nosotros respecta, el software libre **Protégé** nos permitirá crear un sistema ontológico que puede ser utilizado como un registro para actividades de ingeniería (eléctrica en nuestro caso), o potencialmente como software de aprendizaje y/o consulta.

Entrando en las especificaciones de la implementación objeto de este Trabajo de fin de grado, se utilizarán las herramientas ofrecidas por este software para crear una ontología que permita registrar instalaciones eléctricas propias del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (**REBT**) por categorías, sean estas la tipología de dichas instalaciones según se clasifican en las instrucciones técnicas o por los diferentes elementos que las componen. Esto nos permitirá consultar toda la información de interés mediante el motor de búsqueda, o acceder a la misma mediante el árbol de jerarquía de clases.

También comentaremos la posibilidad de generar un sistema de consulta de información y/o aprendizaje a través de la estructura de clases de la ontología. A lo largo de la memoria entraremos en detalle, comentando algunos conceptos claves como son las clases, las instancias, las propiedades de objeto y de datos; de la misma manera, hablaremos de los criterios utilizados para la elaboración de la ontología. Esto último es importante, ya que una de las grandes fortalezas de la web semántica es la libertad que ofrece al usuario para generar soluciones de diversa índole a diferentes problemas.

La última parte de la memoria, además de analizar la implementación propuesta, cementará la consistencia de la ontología mediante el uso de normas Semantic Web Rule Language (**SWRL**), las cuales permitirán a la ontología incrementar exponencialmente su capacidad de aprendizaje.

Palabras clave: ontología, web semántica, Protégé, REBT, SWRL

2. INTRODUCCIÓN

La idea principal de este trabajo gira en torno a crear las bases de una ontología completa en la que quede definida en su totalidad los elementos necesarios para introducir y/o registrar instalaciones propias del **Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT)** en un sistema compatible con web semántica. Esto incluye diversas instalaciones eléctricas clasificadas por su nivel de tensión, localización, objeto, entre otros; e inclusive elementos individuales por tipo. A su vez, se especificará como las instancias de esta ontología se correlacionan a través de los niveles de jerarquía establecidos, los cuales interconectan elementos individuales con entidades globales que pueden incluir múltiples clases (metadatos).

El enfoque elegido para afrontar este proyecto surge a causa de las dificultades identificadas en lo que el acceso a información técnica específica refiere, teniendo en cuenta las dificultades que puede presentar, especialmente para un ingeniero novel, navegar a través de la información y normativa existente en materia de instalaciones eléctricas de baja tensión. La implementación reflejada en este documento debería facilitar el proceso de aprendizaje y aclimatación de los ingenieros de recién egreso al trabajo de oficina técnica y la ejecución de proyectos de instalación, facetas que son estudiadas y/o a lo largo del grado. Así también, el sistema ontológico desarrollado puede presentar una alternativa a los sistemas de registro usados generalmente en la industria, permitiendo acceder de diversas formas a información, elementos de interés, conceptos específicos, documentación clave de los proyectos realizados por la empresa y la reutilización de diseños o soluciones.

Analizaremos no solo las especificaciones de la solución propuesta, si no los métodos y criterios utilizados para afrontar la elaboración de esta. Algunos de estos pueden ser la definición de nombres de clase, esquematización del árbol de jerarquía, establecimiento de un criterio para el desarrollo de propiedades de clase, selección y extracción de datos provenientes de las **Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC)**, definición de propiedades de datos para instanciar las instalaciones junto con sus características y elementos en correlación con los datos del **REBT**, y ejemplos de implementación. Para un uso óptimo de la herramienta propuesta, también se comentará el sistema de reglas **Semantic Web Rule Language (SWRL)** definido.

2.1. *¿Qué es la web semántica?*

La web semántica es un conjunto de actividades desarrolladas por **World Wide Web Consortium (W3C)**, que consiste en la adición de metadatos semánticos y ontológicos a la **World Wide Web (WWW)**.

Las bases de la web semántica se establecen a través de 3 puntos fundamentales:

- La semántica: pretende dotar de significado interpretable a las máquinas, como información adicional que puede ser comprendida y procesada por una computadora.
- Los metadatos: datos que describen a otros datos, en nuestro contexto datos que describen recursos de la web.
- Las ontologías: es un sistema jerárquico de conceptos (*clases e individuos*) con *atributos (propiedades de dato)* y *relaciones (propiedades objeto)*, con *unidades de información interrelacionadas (inferencias)* y ciertas reglas (*reglas SWRL*) [1].

En este contexto, **Protégé** nos facilita un software de edición de ontologías y de sistemas de adquisición de conocimiento en código abierto mediante el **Web Ontology Language (OWL)** que implementa la lógica de descripción (**DL**) [2][3].

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Definición de la estructura

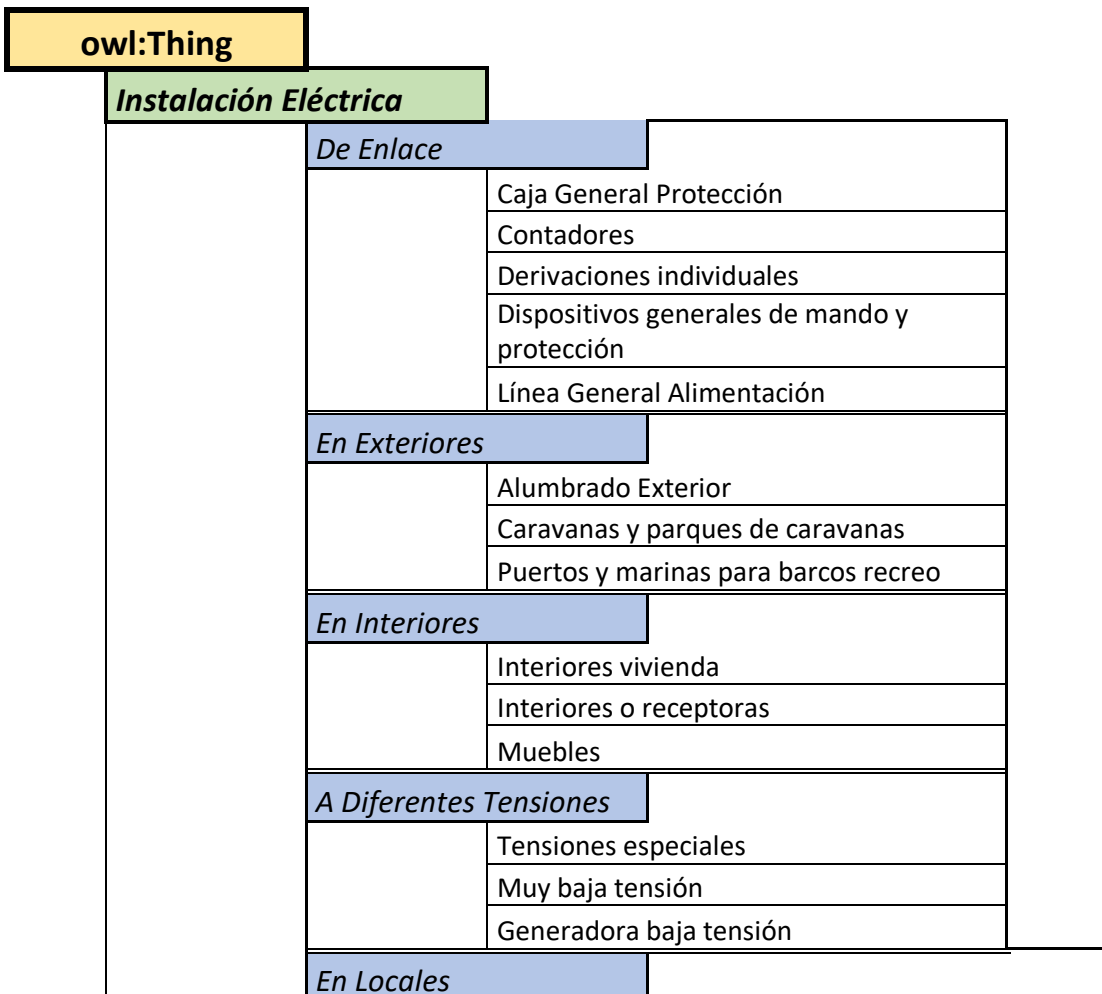
La primera parte del proceso de desarrollo consistió en revisar el **REBT** y definir la estructura que debía tener la ontología. El Reglamento de Baja Tensión está compuesto por 51 instrucciones técnicas, pero no todas ellas recogen los requisitos y características de las instalaciones objeto de este **TFG**. En la tabla 1, se muestra un listado de las instrucciones que han servido para establecer los niveles de jerarquía de la ontología, y que será de utilidad más tarde cuando se comente los datos extraídos del Reglamento [4][6]:

Tabla 1. Instalaciones REBT

INSTRUCCIÓN TÉCNICA	INSTALACIÓN CORRESPONDIENTE
ITC-BT 09	<i>Instalaciones de alumbrado exterior</i>
ITC-BT 12 a 17	<i>Instalaciones de Enlace</i>
ITC-BT 18	<i>Instalaciones de Puesta a Tierra</i>
ITC-BT 19 a 24	<i>Instalaciones interiores o receptoras</i>
ITC-BT 25 a 27	<i>Instalaciones interiores en viviendas</i>
ITC BT 28	<i>Instalaciones en locales de pública concurrencia</i>
ITC-BT 29	<i>Instalaciones en locales con riesgo de explosión o incendio</i>
ITC-BT 30	<i>Instalaciones en locales de características especiales</i>
ITC-BT 31 a 35 y 38 a 39	<i>Instalaciones en locales con fines especiales</i>
ITC-BT 36	<i>Instalaciones a Muy Baja Tensión</i>
ITC-BT 37	<i>Instalaciones a tensiones especiales</i>
ITC-BT 40	<i>Instalaciones generadoras de baja tensión</i>
ITC-BT 41	<i>Instalaciones en caravanas y parques de caravanas</i>
ITC-BT 42	<i>Instalaciones en puertos y marinas para barcos de recreo</i>
ITC-BT 43 a 48	<i>Instalación de receptores</i>
ITC-BT 49	<i>Instalaciones eléctricas en muebles</i>

INSTRUCCIÓN TÉCNICA	INSTALACIÓN CORRESPONDIENTE
ITC-BT 50	Instalaciones en locales que contienen radiadores para saunas
ITC-BT 51	Instalaciones de sistemas de automatización, gestión técnica de energía y seguridad para viviendas y edificios
ITC-BT 52	Infraestructura para la recarga de vehículos eléctricos

La primera iteración de la estructura consistía en la creación de una clase madre, hija directa de la superclase *owl:thing*, llamada *Instalación Eléctrica*, que simplemente recogía en un único nivel inferior todas las instalaciones agrupadas en la anterior tabla. Sin embargo, para realmente aprovechar todo el potencial del software **Protégé**, se decidió subclasificar las instalaciones e incluir más niveles de detalle que pudieran incluir diferentes subtipos especificados en el Reglamento. De tal manera, esto llevaría a la estructura mostrada en la siguiente figura:

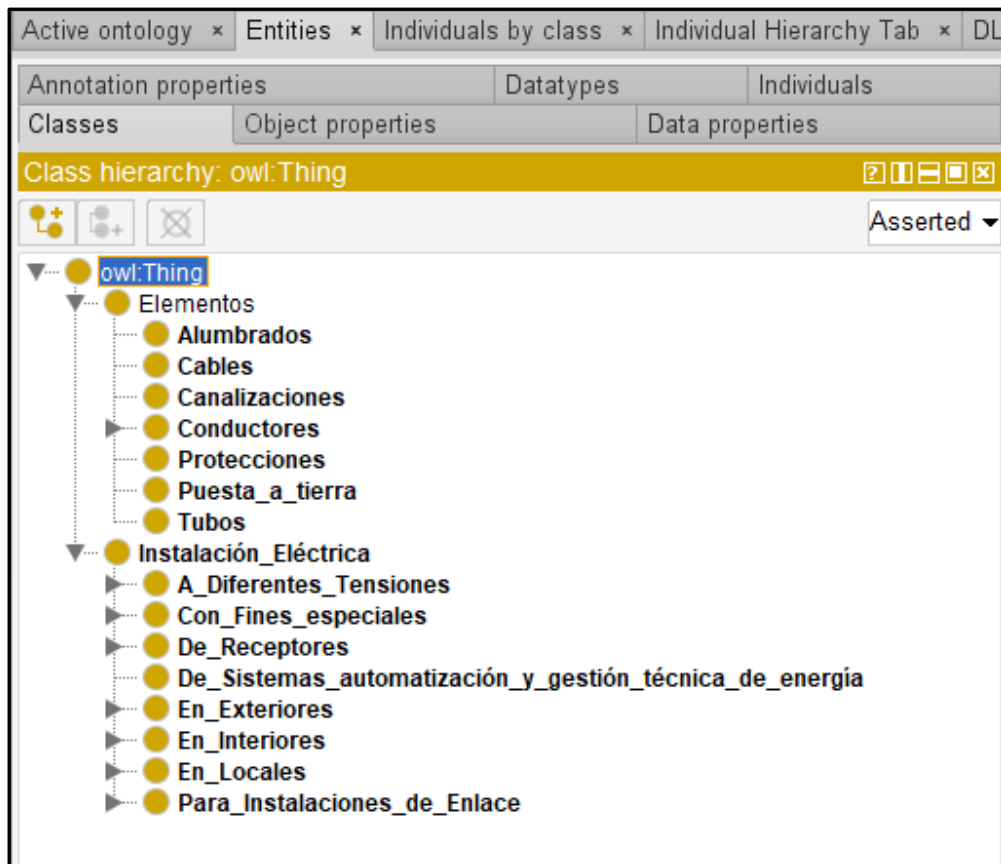


	Pública concurrencia	
	Con riesgo de incendio o explosión	
	Características especiales	
	A muy baja temperatura	
	A temperatura elevada	
	Afecto Servicio Eléctrico	
	Con Baterías acumuladoras	
	Con riesgo corrosión	
	Húmedo	
	Mojado	
	Polvorientos sin riesgo explosión	
	Otros	
	Con radiadores o saunas	
Con Fines especiales		
	Cercas eléctricas ganado	
	Establecimientos agrícolas y hortícolas	
	Ferias y stands	
	Máquinas de elevación y transporte	
	Piscinas y fuentes	
	Provisionales y temporales de obra	
	Quirófanos y salas de intervención	
	Recarga de vehículos eléctricos	
Para Receptores		
	Alumbrado Exterior	
	Aparatos de caldeo	
	Cables y folios radiantes de vivienda	
	Motores	
	Transformadores y autotransformadores	
Para Sistemas de automatización y gestión técnica de energía		

Elementos	
Cables	
Conductores	
	Equipotencialidad
	Tierra
	Protección
	Conexión
	Activos
Tubos	
Canalizaciones	
Protecciones	
Alumbrados	
Puesta a tierra	

Dentro de **Protégé**, se pueden visualizar en la pestaña superior “Entities” y en la ventana “Classes” como se muestra en la figura 1:

Figura 1. Estructura superclases Elementos e Instalación_Eléctrica



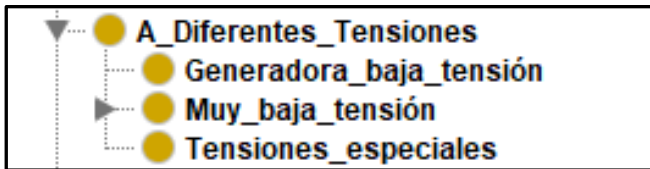
Viendo esta captura podemos encontrar la primera especificación concreta del diseño de la ontología. Como se verá más adelante, todas las instalaciones poseen elementos comunes, y muchas de ellas pueden poseer ciertos elementos característicos. Estos elementos comunes vienen especificados en la categoría *Elementos*, una clase hermana de *Instalación Eléctrica*, que podremos asociar con esta última mediante el uso de restricciones. Así pues, la clase *Elementos* incluye las subclases *Alumbrados*, *Cables*, *Canalizaciones*, *Conductores*, *Protecciones*, *Puesta a Tierra* y *Tubos*. Esto nos permite ahorrar tiempo en la definición de las propiedades de datos, a la vez que estructurar y subdividir los elementos y las características de estos.

Dejando de lado la clase *Elementos*, donde realmente reside la mayor cantidad de información y potencial de este diseño es en la agrupación de categorías para el concepto *Instalación Eléctrica*, que podemos ver que se divide en *Instalaciones A_Diferentes_Tensiones*, *Con_Fines_Especiales*, *En_Exteriores*, *En_Interiores*, *En_Locales*, *De_Receptores*, *De_Sistemas_automatización_y_gestión_técnica_de_energía*, y *Para_Instalaciones_de_Enlace*.

Se ha decidido hacer uso de preposiciones para ayudar a definir de una manera más intuitiva los tipos de instalaciones a los que nos referimos.

Las subclases que componen estas categorías se demuestran en las siguientes figuras:

Figura 2. Estructura de clase A_Diferentes_Tensiones

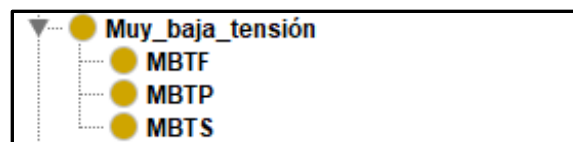


- A_Diferentes_Tensiones
Como es evidente el denominador común de esta clase son las diferentes tensiones a las que se alimentan o que producen estas instalaciones

eléctricas. Tenemos a su vez una subclase llamada *Muy_Baja_Tensión* que instalaciones a **Muy Baja Tensión de Seguridad (MBTS)**, a **Muy Baja Tensión de Protección (MBTP)** y a **Muy Baja Tensión Funcional (MBTF)**. Estas instalaciones vienen definidas en la **ITC-BT 36** por su alusión a la hora de definir y comentar instalaciones en establecimientos hortícolas y agrícolas (**Instalaciones con Fines Especiales ITC-BT 35**).

Las instalaciones **MBTS** son aquellas cuya tensión nominal no excede los 50 V de AC o los 75 V de DC cuyos circuitos disponen de aislamiento de protección y no están conectados a tierra. Los **MBTP** poseen tensiones nominales similares, pero los circuitos de protección si están conectados a tierra o a un conductor de protección. Los **MBTF** de manera análoga poseen las mismas tensiones nominales que los dos anteriores, pero están alimentados por fuentes sin aislamiento de protección o sus circuitos no tienen aislamiento de protección.

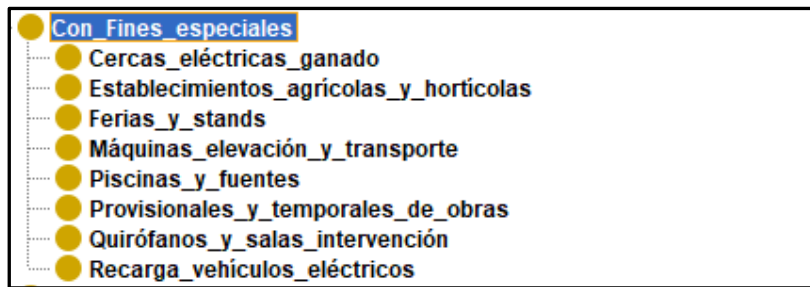
Figura 3. Estructura Muy Baja Tensión



- Con_Fines_especiales

La clase *Con_Fines_Especiales* recoge instalaciones para *Cercas_Elétricas_Ganado (ITC-BT 39)*, *Establecimientos_Agrícolas_y_Hortícolas (ITC-BT 35)*, *Ferías_y_stands (ITC-BT 34)*, *Máquinas_elevación_y_transporte (ITC-BT 32)*, *Piscinas_y_fuentes (ITC-BT 31)*, *Provisionales_y_temporales_de_obras (ITC-BT 33)* y *Quirófanos_y_salas_intervención (ITC-BT 38)*. En este caso, esta clasificación respeta la estipulada en el **REBT**.

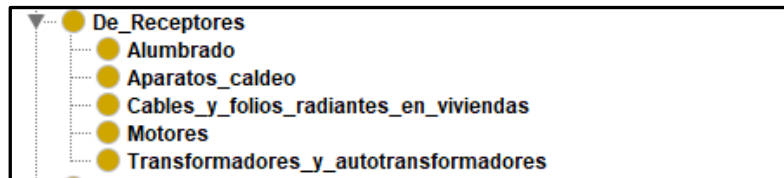
Figura 4. Estructura de clase Fines Especiales



- De_Receptores

De nuevo en este caso se ha decidido agrupar los diferentes tipos de instalación según vienen clasificados en el REBT. En este caso, la clase incluye: *Alumbrado (ITC-BT 44)*, *Aparatos Caldeo (ITC-BT 45)*, *Cables y folios radiantes en viviendas (ITC-BT 46)*, *Motores (ITC-BT 47)* y *Transformadores y autotransformadores (ITC-BT 48)*.

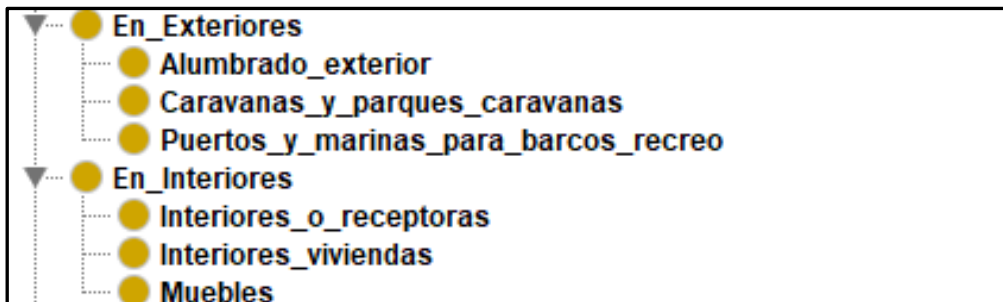
Figura 5. Estructura de clase Receptores 1



- En_Interiores Y En_Exteriores

En las dos siguientes categorías se ha decidido hacer una agrupación por ubicación, separando instalaciones localizadas generalmente en interiores y exteriores. El primer caso recoge las instalaciones definidas como *Interiores o receptoras (ITC-BT 19 a 24)*, *Interiores viviendas (ITC-BT 25 a 27)* y *Muebles (ITC-BT 49)*. En el segundo se incluye *Alumbrado Exterior (ITC-BT 09)*, *Caravanas y parques caravanas (ITC-BT 41)* y *Puertos y marinas para barcos recreo (ITC-BT 42)*.

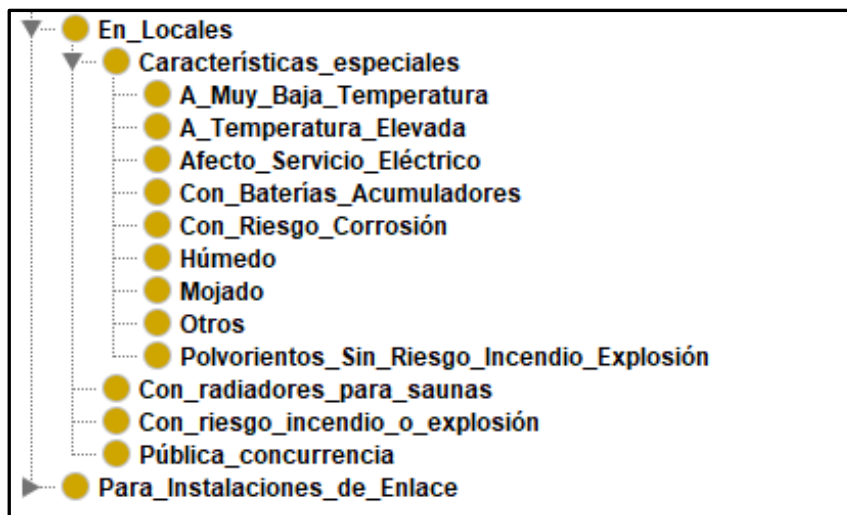
Figura 6. Estructura Interiores y exteriores



- En_Locales

En la siguiente clase se ha optado por incluir todas las instalaciones destinadas a locales, las cuales incluyen *Características especiales* (ITC-BT 30), *Con Radiadores para Saunas* (ITC-BT 50), *Con Riesgo Incendio o Explosión* (ITC-BT 29) y *Pública Concurrencia* (ITC-BT 28). A su vez, en el REBT se consideran diferentes múltiples casos para los Locales con Características Especiales: *A Muy Baja Temperatura* (ITC-BT 30-6), *A Temperatura Elevada* (ITC-BT 30-5), *Afectos Servicio Eléctrico* (ITC-BT 30-8), *Con Baterías Acumuladores* (ITC-BT 30-7), *Con Riesgo Corrosión* (ITC-BT 30-3), *Húmedo* (ITC-BT 30-1), *Mojado* (ITC-BT 30-2), *Polvorientos Sin Riesgo Incendio Explosión* (ITC-BT 30-4) u *Otros* (ITC-BT 30-9).

Figura 7. Estructura de clases Locales 1



- Para_Instalaciones_de_Enlace

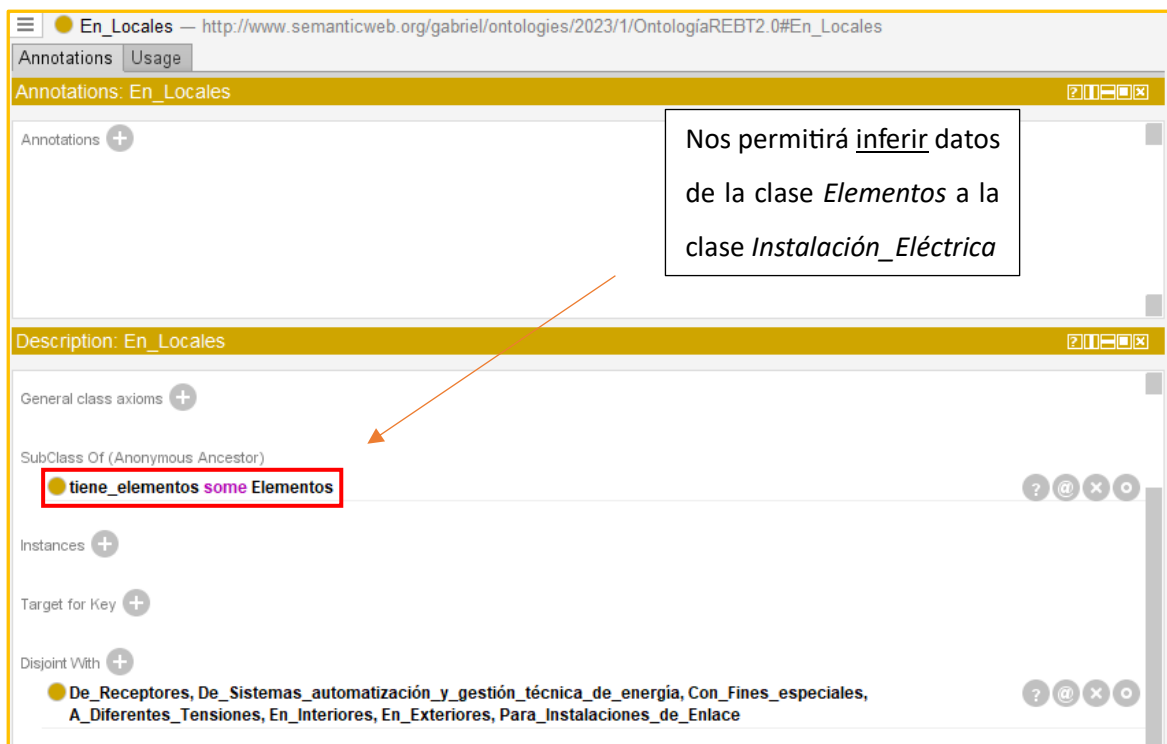
Uno de los tipos de instalación de baja tensión más recurrentes y que en este caso si viene definido de manera más extendida en el REBT, y que incluye *Caja general protección* (ITC-BT

13), *Línea_general_alimentación* (ITC-BT 14), *Derivaciones_individuales* (ITC-BT 15), *Contadores* (ITC-BT 16) y *Dispositivos_generales_mando_y_protección* (ITC-BT 17).

Para cerrar este apartado deberíamos comentar la disyunción de clases (*disjoint*). Al producir una estructura bidimensional, en la que se asciende y desciende entre niveles de jerarquía mediante propiedades objeto (como veremos a continuación), y al existir elementos paralelos que permiten un desplazamiento horizontal, hay ciertas relaciones que no se van a cumplir en esas dos dimensiones.

Por ejemplo, *Mojados* y *Húmedos* pertenecen a *Características_Especiales*, pero son objetos o clases individuales entre las cuales no existe relación directa más allá del hecho de pertenecer a la misma superclase. Un local no puede ser tipo *Húmedo* y *Mojado* a la vez, por lo que tendremos que definir esta separación en la ontología. Dentro de la ventana de clases, se permite establecer esta disyunción mediante "*Disjoint*". En la figura 8 se muestra un ejemplo dentro de la ontología:

Figura 8. Ejemplo disyunción *En_Locales*



Esto implica que las clases se disyuntan por niveles de jerarquía como se muestra en la tabla 2:

Tabla 2. Desconexiones de clases por niveles

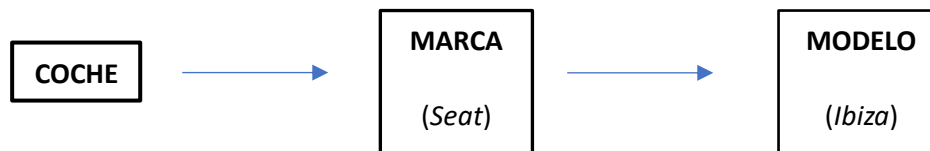
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
A_Diferentes_Tensiones	Generador_baja_tensión	
	Muy_baja_tensión	MBTP MBTF MBTS
Con_Fines_Especiales	Tensiones_especiales	
	Cerca_eléctrica_ganado	
	Establecimientos agrícolas_y_hortícolas	
	Ferias_y_stands	
	Máquinas elevación_y_transporte	
	Piscinas_y_fuentes	
	Provisionales y temporales_de_obra	
Quirófanos y_salas_intervención		
De_Receptores	Alumbrado	
	Aparatos_caldeo	
	Cables_y_folios_radiantes en_viviendas	
	Motores	
	Transformadores_y autotransformadores	
De_Sistemas_automatización y_gestión_técnica_de_energía		
En_Exteriores	Alumbrado_Exterior	
	Caravanas_y_parques caravanas	
	Puertos_y_marinas para_barcos_recreo	
En_Interiores	Interiores_o_receptoras	
	Interiores_viviendas	

	Muebles	
En_Locales	Características_especiales	A_Muy_Baja_Temperatura
		A_Temperatura_Elevada
		Afecto_Servicio_El�ctrico
		Con_Bater�as_Acumuladores
		Con_Riesgo_Corrosi�n
		H�medo
		Mojado
		Polvorientos_Sin_Riesgo
		Incendio_Explosi�n
		Otros
	Con_radiadores para_saunas	
	Con_riesgo_incendio o_explosi�n	
	P�blica_concurrencia	
Para_Instalaciones_de_Enlace	Caja_general_protecci�n	
	Contadores	
	Derivaciones_individuales	
	Dispositivos_generales mando_y_protecci�n	
	Interruptor_control potencia	
	L�nea_general_alimentaci�n	

3.2. Definición de propiedades objeto

A través de las propiedades objeto podemos crear relaciones entre las diversas clases de la ontología, de manera que trabajar en diferentes niveles de jerarquía tenga un sentido real. Pensemos en un ejemplo sencillo, todos los *Seat Ibiza* son coches, esto hace que la clase *Ibiza*

sea a su vez subclase de *Seat* y de *coche*. Pensemos ahora en un *Seat León*, poseerá las mismas propiedades que *Seat Ibiza*, pero son elementos diferentes. Esto es porque ambos modelos se relacionan con la supercategoría (superclase) *coche* y en la categoría madre *Seat*. Repitamos este razonamiento para un *Opel Astra*, sigue poseyendo las mismas propiedades (tipo de vehículos, marca y modelo); sin embargo, se diferencia en estas dos últimas [5]. Este sencillo ejemplo lo podemos extrapolar al sistema de clases de **Protégé**.



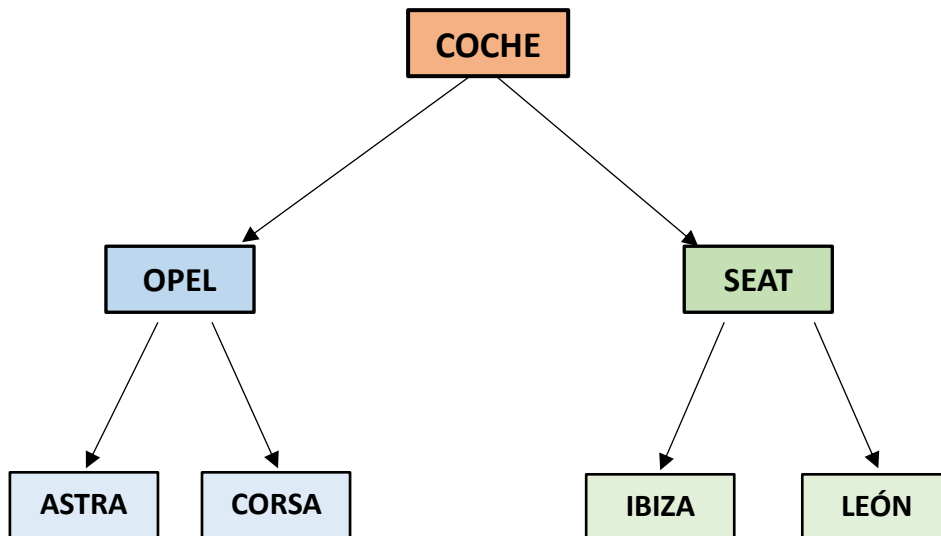
Sin embargo, con vistas a una implementación ontológica esta asociación por clases resulta inútil si no se relacionan los diferentes niveles que la componen. Volviendo al ejemplo anterior, tendremos que especificar qué relación existe entre la marca y el tipo de coche, así como entre el tipo de coche y el modelo:

- *Seat* es un coche → *es_un* sería nuestra propiedad objeto
- *Ibiza* es un *Seat* → *es_un* sería la propiedad objeto que relaciona marca y modelo

Teniendo esto en cuenta, existiendo estas dos relaciones entre los tres elementos, podemos últimamente asociar a *Ibiza* con *coche*, aunque esto es algo en lo que indagaremos más adelante.

De vuelta a nuestra ontología, existe una diferencia importante con este ejemplo utilizado y es la dimensión de esta. Entre los conceptos *coche*, *Seat* e *Ibiza* existe una evolución/relación vertical, es decir, *Seat* es hija de *coche* e *Ibiza* es hija de *Seat*. Últimamente esto implica que, por herencia, *Ibiza* es un *coche*. Sin embargo, como hemos visto en el apartado anterior, existen diversas instalaciones eléctricas recogidas en el **REBT** que no tienen por qué guardar relación entre sí. Esto nos lleva de vuelta al ejemplo del *Opel Astra*, es un *coche* igual que *Seat Ibiza*, pero las clases *marca* y *modelos* serían paralelas en el árbol de jerarquía al ser distintas.

Figura 9. Ejemplo herencia y dimensiones



Entonces, para cada relación vertical deberemos definir una propiedad objeto que relacione el elemento superior con el inferior, y cuando existan múltiples clases hijas tendremos que expandir horizontalmente esa relación al resto de elementos del nivel. A continuación se muestran las propiedades objeto definidas para establecer las relaciones necesarias entre las clases de la ontología:

Instalación Eléctrica (<i>propiedad inversa: son</i>)	
<i>destinada a</i>	Fines especiales
	Exteriores
	Interiores
	Receptores
	Locales
	Sistemas de automatización y gestión de energía
	Tensiones
	Instalaciones de enlace

En Locales (<i>propiedad inversa: integradas en</i>)	
<i>dirigidos a</i>	Características especiales
	Radiadores y saunas
	Riesgos Incendio y Explosión
	Pública Concurrencia

A Diferentes Tensiones (<i>propiedad inversa: atribuidas a</i>)	
<i>utilizadas en</i>	Muy baja tensión

	Tensiones especiales
	Generadora baja tensión

En Interiores (*propiedad inversa: situadas en*)

<i>especificadas para</i>	Interiores o receptoras
	Interiores viviendas
	Muebles

En Exteriores (*propiedad inversa: localizadas en*)

<i>destinadas a</i>	Alumbrado Exteriores
	Caravanas y parques de caravanas
	Puertos y marinas para barcos de recreo3

Con Fines especiales (*propiedad inversa: definidas como*)

<i>dedicadas a</i>	Cercas eléctricas para ganado
	Establecimientos agrícolas y hortícolas
	Ferias y stands
	Máquinas de elevación y transporte
	Piscinas y fuentes
	Provisionales y temporales de obra
	Quirófanos y salas de intervención
	Recarga de vehículos eléctricos

Para Instalaciones de enlace (*propiedad inversa: contenidas en*)

<i>contiene</i>	Caja general de protección
	Contadores
	Derivaciones Individuales
	Dispositivos generales de mando y protección
	Línea general de alimentación

De Receptores (*propiedad inversa: considerados como*)

<i>asignados a</i>	Alumbrado
	Aparatos de caldeo
	Cables y folios radiantes en viviendas
	Motores
	Transformadores y autotransformadores

Al igual que para cada par de clases de diferente nivel de jerarquía es necesario definir una propiedad objeto que las relacione, también es necesario definir una propiedad inversa que las relacione en el sentido opuesto. Es evidente que a través de la propiedad *asignados_a*, podremos relacionar *Instalación_Eléctrica* con *De_Receptores*, pero puede haber casos en los que sea necesario relacionar *De_Receptores* con *Instalación_Eléctrica*. Para ello se define en este ejemplo concreto la propiedad inversa *considerados_como*. A su vez, en un siguiente nivel tenemos:

Características especiales (propiedad inversa: incluidos en)	
<i>incluye</i>	A Muy Baja Temperatura
	A Temperatura Elevada
	Afecto Servicio Eléctrico
	Con Baterías Acumuladores
	Con Riesgo Corrosión
	Húmedo
	Mojado
	Polvorientos Sin Riesgo Explosión Incendio
Otro	

Muy Baja Tensión (propiedad inversa: establecidas a)	
<i>especificadas como</i>	MBTS
	MBTP
	MBTF

Para la rama correspondiente a la clase *Elementos* también se han desarrollado propiedades objeto que relacionen todos los elementos definidos (conductores, cables, tubos, canalizaciones, protecciones, alumbrados, puesta a tierra) con esta superclase que, como veremos más adelante, nos permitirá crear inferencias que estructurarán mejor los datos.

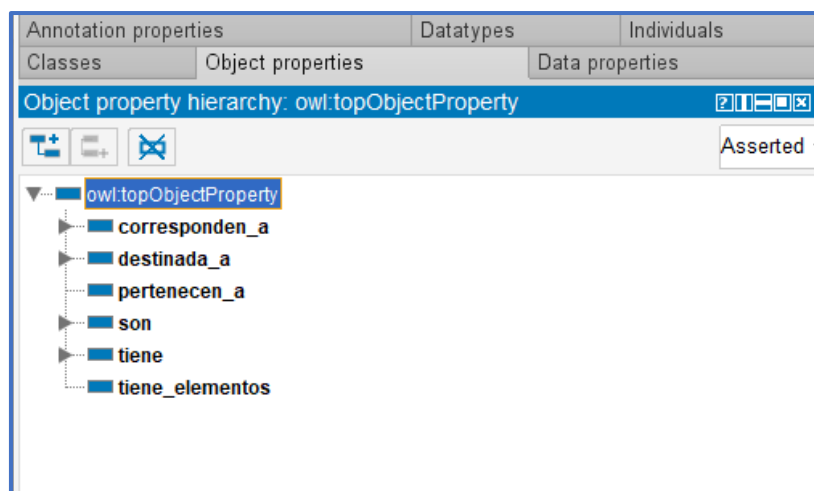
Elementos (propiedad inversa: corresponden a)	
<i>tiene</i>	Cables
	Tubos
	Puesta a tierra
	Conductores
	Tubos
	Protecciones
	Alumbrados

Conductores (propiedad inversa: tipificado como)	
<i>pueden ser</i>	Tierra
	Protección
	Equipotencialidad
	Activos
	Conexión

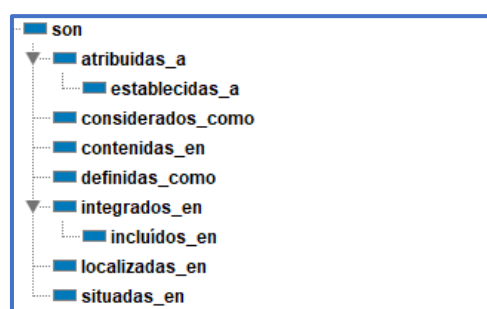
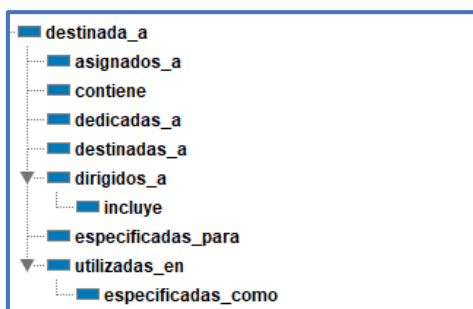
A raíz de lo que comentábamos en el párrafo anterior y en el apartado [Definición de la estructura](#), se ha creado una propiedad objeto llamada *tiene_elementos* y una homóloga inversa *pertenecen_a*, que nos van a permitir asociar los elementos instanciados como instalaciones a sus componentes definidos en las subclases de *Elementos*. Esto lo hacemos principalmente para poder hacer uso de restricciones de objeto, que habilita la creación de inferencias cruzadas dirigidas desde las instancias de las instalaciones a los elementos que la componen, y que vienen estructurados en la clase hermana de *Instalación_Eléctrica*, *Elementos* (como hemos comentado justo antes). Esta simple restricción permite a la ontología estar mucho más interconectada entre sí, a la vez que nos permitirá utilizar propiedades de datos asociadas a *Elementos* cuando instanciamos individuos de las subclases de *Instalación_Eléctrica*.

En otras palabras, esta restricción nos permite establecer una relación entre 2 o más elementos que no se preceden o suceden directamente en la estructura de la jerarquía, incluyendo de forma abstracta una de estas clases (*Elementos*) en la jerarquía de la otra (*Instalación_Eléctrica*). En las figuras 10, 11 y 12, podemos ver estas propiedades definidas en el software **Protégé**:

Figura 10. Lista de propiedades objeto



Figuras 11 y 12. Propiedades Instalación_Eléctrica



Estas propiedades poseen un dominio y un rango, el primero determina en que clase se origina la relación. Utilizando de nuevo el ejemplo del *Seat Ibiza*, la propiedad que relaciona *Seat* con *Ibiza* será *esModelo*, donde *Seat* será el dominio e *Ibiza* será el rango. A su vez podemos razonar a partir de este ejemplo, que el rango es la clase o clases que se quieren originar con la superclase, clase madre o clase origen. En la tabla 4 podemos ver un desglose de estas relaciones en lo que respecta a las propiedades directas:

Tabla 4. Propiedades objeto

Propiedad	Dominio	Rango
<i>destinada_a</i> (Propiedad inversa: <i>son</i>)	Instalación_Eléctrica	A_Diferentes_Tensiones, Con_Fines_Especiales, De_Receptores,De Sistemas automatización_y_gestión_técnica_energía, En_Exteriores, En_Locales, Para_Instalaciones_de_Enlace
<i>asignados_a</i> (Propiedad inversa: <i>considerados_como</i>)	De_Receptores	Alumbrado, Aparatos_Caldeo, Cables_y_folios_radiantes_en_viviendas, Motores, Transformadores_y_autotransformadores
<i>Contiene</i> (Propiedad inversa: <i>contenidas_en</i>)	Para_Instalaciones_de_Enlace	Caja_general_protección, Contadores, Derivaciones_Individuales, Dispositivos_generales_mando_y_protección , Interruptor_control_potencia, Línea_general_alimentación
<i>dedicadas_a</i> (Propiedad inversa: <i>definidas_como</i>)	Con_Fines_Especiales	Cercas_eléctricas_ganado, Establecimientos_agrícolas_y_hortícolas, Ferias_y_stands, Máquinas_elevación_y_transporte, Piscinas_y_fuentes, Provisionales_y_temporales_de_obras, Quirófanos_y_salas_intervención
<i>destinadas_a</i> (Propiedad inversa: <i>localizadas_en</i>)	En_Exteriores	Alumbrado_Exterior, Caravanas_y_parques_caravanas, Puertos_y_marinas_para_barcos_recreo
<i>dirigidos_a</i> (Propiedad inversa: <i>integrados_en</i>)	En_Locales	Características_especiales, Con_radiadores_para_saunas, Con_riesgo_incendio_o_explosión, Pública_concurrencia

<i>incluye</i> (Propiedad hija de dirigidos_a) (Propiedad inversa: incluidos_en)	Características_especiales	A_Muy_Baja_Temperatura, A_Temperatura_Elevada, Afecto_Servicio_El�ctrico, Con_Bater�as_Acumuladores, Con_Riesgo_Corrosi�n, H�medo, Mojado, Polvorientos_sin_riesgo_incendio_explosi�n, Otros
<i>especificadas_para</i> (Propiedad inversa: situadas_en)	En_Interiores	Interiores_o_receptoras, Interiores_viviendas, Muebles
<i>utilizadas_en</i> (Propiedad inversa: atribuidas_a)	A_Diferentes_Tensiones	Generadora_baja_tensi�n, Muy_baja_tensi�n, Tensiones_especiales
<i>especificadas_como</i> (Propiedad hija de utilizadas_en) (Propiedad inversa: establecidas_a)	Muy_baja_tensi�n	MBTF, MBTP, MBTS

De manera complementaria, podemos ver las propiedades inversas utilizadas en la tabla 5:

Tabla 5. Propiedades inversas 1

Propiedad inversa	Dominio	Rango
<i>son</i>	A_Diferentes_Tensiones, Con_Fines_Especiales, De_Receptores,De Sistemas automatizaci�n_y_gesti�n_t�cnica_energ�a, En_Exteriores, En_Locales, Para_Instalaciones_de_Enlace	Instalaci�n_El�ctrica
<i>atribuidas_a</i>	Alumbrado, Aparatos_Caldeo, Cables_y_folios_radiantes_en_viviendas, Motores, Transformadores_y_autotransformadores	De_Receptores
<i>establecidas_a</i> (Propiedad hija de atribuidas_a)	Caja_general_protecci�n, Contadores, Derivaciones_Individuales, Dispositivos_generales_mando_y_protecci�n, Interruptor_control_potencia, L�nea_general_alimentaci�n	Para_Instalaciones_de_Enlace
<i>considerados_como</i>	Cercas_el�ctricas_ganado, Establecimientos_agricolas_y_hort�colas, Ferias_y_stands, M�quinas_elevaci�n_y_transporte, Piscinas_y_fuentes, Provisionales_y_temporales_de_obras, Quir�fanos_y_salas_intervenci�n	Con_Fines_Especiales
<i>contenidas_en</i>	Alumbrado_Exterior, Caravanas_y_parques_caravanas, Puertos_y_marinas_para_barcos_recreo	En_Exteriores
<i>definidas_como</i>	Caracter�sticas_especiales, Con_radiadores_para_saunas, Con_riesgo_incendio_o_explosi�n, P�blica_concurrencia	En_Locales

<i>integrados_en</i>	A_Muy_Baja_Temperatura, A_Temperatura_Elevada, Afecto_Servicio_El�ctrico, Con_Bater�as_Acumuladores, Con_Riesgo_Corrosi�n, H�medo, Mojado, Polvorientos_sin_riesgo_incendio_explosi�n, Otros	Caracter�sticas_especiales
<i>incluidos_en</i> (Propiedad hija de <i>integrados_en</i>)	Interiores_o_receptoras, Interiores_viviendas, Muebles	En_Interiores
<i>localizadas_en</i>	Generadora_baja_tensi�n, Muy_baja_tensi�n, Tensiones_especiales	A_Diferentes_Tensiones
<i>situadas_en</i>	MBTF, MBTP, MBTS	Muy_baja_tensi�n

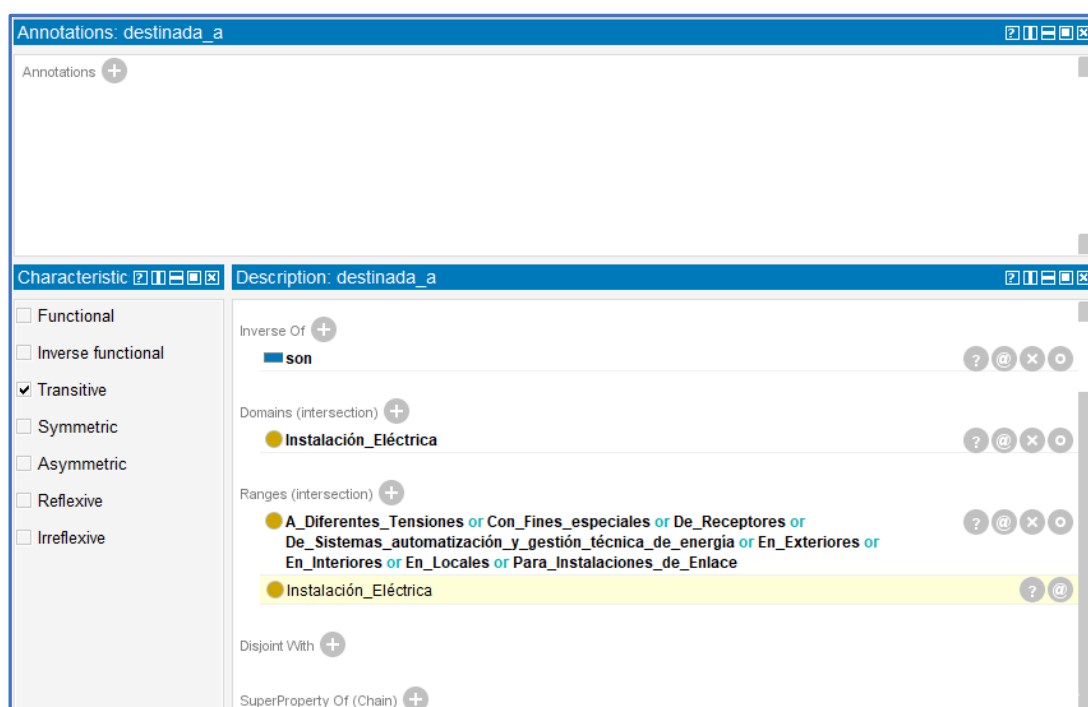
Relacionando la superclase *Elementos*, tenemos las siguientes propiedades objeto de la tabla 6:

Tabla 6. Propiedades Elementos y Paralelas

Propiedad	Dominio	Rango
<i>tiene</i> (Propiedad inversa: <i>corresponden_a</i>)	Elementos	Alumbrados, Cables, Canalizaciones, Conductores, Protecciones, Puesta_a_tierra, Tubos
<i>pueden_ser</i> (propiedad inversa: <i>tipificados_como</i>) (propiedad hija de <i>tiene</i>)	Conductores	Equipotencialidad, Protecci�n, Activos, Conexi�n, Tierra
<i>corresponden_a</i>	Alumbrados, Cables, Canalizaciones, Conductores, Protecciones, Puesta_a_tierra, Tubos	Elementos
<i>tipificados_como</i> (propiedad hija de <i>corresponden_a</i>)	Equipotencialidad, Protecci�n, Activos, Conexi�n, Tierra	Conductores

En la ventana del software **Protégé** estas asociaciones se visibilizan como se muestra en la figura 13:

Figura 13. Captura de ventana destinada_a



Es común cuando se diseña un ontología otorgar a las propiedades objeto diversas características que permiten añadir más capas de detalle y aumentar la complejidad de las relaciones entre las clases. Para nuestra ontología, debido a su estructura, no vamos a dar un excesivo uso de estas características, pero pueden ser útiles. Las características que se ha implementado han sido la asimétrica, la funcional y la inversamente funcional. De una forma muy intuitiva nos permiten restringir las asociaciones de las subclases con las superclases que las contienen, como ocurre con *De_Receptores* y sus subclases; *Para_Instalaciones_de_Enlace* y sus componentes; *Con_Fines_Especiales* y sus clases hijas; *Muy_baja_tensión* y sus subtipos, *Conductores* y sus subtipos; así como las grandes superclases *Elementos* e *Instalación Eléctrica*.

- **Propiedades funcionales**

Las propiedades que poseen la característica de funcionalidad solo permiten que se asocie un único rango a su dominio. Es decir, si asociamos mediante la propiedad *contiene* los diferentes componentes de la Instalación de Enlace (**CGP, DI, DGMP, Contadores, LGA e ICP**), estamos forzando a que todas esos componentes sean realmente el mismo individuo (*instancia*). Teniendo en cuenta como vamos a instanciar objetos en nuestra ontología, tiene sentido considerar todos los elementos hijos de *Para_Instalaciones_de_Enlace*, ya que la suma de todos ellos es lo que compone dicha instalación. La aproximación que tendremos con esta clase será un tanto diferentes a las otras, a las cuales asociamos de manera directa propiedades de dato, ya sea porque están en su dominio o porque las inferimos desde otras.

A su vez, también asociamos *Elementos* e *Instalación_Eléctrica* mediante una propiedad funcional, de esta manera, cada elemento inferido a la instalación solo podrá pertenecer a una única instalación. Por ejemplo, si se instancia una Instalación de Alumbrado exterior a la que se asocia de forma inferida diferentes elementos (Cables, Conductores, etc), esos elementos que se instancian de manera indirecta solo podrán pertenecer a esa instalación instanciada. De esta manera conseguimos aislar las diversas instalaciones entre si a través de las propiedades.

- **Propiedades inversamente funcionales**

Básicamente, son todas las propiedades inversas asociadas a propiedades que poseen la característica de la funcionalidad. Esto vuelve a ser intuitivo si pensamos en la instalación de enlace. Cuando se instancia una **CGP**, esa **CGP** solo puede estar asociada a una única instalación de enlace.

- **Propiedades asimétricas**

La asimetría impide bidireccionalidad en una propiedad, esto quiere decir que para un individuo **a**, si este se relaciona con el individuo **b** mediante la propiedad **p**, no se puede relacionar al individuo **b** con el **a** mediante esa misma propiedad **p**. Al haber implementado propiedades inversas, no es necesario forzar a las clases a relacionarse en ambos sentidos a través de esa misma propiedad. Es más, desde un punto de vista lógico, no tienen sentido que un alumbrado este asociado a un receptor, más bien al contrario, el receptor se asocia al alumbrado para que este pueda funcionar. Otro ejemplo se podría plantear con las instalaciones dedicadas a fines especiales, una cerca eléctrica para ganado no está dedicada a un fin especial (de hecho está pensada para ejercer esa función), es la instalación eléctrica con fines especiales la que se dedica a alimentar dicha cerca. [2]

Tabla 7. Características propiedades objeto

Propiedades objeto	Característica
<i>asignados_a</i>	Asimétrica
<i>contiene</i>	Funcional
<i>dedicadas_a</i>	Asimétrica
<i>utilizadas_en</i> → <i>especificadas_como</i>	Asimétrica
<i>pertenecen_a</i>	Funcional
<i>tiene_elementos</i> (nos permite asociar los elementos con las instalaciones vía restricción)	Asimétrica e Inversamente Funcional
<i>considerados_como</i>	Asimétrica
<i>contenidas_en</i>	Inversamente Funcional

Propiedad objeto	Característica
<i>definidas_como</i>	Asimétrica
<i>pueden_ser</i>	Asimétrica
<i>tipificados_como</i>	Asimétrica

3.3. Definición propiedades de datos

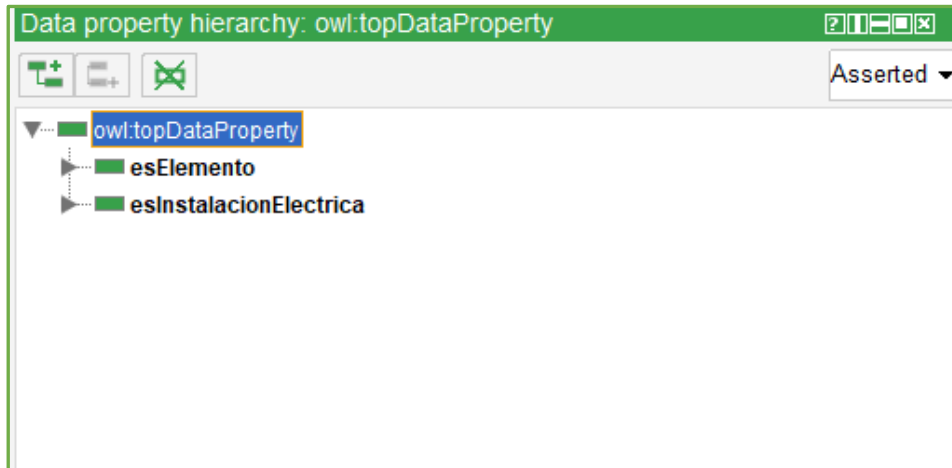
La entidad que finalmente nos permitirá definir e introducir datos en la ontología son las propiedades de dato. Estas propiedades de datos nos dan la habilidad de reducir la estructura de la ontología y las instancias necesarias para definir e introducir la información deseada.

Utilizando el mismo razonamiento que en la **Programación Orientada a Objetos (POO)**, donde las entidades serían nuestras clases/instancias y los atributos serían las propiedades de datos de estas clases, lo que haría que las propiedades objetos fueran las relaciones entre las mismas. Veremos más adelante que, en concreto, la habilidad de utilizar la inferencia para introducir datos ahorrará la necesidad de instanciar cantidades de elementos muy altas, lo que a su vez favorecerá un mayor ahorro de espacio y tiempo.

Para crear propiedades de datos, es necesario acceder a la ventana "*Data Properties*", la cual funciona de manera similar a las anteriores. En esta se pueden crear propiedades hermanas o hijas (subpropiedades). Ahora tengamos en cuenta la estructura que hemos definido y el razonamiento ya establecido con anterioridad. Según se recoge en el **REBT**, cada instalación tiene sus características concretas. Muchas de estas características pueden ser únicas, por ejemplo, los volúmenes asociados a locales con bañera o ducha no van a tomar parte en cualquiera de los otros grupos de instalaciones. Sin embargo, elementos básicos de la instalación como cableado, canalizaciones, protecciones, tuberías, etc... Son comunes en la mayoría, por no decir todas las instalaciones. Esto implica, que muchas de las propiedades de datos que creamos sean hermanas y simplemente se asignen a clases determinadas, o a múltiples clases a la vez mediante el uso de operandos lógicos (**OR**); mientras que los elementos fundamentales incluidos en la clase homónima contengan sus propios datos.

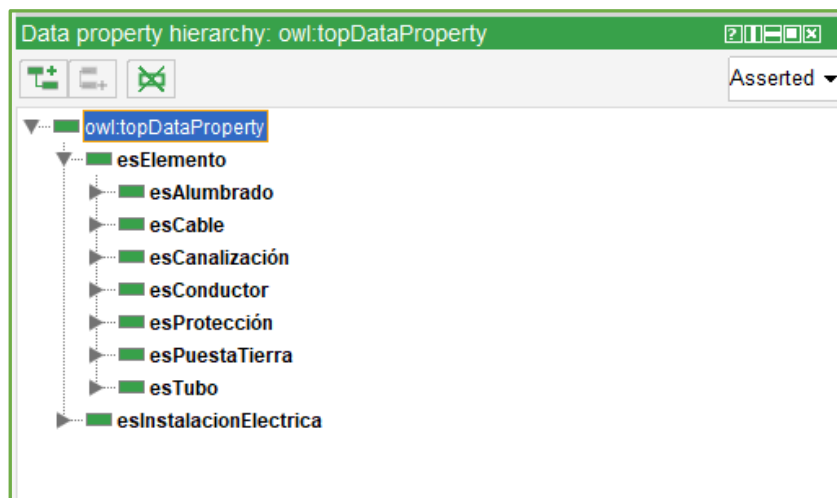
Así pues, como ya hicimos con las estructuras de clases vamos a estructurar los datos en dos grandes familias, una para las instalaciones en su conjunto y otra para los elementos básicos que siempre estarán presentes en las mismas. Dentro de cada familia crearemos subgrupos asociados a requisitos, parámetros o datos recogidos en el **REBT**. De esta manera, la estructura sería la siguiente:

Figura 14. Familias propiedades datos



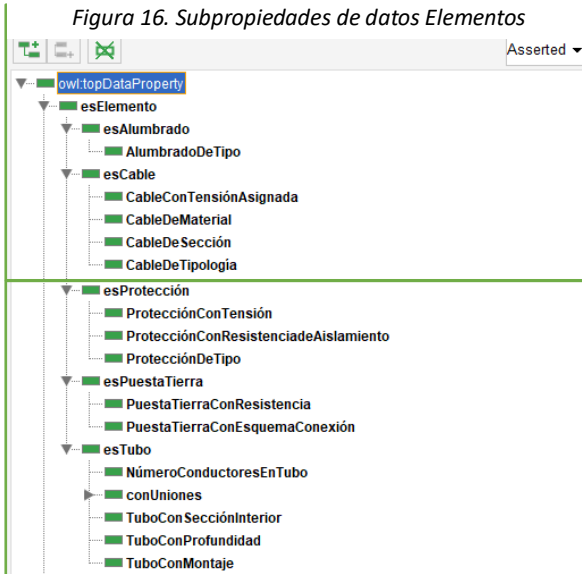
La familia *Elementos* incluye todas las subpropiedades de datos de *esElemento* las cuales son *esAlumbrado*, *esCable*, *esCanalización*, *esConductor*, *esProtección*, *esPuestaTierra*, *esTubo*.

Figura 15. Subpropiedades familia *esElemento*



De la misma manera y siguiendo el esquema de árbol de jerarquías aplicado en la estructura de clases, cada propiedad asociada a una clase dentro de la familia *Elementos* tiene subpropiedades que permiten especificar las características de la mismas.

Figura 16. Subpropiedades de datos Elementos



Algunas de estas subpropiedades incluyen nuevas subcategorías de datos. Hay que tener en cuenta que el **REBT** consta de un total de 432 páginas y 51 instrucciones técnicas [5] (290 páginas y 52 ITC en el caso de la versión actualizadas en 2023) [6], lo cual hace que la cantidad de posibles datos a extraer sea muy elevada.

Si consideramos que en muchos casos diversas condiciones implican diversas configuraciones para las instalaciones, esta

cantidad de datos es mucho mayor y probablemente se tenga que condicionar (como veremos más adelante).

Utilizaremos tipologías de datos (*rangos*) predefinidos por **Protégé**, los cuáles siempre comienzan por el prefijo “*xsd*” y son continuados por un tipo de datos estandarizado (*int*, *double*, *decimal*, *float*, *string*, *long*). En la tabla 8A se muestran todas las propiedades de datos asociadas a las clases pertenecientes a *Elementos*:

Tabla 8A. Propiedades datos Elementos 1

ELEMENTOS		
Dominio	Propiedad	Rango
Elementos	esAlumbrado	sin definir
	esCable	sin definir
	esCanalización	sin definir
	esConductor	sin definir
	esProtección	sin definir
	esPuestaTierra	sin definir
	esTubo	sin definir
Alumbrado	AlumbradoDeTipo	xsd:string
Cables	CableConTensiónAsignada	xsd:float
	CableDeMaterial	xsd:string
	CableDeSecciónMínima	xsd:float
	CableDeTipología	xsd:string
	CablesConSeparaciónMínima	xsd:float
Canalizaciones	CanalizaciónDeTipo	xsd:string
Conductores	ConductorDeTipo	sin definir
Activos or Equipotencialidad or Conexión or Protección or Tierra	ConductorConCódigoColores	xsd:string
	ConductorConTensiónAsignada	xsd:float
	ConductorDeMaterial	xsd:string
	ConductorDeSección	xsd:float

	ConductorDeSecciónMínima	<i>xsd:float</i>
Protecciones	ProtecciónConTensión	<i>xsd:float</i>
	ProtecciónConResistenciaAislamientoMax	<i>xsd:float</i>
	ProtecciónDeTipo	<i>xsd:string</i>
PuestaTierra	PuestaTierraConResistencia	<i>xsd:float</i>
	PuestaTierraConEsquemaConexion	<i>xsd:string</i>
	tieneUnionesaTierra	<i>xsd:string</i>
	ProfundidadPuestaTierra	<i>xsd:float</i>
Tubos	NumeroConductoresEnTubo	<i>xsd:float</i>
	TuboConUniones	<i>xsd:string</i>
	TuboConSecciónInterior	<i>xsd:float</i>
	TuboConProfundidad	<i>xsd:float</i>
	TuboConProfundidadMínima	<i>xsd:float</i>
	TuboConDiámetroExteriorMínimo	<i>xsd:float</i>
	TuboConDiámetroInteriorMínimo	<i>xsd:float</i>
	TuboConMontaje	<i>xsd:string</i>

Como se puede apreciar en la tabla, hay algunas propiedades que poseen rango indefinido. Esto se debe principalmente a que son propiedades madre de otras que si poseen un tipo de dato asociado, mediante los cuales se va a definir la información necesaria. Desde un punto de vista esquemático se podría prescindir de estas subagrupaciones y directamente acoplar todas las propiedades de datos justo en el nivel inferior a *esElemento*. A pesar de esto, a la hora de diseñar y estructurar es más cómodo acoplar datos en grupos, especialmente cuando se quieren rellenar los mismos a la hora de instanciar.

Observando las métricas de la ontología, el recuento total de propiedades de datos es de 176. Si consideramos que en la tabla anterior solo se muestran 33 de las mismas, podemos imaginar la extensión de los datos que se muestra en la ventana de **Protégé**. Es por esto por lo que se muestra una tabla completa (tabla A1) con todas las propiedades en el [ANEXO](#), y en este apartado nos limitaremos a comentar las propiedades de dato que forman parte de *esInstalaciónEléctrica* que se utilizan en las instancias que hemos generado en la implementación.

Tabla 8B. Propiedades datos Instalación_Eléctrica

Instalación_Eléctrica		
Propiedad	Dominio	Rango
tieneFactorPotencia	Alumbrado_Exterior or Receptores or Muy_baja_tensión	<i>xsd:float</i>
tieneEnvolventeCuadro	Alumbrado_Exterior	<i>xsd:string</i>
tieneTensiónAsignada	Cables or Generadora_baja_tensión or Interiores_o_receptoras	<i>xsd:float</i>
tienePotenciaAparente	Alumbrado_Exterior or Generadora_baja_tensión	<i>xsd:float</i>

tieneProtecciónContraFuego	Ferías_y_stands or Línea_general_alimentación or Alumbrado_exterior	<i>xsd:string</i>
tieneDerivaciónIndividual	Para_Instalaciones_de_Enlace	<i>sin definir</i>
DistanciaTapasRegistroDI	Derivaciones_Individuales	<i>xsd:float</i>
tieneAcometida	Alumbrado_Exterior or Para_Instalaciones_de_Enlace	<i>xsd:string</i>
CGPConUbicación	Caja_general_protección	<i>xsd:string</i>
CGPConDispositivoLecturaAltura	Caja_general_protección	<i>xsd:float</i>
CGPConAltura	Caja_general_protección	<i>xsd:float</i>
CGPConAlturaMáxima	Caja_general_protección	<i>xsd:float</i>
CGPConAlturaMínima	Caja_general_protección	<i>xsd:float</i>
CGPConProtección	Caja_general_protección	<i>xsd:string</i>
DGMPConInterruptorAutomáticoCorteOmnipolar	Dispositivo_general_mando_y_protección	<i>xsd:string</i>
DGMPConProtecciónEnvolvertes	Dispositivo_general_mando_y_protección	<i>xsd:string</i>
DGMPCDeAltura	Dispositivo_general_mando_y_protección	<i>xsd:float</i>
DIConDiámetroExterior	Derivaciones_Individuales	<i>xsd:float</i>
DIConCajaRegistroPrecintable	Derivaciones_Individuales	<i>xsd:string</i>
DistanciaTapasRegistroDI	Derivaciones_Individuales	<i>xsd:float</i>
LGAConConducto	Línea_general_alimentación	<i>xsd:string</i>
LGADeDiámetro	Línea_general_alimentación	<i>xsd:float</i>
LGAConCortafuegos	Línea_general_alimentación	<i>xsd:string</i>
LGAConTapaRegistro	Línea_general_alimentación	<i>xsd:string</i>
LGAConOrientación	Línea_general_alimentación	<i>xsd:string</i>
tieneProtecciónSobretensiones	Dispositivo_general_mando_y_protección or Generadora_baja_tensión or Interiores_o_receptoras or Interiores_viviendas	<i>xsd:string</i>
tiene_SistemaConmutación	Generadora_baja_tensión	<i>xsd:string</i>
tieneProtecciónChoquesEléctricos	Provisionales_y_temporales_de_obras or Generadora_baja_tensión	<i>xsd:string</i>
tieneTensiónDeContacto	Interiores_o_receptoras	<i>xsd:float</i>
tieneTensiónUtilización	Interiores_viviendas or Generadora_baja_tensión	<i>sin definir</i>
FormaDeOnda	Generadora_baja_tensión	<i>xsd:string</i>
TensiónTrifásica	Generadora_baja_tensión	<i>xsd:float</i>
tieneSistemaDistribución	Generadora_baja_tensión or Interiores_o_receptoras	<i>xsd:string</i>
Categorial	Dispositivo_general_mando_y_protección or Generadora_baja_tensión or Interiores_o_receptoras or Interiores_viviendas	<i>xsd:string</i>

tieneMBTS	Muy_baja_tensión or (Establecimientos_agrícolas_y_hortícolas or Ferias_y_stands or Interiores_o_receptoras or Interiores_viviendas or Piscinas_y_fuentes or Provisionales_y_temporales_de_obras or Puertos_y_marinas_para_barcos_recreo or Quirófanos_y_salas_intervención)	<i>sin definir</i>
InstalaciónTieneLongitudMáxima	Interiores_o_receptoras	<i>xsd:float</i>
tieneCanalesProtectoras	Interiores_o_receptoras	<i>xsd:string</i>
TensionEnsayoDC	Muy_baja_tensión or (Establecimientos_agrícolas_y_hortícolas or Ferias_y_stands or Interiores_o_receptoras or Interiores_viviendas or Piscinas_y_fuentes or Provisionales_y_temporales_de_obras or Puertos_y_marinas_para_barcos_recreo or Quirófanos_y_salas_intervención)	<i>xsd:string</i>

A parte de estas propiedades objeto que vendrían a definir los parámetros de las instancias concretas relacionadas con estas propiedades de datos, se definen binomios o trinomios para los valores numéricos que indican diámetros, secciones o alturas. Esto serán valores mínimos o máximos que vienen reflejados a las ITC del REBT y que nos permitirán crear reglas mediante el lenguaje SWRL.

3.4. Creación de individuos (instancias)

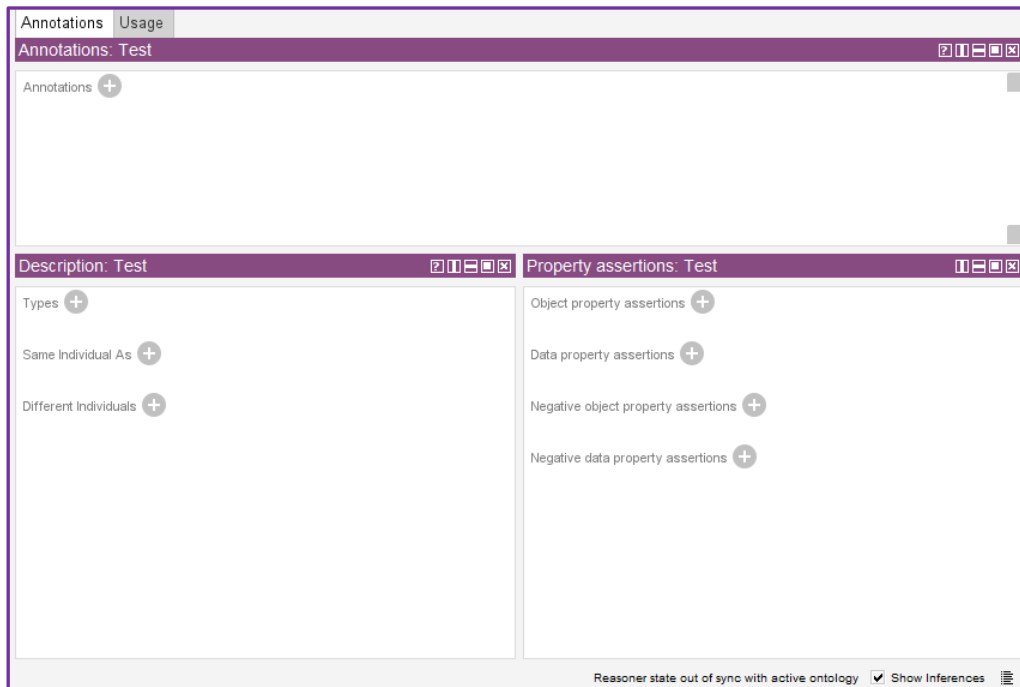
Una vez finalizadas las partes más básicas de la ontología (jerarquía y propiedades), es hora de comprobar su funcionamiento mediante la implementación de instancias. Debido a la estructura de la ontología y la cantidad de posibles datos a introducir, nos hemos limitado a crear 5 individuos, que realmente son 10 por los elementos que componen la Instalación de Enlace.

Las clases seleccionadas son *Alumbrado_exterior* que forma parte del subtipo *En_Exteriores*; *Para_Instalaciones_de_Enlace* que a su vez posee los subtipos *Línea_general_alimentación*, *Derivación_Individual*, *Contadores*, *Dispositivo_general_mando_y_protección* y *Caja_general_protección*; *Generadora_baja_tensión* que forma parte de la subclase *A_Diferentes_Tensiones*; *Interior_o_receptora* que forma parte de *En_Interiores*; y *Mojado* que es parte de *En_Locales* y a su vez de *Características_especiales*.

Para la creación de individuos, es necesario desplazarse a la ventana “*Individuals*”, dentro de “*Entities*”. Los principales parámetros de descripción a rellenar son “*Types*”, “*Same Individual As*” y “*Different Individuals*”. En principio haciendo uso de “*Types*” y gracias a la estructura y

propiedades de la ontología se pueden obviar las otras categorías, sin embargo nosotros vamos a definir explícitamente estas diferencias o igualdades mediante estas 2 últimas casillas. Esto se muestra en la figura 17:

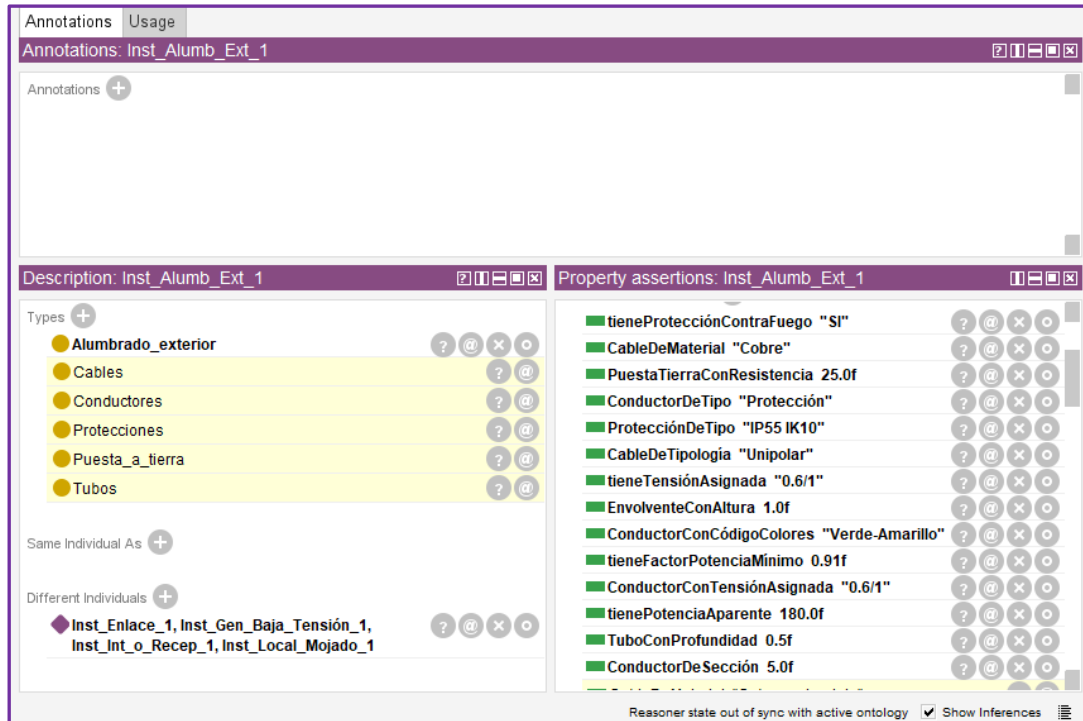
Figura 17. Ventana de Individuos



Antes de comentar los objetos instanciados es importante recalcar que el objetivo principal de este trabajo no es la introducción de instalaciones reales en la ontología, si no la comprobación de la consistencia de la ontología mediante elementos abstractos que no tienen por qué representar, a este nivel, elementos o instalaciones reales. En los siguientes apartados, mostraremos a través de figuras como la 18 como se han configurado las instancias:

- Inst_Alumb_Ext_1: Instalación de alumbrado exterior 1

Figura 18. Individuo Instalación Alumbrado Exterior 1



Tras sincronizar el “Reasoner”, vemos que el propio programa infiere otras clases. Esto está relacionado con lo que comentábamos anteriormente, la restricción a la propiedad definida en la ventana clases sobre la categoría *Instalación_Eléctrica* nos permite utilizar tipos de datos asociados a otras instalaciones. Si no fuera así, tendríamos que definir todos los elementos que componen cada una de las instalaciones e instanciarlos.

También se ha decidido declarar como una instancia diferente al resto de individuos declarados, con el mero objetivo de evitar problemas de superposición.

Los datos de la instalación se esquematizan con detalle en la tabla 9:

Tabla 9. Datos Inst_Alumb_Ext_1 1

Parámetro	Valor
Sección del conductor	5 mm ²
Protección contra fuego	Si
Material del cableado	Cobre
Resistencia de la puesta a tierra	25Ω
Tipo de conductor utilizado	De Protección
Protección utilizada	IP55 IK10
Tipo de cable	Unipolar
Tensión asignada	0.6/1 kV

Parámetro	Valor
Parámetro	Valor
Altura de la envolvente del cuadro	1 m
Código de colores del conductor	Verde amarillo
Factor de potencia mínimo de la instalación	0.91
Tensión asignada del conductor	0.6/1 kV
Profundidad del tubo	0.5 m

- Inst_Enlace_1: Instalación de Enlace 1

Figura 19. Individuo Instalación Enlace 1

The screenshot displays the Protégé interface for the individual `Inst_Enlace_1`. The main window shows the following sections:

- Annotations:** A tab labeled 'Usage' is active. Below it, the `rdf:comment` property is expanded, showing a text block: "Para una mejor categorización de los datos, es recomendable instanciar las partes de la instalación de forma individual, de manera que queden mejor descritos los datos. De todas formas, si se deseara, sería posible introducir todos los datos necesarios gracias a las inferencias establecidas por las propiedades de datos y la restricción que relaciona la superclase Elementos con la superclase Instalación_Eléctrica."
- Description:** A section titled 'Inst_Enlace_1' containing a list of properties:
 - Derivaciones_individuales
 - Dispositivos_generales_mando_y_protección
 - Línea_general_alimentación
 - Protecciones
 - tubos
- Property assertions:** A section titled 'Inst_Enlace_1' showing a list of object property assertions:
 - contenidas_en Inst_Enlace_1
 - contiene Inst_Enlace_1
 - contenidas_en CGP_1
 - contenidas_en DGMPC_1
 - contenidas_en Contadores_1
 - contenidas_en LGA_1
 - contenidas_en DI_1
 - contiene CGP_1
 - contiene DGMPC_1
 - contiene Contadores_1
 - contiene LGA_1
 - contiene DI_1
 - destinado_a CGP_1
- Same Individual As:** A section showing instances:
 - DI_1
 - LGA_1
 - CGP_1, Contadores_1, DGMPC_1
- Different Individuals:** A section showing instances:
 - Inst_Alumb_Ext_1, Inst_Gen_Baja_Tensión_1, Inst_Int_o_Recep_1, Inst_Local_Mojado_1

At the bottom right of the interface, the status bar indicates 'Reasoner active' and 'Show Inferences' is checked.

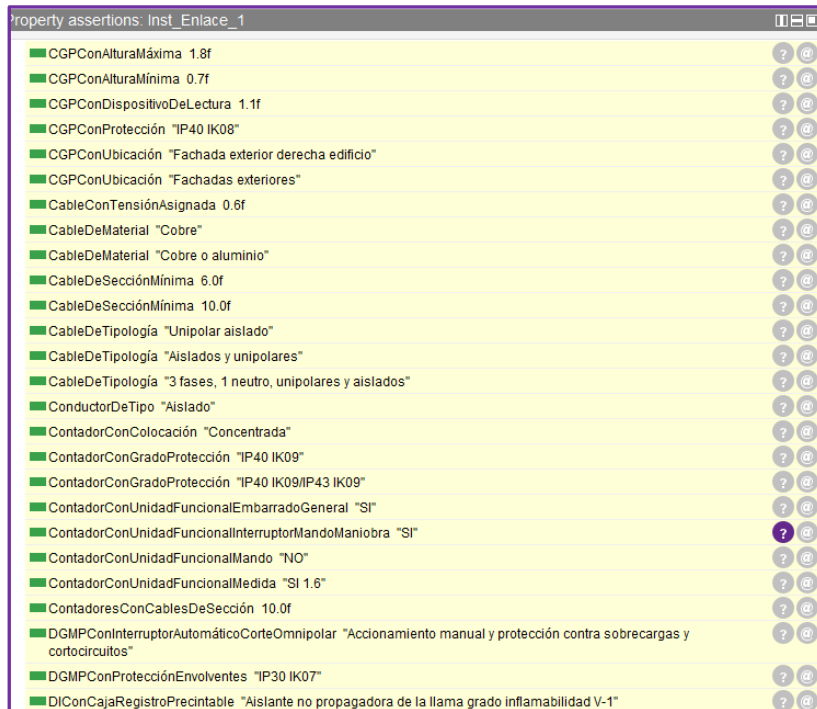
El tipo de esta clase será *Para_Instalaciones_de_Enlace*, y podemos ver diferencias de por si con la clase anterior. Para empezar, vemos que se han declarado varios individuos como iguales y otros tantos están inferidos. Esto se debe a lo que comentábamos antes, cada componente de la instalación de enlace la conforma en su conjunto.

Por otro lado, vemos una gran cantidad de propiedades objeto inferidas, esto se debe al hecho que acabamos de comentar, cada elemento conforma el conjunto. Si nos fijamos a continuación, vemos una de las características más interesantes del uso de **Protégé**, sus propiedades y las restricciones.

Figura 20. Propiedades de datos asertadas



Figura 21. Algunas propiedades inferidas



En la figura 21 se muestran solo algunas de las propiedades inferidas a la instalación. Hay que recalcar que algunas de estas se tratan de reglas SWRL ya generadas, pero la opción de poder correlacionar clases de diferentes niveles mediante la inferencia da un alto grado de complejidad y detalle a la ontología.

En la tabla 10 mostraremos los datos introducidos directamente en *Inst_Enlace_1*:

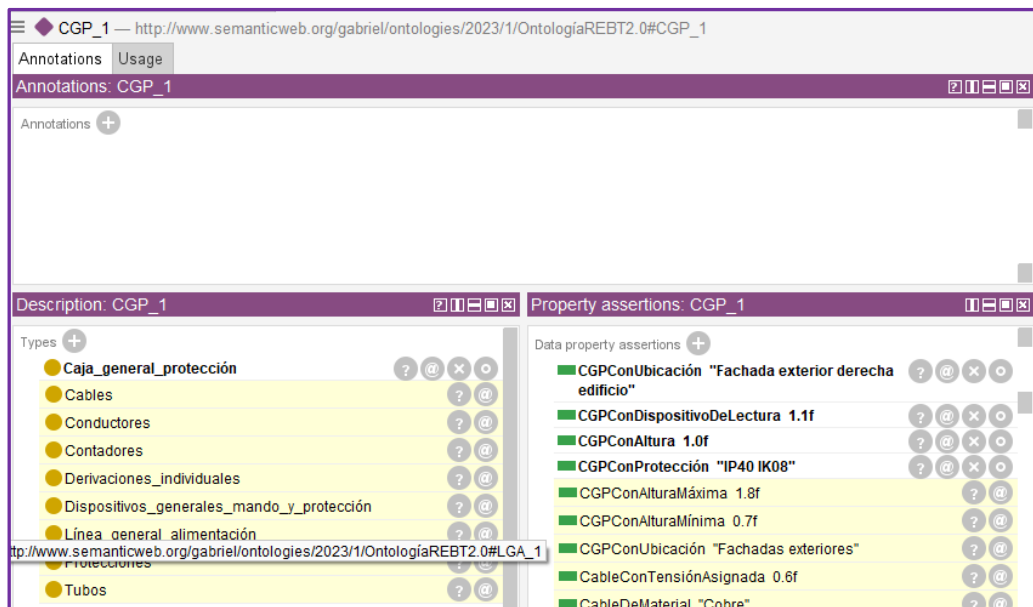
Tabla 10. Datos *Inst_Enlace_1* 1

Parámetro	Valor
Tipo de conductor	Aislado en tubo empotrado
Montaje del tubo	Empotrado
Tipo de protección	Contra Corrosión
Tipo de cable	Aislado unipolar no propagador de la llama
Uniones de los tubos	Embutidas
Distancia entre las tapas de registro DI	15 metros
Material del cable	Aluminio
Tipo de acometida	Subterránea
Tensión Asignada	0.6/1 kV
Sección mínima del cable	25 mm ²

Gracias a la estructura que hemos definido, podremos ver el resto de los datos que componen la instalación de enlace a través de las propiedades asignadas a sus partes. Todas estas propiedades se infieren directamente a la instancia *Inst_Enlace_1*.

- *CGP_1: Caja General de Protección 1*

Figura 22. Individuo *CGP_1* 1



En este caso los datos introducidos son los mostrados en la tabla 11:

Tabla 11. Datos CGP_1

Parámetro	Valor
Ubicación CGP	Fachada exterior derecha edificio
Altura del dispositivo lectura	1.1 metros
Altura CGP	1 metro
Grado protección CGP	IP40 IK08

- Contadores_1

Figura 23. Individuos Contadores_1

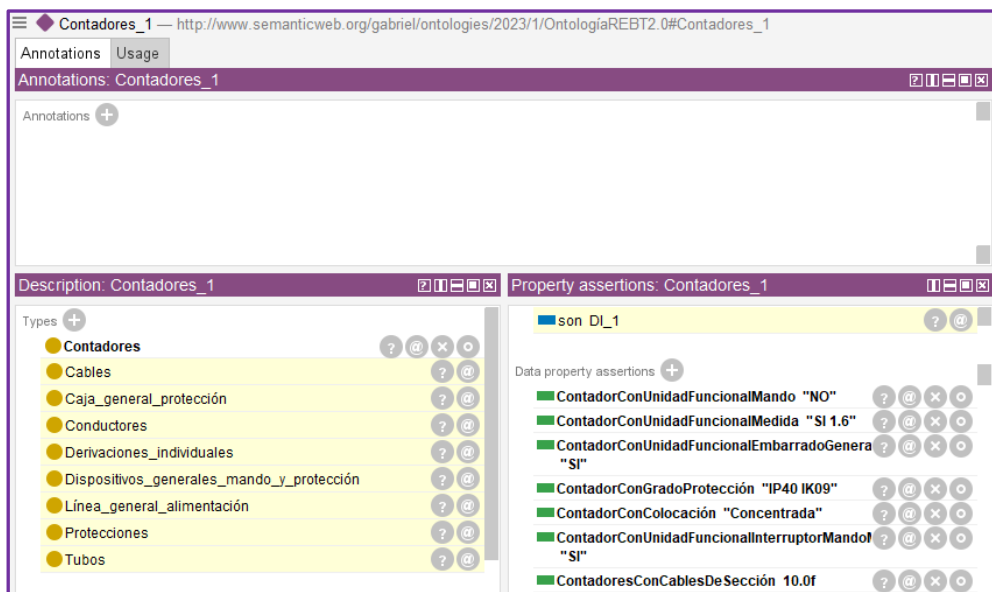


Tabla 12. Datos Contadores_1 1

Parámetros	Valores
Unidad Funcional de Mando	No
Unidad Funcional de Medida	Si
Unidad Funcional de Embarrado General	Si
Unidad Funcional de Interruptor de Mando Maniobra	Si
Grado de protección cuadro contadores	IP40 IK09
Tipo colocación contadores	Concentrada
Sección cables	10 mm ²

- DGMP_1: Dispositivo General de Mando y Protección

Figura 24. Individuo DGMP_1

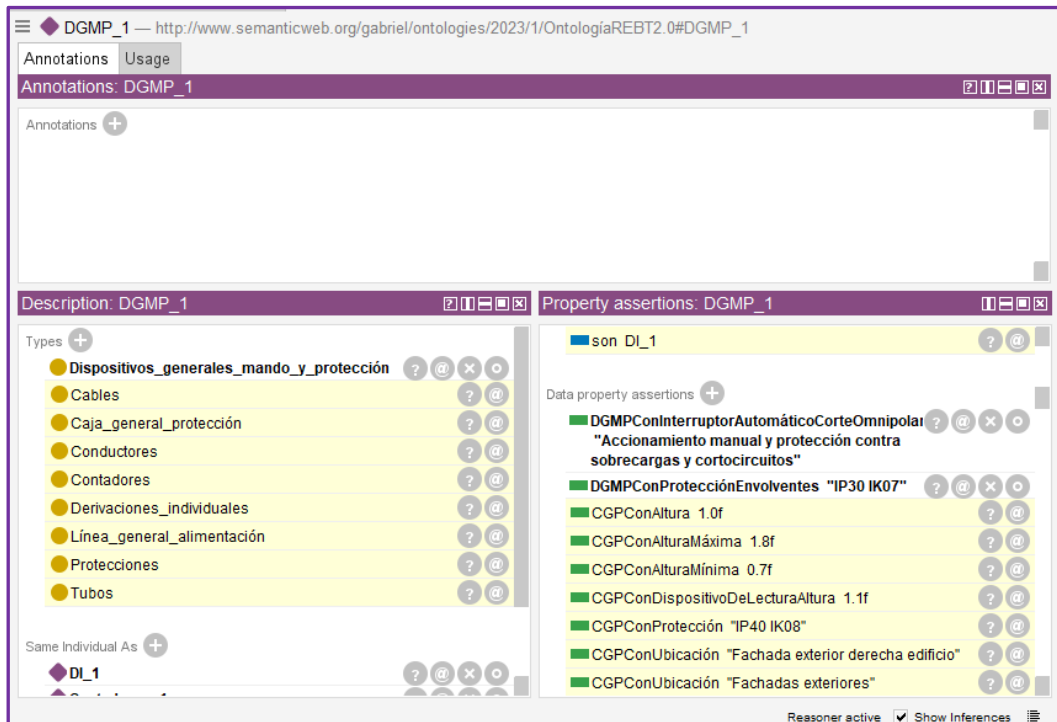


Tabla 13. Datos DGMP_1

Parámetros	Valores
Interruptor Automático Corte Omnipolar	Accionamiento manual y protección contra sobrecargas y cortocircuitos
Protección de las envolventes	IP30 IK07

- LGA_1: Línea General de Alimentación 1

Figura 25. Individuo LGA_1

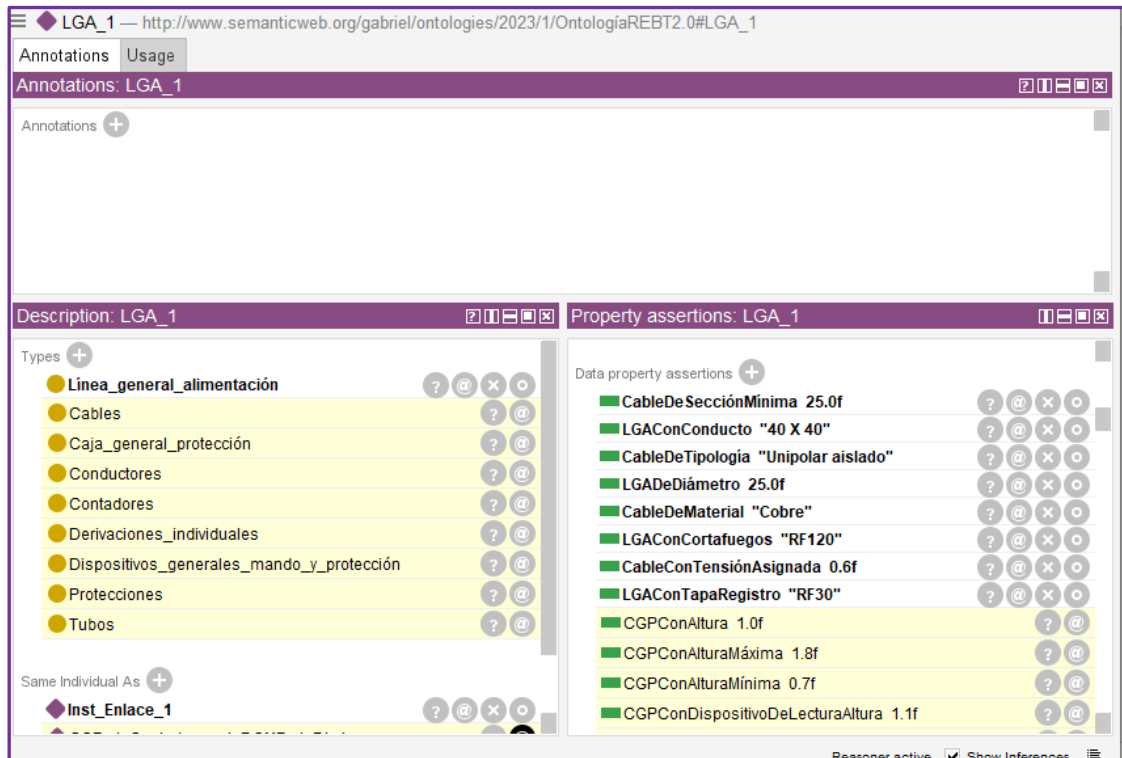


Tabla 14. Datos LGA_1

Parámetros	Valores
Sección mínima cables	25 mm ²
Conducto de dimensiones	40 x 40 cm
Tipo de cable	Unipolar aislado
Diámetro	25 mm
Material cable	Cobre
Protección cortafuegos	RF120
Tensión asignada cables	0.6/1 kV
Protección tapa de registro	RF30

- *DI_1: Derivación individual 1*

Figura 26. Individuo DI_1

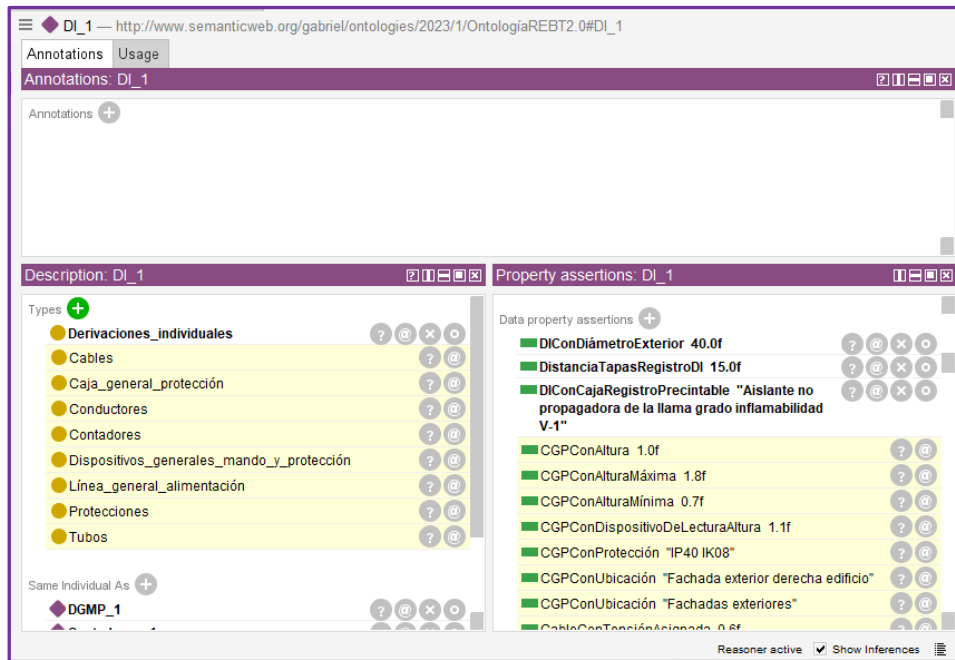


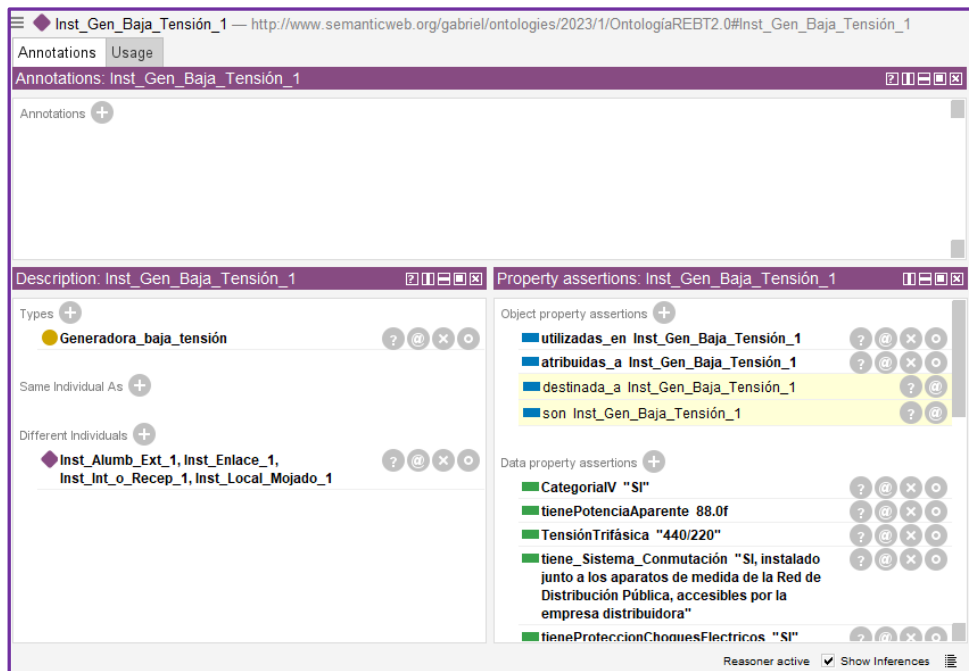
Tabla 15. Datos DI_1 1

Parámetros	Valores
Diámetro exterior	40 mm
Distancia entre tapas registro	15 metros
Caja precintable	Aislante no propagadora de la llama grado de inflamabilidad V-1

No nos hemos extendido en la explicación de estas instancias ya que todas son consideradas el mismo elemento, su tipo es evidente y se consideran diferentes al resto de instalaciones. En lo que respecta a los datos, ya han sido comentados en el apartado [Definición propiedades de datos](#).

- Inst_Gen_Baja_Tensión_1: Instalación Generadora de Baja Tensión 1

Figura 26. Individuo Inst_Gen_Baja_Tensión



En este caso podemos ver simplemente que el tipo es *Generadora_baja_tensión*, no se ha declarado como igual a ninguna clase y sin embargo si se considera diferente al resto de instalaciones. Esta instalación por su parte solo posee 2 inferencias que la relacionan con las propiedades objeto madre *destinada_a* y su inversa *son*. En lo respectivo a los datos se muestran en la figura 27:

Figura 27. Propiedades y datos insertados

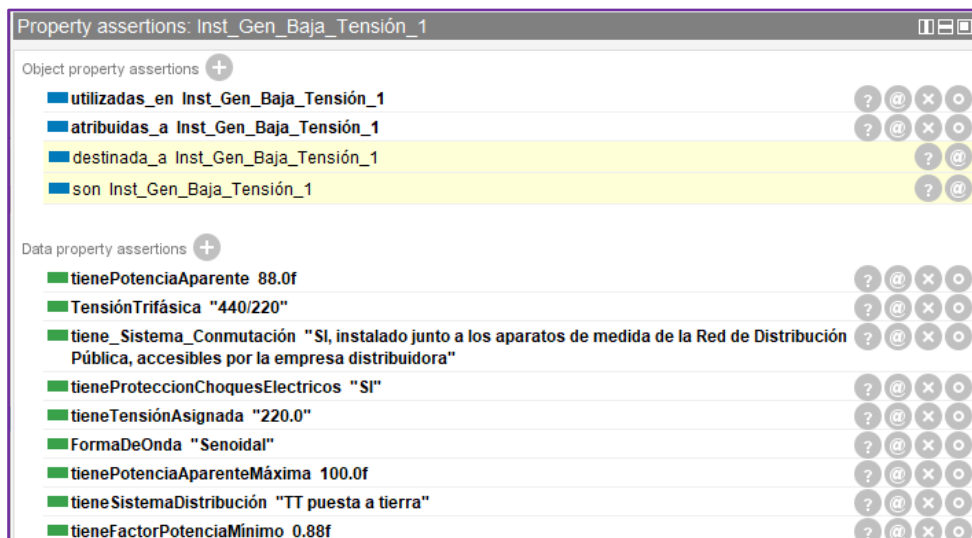
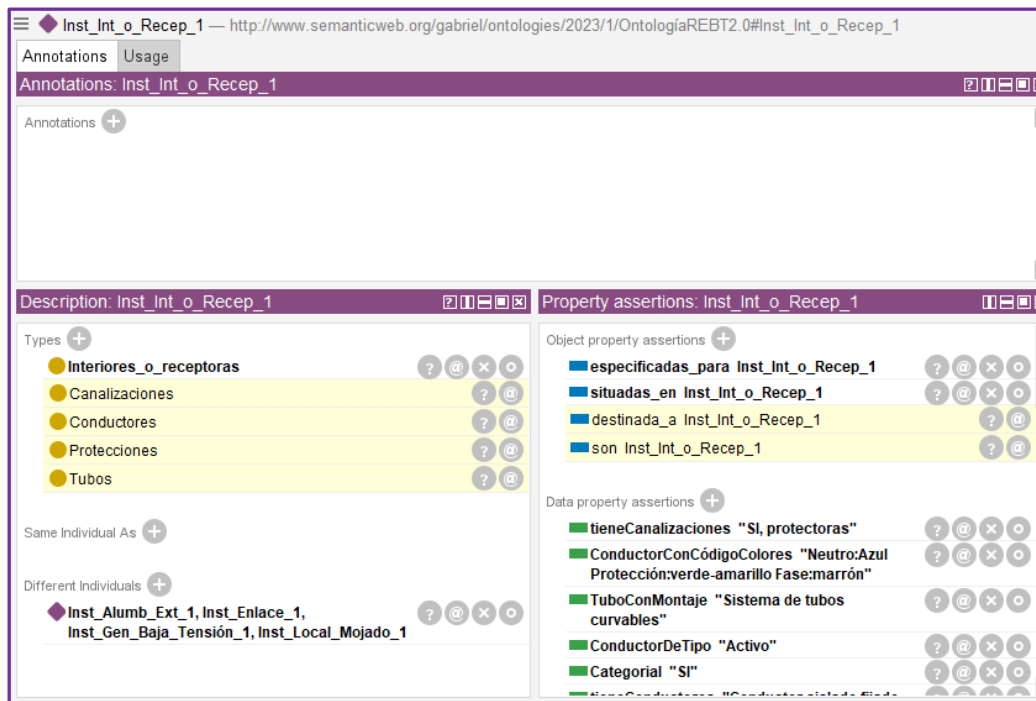


Tabla 16. Datos Inst_Gen_Baja_Tensión_1

Parámetros	Valores
Potencia Aparente	88 kVA
Tensión trifásica	440/220 V
Sistema conmutación	Si, accesible por la empresa distribuidora
Protección choques eléctricos	Si
Tensión asignada	220 V
Potencia aparente máxima	100 kVA
Sistema de distribución	TT puesta a tierra
Factor de potencia mínimo	0.88

- o Inst_Int_o_Recep_1: Instalación Interior o Receptora 1

Figura 28. Individuo Inst_Int_o_Recep_1



En lo respectivo a esta instalación, tenemos que es de tipo *Interiores_o_receptoras*, diferenciada del resto de instalaciones instanciadas, con 2 propiedades objeto declaradas y 2 inferidas.

En la figura 29, se especifican los datos introducidos:

Figura 29. Propiedades dato definidas

Propiedad	Valor
tieneCanalizaciones	"SI, protectoras"
ConductorConCódigoColores	"Neutro:Azul Protección:verde-amarillo Fase:marrón"
TuboConMontaje	"Sistema de tubos curvables"
ConductorDeTipo	"Activo"
Categorial	"SI"
tieneConductores	"Conductor aislado fijado directamente sobre pared"
ResistenciaDeAislamiento	0.5f
ConductorDeMaterial	"Cobre"
ContactosIndirectos	"SI"
ProtecciónDeTipo	"Común"
tieneTensiónAsignada	"0.6/1"
TuboConDiámetroInteriorMínimo	75.0f
ConductorDeSección	25.0f
tieneSistemaDistribución	"TT"
esCable	"Con armadura metálica"
TensionEnsayoDC	500.0f
NúmeroConductoresEnTubo	6.0f
TuboConMontaje	"Fijo empotrado"
CanalizaciónDeTipo	"Material ferromagnético"

Tabla 17. Datos Inst_Int_o_Recep_1

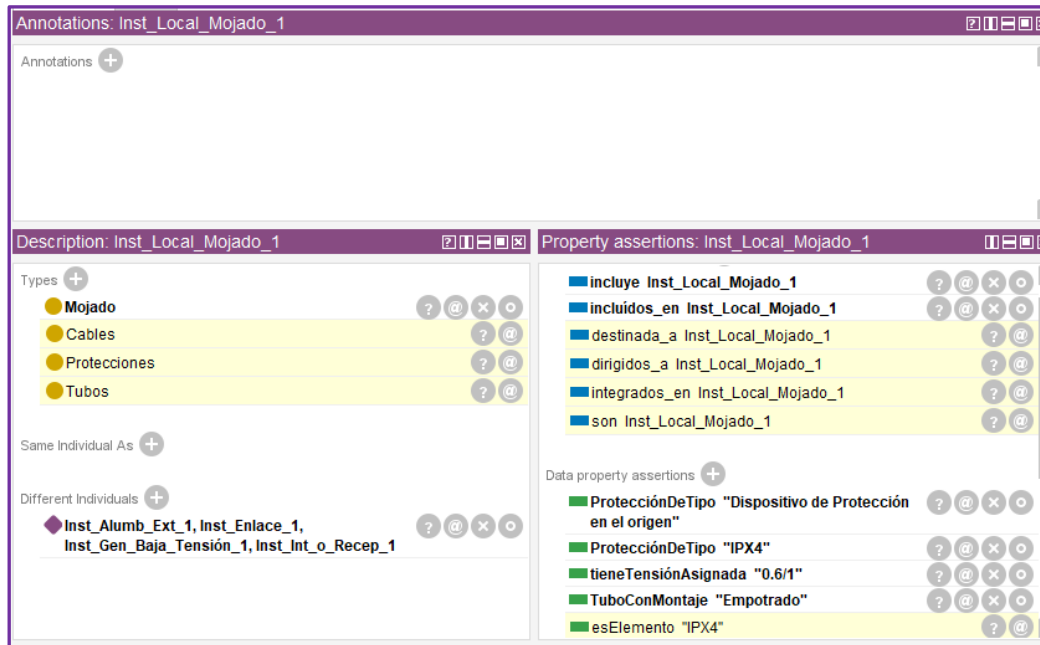
Parámetros	Valores
Canalizaciones	Protectoras
Código colores conductor	Neutro: azul, protección: verde amarillo, fase: marrón
Montaje de tubos	Sistema tubos curvables
Tipo de conductor	Activo
Conductores	Aislado fijado directamente sobre pared
Resistencia Aislamiento	0.5 MΩ
Material conductor	Cobre
Protección contra contactos indirectos	Si
Tipo de protección	Común
Tensión asignada	0.6/1 kV
Diámetro interior mínimo tubo	75 mm
Sección del conductor	25 mm
Sistema de distribución	TT
Cable	Con armadura metálica
Tensión de ensayo DC	500 V
Número de conductores en tubo	6
Montaje del tubo	Fijo empotrado
Tipo de canalización	Material ferromagnético

Esta es uno de los tipos de instalación en los que se puede apreciar la cantidad de datos que permite introducir la ontología. Cabe recordar el hecho de que no se está buscando instanciar

instalaciones necesariamente reales, simplemente estamos comprobando las capacidades de la ontología.

- Inst_Local_Mojado_1: Instalación en Local Mojado 1

Figura 30. Individuo Inst_Local_Mojado_1



En esta instalación volvemos a ver un número considerable de inferencias, esto es debido a que hay un mayor un número de niveles intermedios entre la superclase *Instalación_Eléctrica* y la subclase de la instalación *Mojado*. En el resto de niveles se cumple lo ya visto en el resto de instalaciones, por lo que vamos a pasar directamente a mostrar los datos insertados.

Figura 31. Datos Inst_Local_Mojado_1

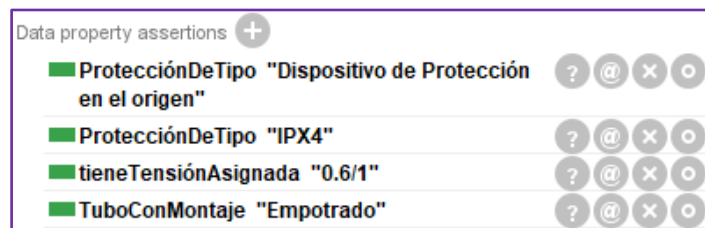


Tabla 18. Datos Inst_Local_Mojado_1

Parámetros	Valores
Tipo de protección	Dispositivo con protección en el origen
Protección de tipo	IPX4
Tensión asignada	0.6/1 kV
Montaje del tubo	Empotrado

Estas son las instancias seleccionadas y todas sus características, únicamente nos quedaría comentar la última capa de la ontología, destinada a facilitar el proceso de aprendizaje de esta mediante el uso de reglas **SWRL**.

3.5. Definición de reglas SWRL

SWRL son las siglas de **Semantic Web Rule Language**, un lenguaje creado para complementar los axiomas tipo **DL**. El **SWRL** permite crear un tipo de inferencias de un nivel mayor, además de permitir generar reglas que complementen la ontología. Las expresiones **SWRL** contienen 3 tipos:

1. Expresión de clase: asocia una variable declarada entre paréntesis como sufijo de una clase. Si los antecedentes son satisfechos, la variable se unirá a la instancia definida de la clase en cuestión. Ej: **Customer(?c)**
2. Expresión de propiedad: consiste en una propiedad acompañada de un paréntesis en el que el primer miembro es el individuo y el segundo miembro es un valor que se quiera unir a dicho individuo. Ej: **purchasedPizz(?c, ?p)**
3. Funciones Built-in: predeterminadas, permiten añadir condiciones matemáticas y tests. Ej: **swrlb:greaterthan(?np, 1)[7]**

A través de la ventana “*SWRL Tab*”, podemos definir normas que complementen las características básicas de la ontología. Por ejemplo: podríamos limitar los valores de diámetro de los conductores o los cables, de forma que, si las condiciones no se cumplen, la instancias pase a formar parte de la clase impuesta predefinida como se indicará más adelante en este apartado.

Este proceso se asocia directamente con la definición de propiedades de datos y la creación de individuos, de manera que durante el proceso es común identificar tipos de datos ausentes que son necesarios incluir en la ontología para la redacción de reglas, así como inconsistencias encontradas por el “*Reasoner*” en la redacción de reglas o en la definición de datos al instanciar objetos. Esto último suele estar relacionado con problemas con los tipos de datos, por eso se ha decidido definir únicamente 2 tipos (*xsd:string* y *xsd:float*), de forma que la redacción de las reglas así como la introducción de valores resulte más sencilla.

Las reglas a redactar se podrían separar en dos tipos, el primero consiste en reglas que nos proporcionan conocimiento inferido a las instancias y clases. Es decir, al redactar una regla

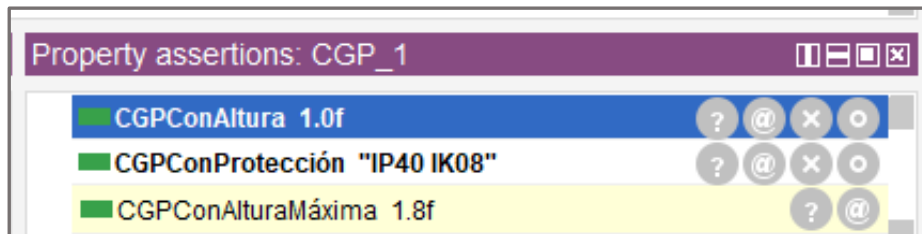
estamos automáticamente infiriendo información a las instancias de la clase expresada, como puede ocurrir con la siguiente:

Caja_general_protección(?cgp) -> CGPConAlturaMáxima(?cgp, "1.8"^^xsd:float)

En esta regla definimos que la clase *Caja_general_protección*, que forma parte de *Para_Instalación_de_Enlace*, debe estar colocada a una altura máxima de 1,8 metros [6]. En definitiva, podemos considerar que este primer grupo de reglas se limita a añadir conocimiento a las instancias, el cual puede ser utilizado directamente por el usuario para guiarse a la hora de definir una instalación.

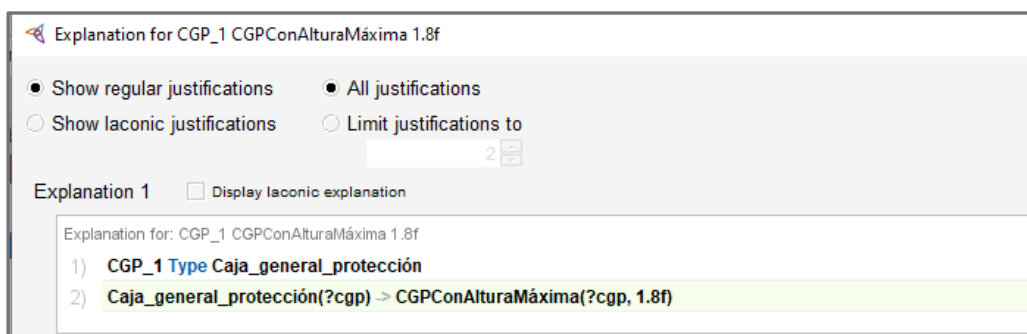
Una vez definida la regla, si nos desplazamos a la ventana “*Individuals*” podremos encontrar resaltado en amarillo el dato inferido definido por la regla:

Figura 32. Inferencia de datos mediante la implementación de una regla SWRL



Pulsando sobre el icono “*Explain inference*” que viene representado con una interrogación, tenemos acceso a posibles explicaciones para esta inferencia, confirmando así lo que comentábamos anteriormente:

Figura 33. Explicación inferencia de reglas



Esta característica ofrecida por las ontologías diseñadas a través de **Protégé** es lo que le da tanto potencial para ser aplicada en los contextos comentados en la [INTRODUCCIÓN](#). Por cuestiones de eficiencia, solo se han desarrollado reglas asociadas a los individuos ejemplo reflejados en esta memoria. Pese a esto, existen 61 reglas que se han definido únicamente para estas 5 clases por lo que se redirecciona la [tabla A3](#) del [ANEXO](#).

Establecíamos anteriormente dos tipos de reglas, habiendo comentado la primera dediquemónos a explicar en que consisten el segundo tipo. Este segundo tipo de reglas establece restricciones a la asociación de datos y clases (instancias), es decir, limita el valor de los datos que se asertan explícitamente al instanciar un individuo. Utilizando el ejemplo anterior, según lo establecido en, “los equipos de lectura y medida deberán estar instalados a una altura comprendida entre 0,7 m y 1,80 m” REBT ITC-BT 13 apartado 2.1. Emplazamiento e instalación (p.103) [6]. Ya hemos definido la altura máxima, en un proceso similar debemos definir la altura mínima que nos servirá para establecer un intervalo de aceptación, en el que la propiedad de dato *CGPConAltura* pueda poseer valores correctos de acuerdo a la normativa vigente. Aquí es donde hacemos uso de una nueva clase llamada *Instalación_Incorrecta*, que no servirá para redireccionar las instalaciones que no cumplan con los requisitos de diseño. Utilicemos ahora un ejemplo diferentes, según se recoge en el **REBT**, las instalaciones en interiores o receptoras deberán tener una tensión de contacto límite de 50 V [6]. Nuestra norma sería de la siguiente forma:

```
Interiores_o_receptoras(?ir) ^ tieneTensiónDeContactoLímite(?ir, "50.0"^^xsd:float) ^
tieneTensiónDeContacto(?ir, ?tc) ^ swrlb:greaterThan(?tc, "50.0"^^xsd:float) ->
Instalación_Incorrecta(?ir)
```

La clave para el funcionamiento de esta regla es el establecimiento de la relación mediante la expresión de propiedad *tieneTensiónDeContacto* y el uso de la función “Built-in” *swrlb:greaterThan* que define el los valores que determinan si la instalación es incorrecta o no. Tras introducir la regla el motor (“OWL + SWRL -> Drools” + “Run Drools”), vemos que *Inst_Int_o_Recep_1* se ha inferido a la clase *Instalación_Incorrecta*.

Figura 34. Ventana de Control SWRL

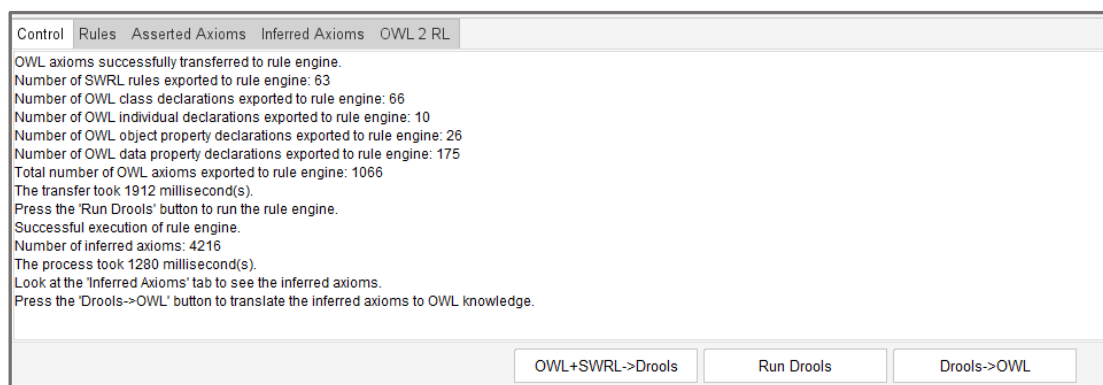
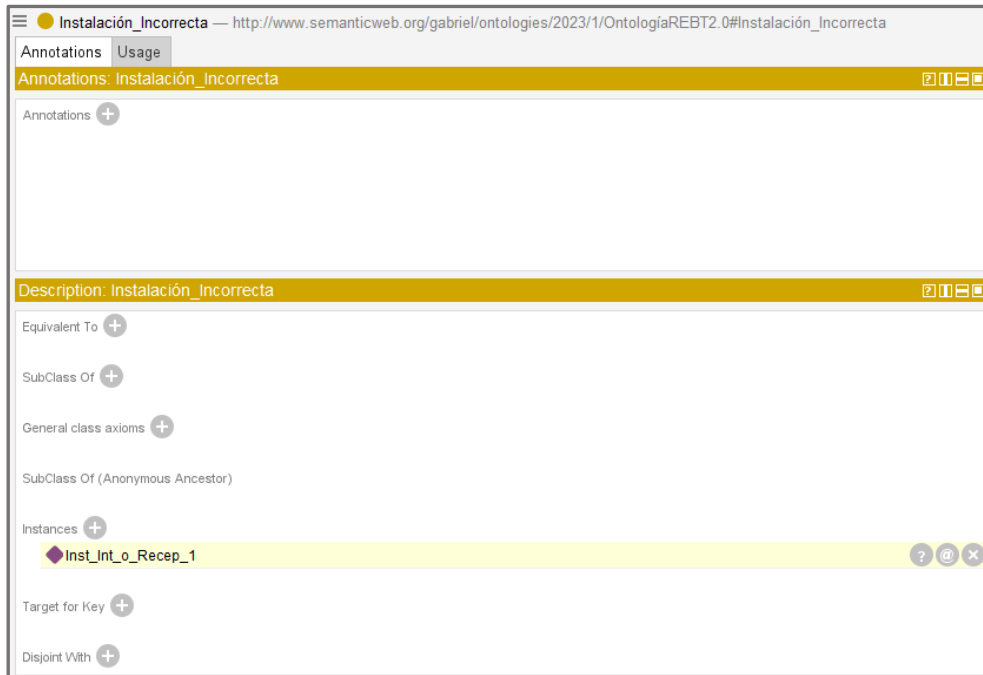


Figura 35. Inferencia por instancia incorrecta



Esto será lo que finalmente desarrolle la capacidad de la ontología como sistema de registro y comprobación de instalaciones eléctrica de baja tensión. Esto se demuestra observando los resultados del motor de reglas y los axiomas inferidos generados por el mismo en la figura 36:

Figura 36. Resultados de la implementación de reglas SWRL

```
OWL axioms successfully transferred to rule engine.  
Number of SWRL rules exported to rule engine: 72  
Number of OWL class declarations exported to rule engine: 66  
Number of OWL individual declarations exported to rule engine: 10  
Number of OWL object property declarations exported to rule engine: 26  
Number of OWL data property declarations exported to rule engine: 177  
Total number of OWL axioms exported to rule engine: 1083  
The transfer took 3932 millisecond(s).  
Press the 'Run Drools' button to run the rule engine.  
Successful execution of rule engine.  
Number of inferred axioms: 4220
```

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

A lo largo de este documento se muestra el potencial que posee el software libre **Protégé** para funcionar como un sistema aplicable en la dinámica de trabajo de un estudio de ingeniería, una oficina técnica, organizaciones gubernamentales o en instituciones de enseñanza técnica.

Pese a poseer ciertos problemas de optimización y errores en sus diversas versiones (versión 5.5.0 en concreto), está claro que mediante el sistema de clases, propiedades objeto, propiedades de datos e instancias se pueden introducir de manera esquemática e intuitiva instalaciones de diverso tipo.

Además, su sistema de reglas **SWRL** puede servir por un lado para asistir a ingenieros noveles que no estén familiarizados con el **REBT** y el desarrollo completo de instalaciones de baja tensión; y por otro para verificar instalaciones desarrolladas no solo por ingenieros inexpertos, si no por ingenieros sénior de forma que no sea necesario comprobar estas instalaciones mediante el cruce de datos entre los proyectos y la normativa.

Es importante comentar que, las ontologías compatibles con los sistemas de web semántica pueden ser subidas a la red, permitiendo así su descarga e importación dentro de ontologías más extensas, así como su modificación y mejora por otras personas (podría importarse por ejemplo la ontología realizada por **Javier Valentín Socorro Armas** en su **TFG** del curso 2021/2022 [8][9]). Lejos de ser perfecta, el valor que ofrece una ontología de estas características es la capacidad para la mejora iterativa y la colaboración entre compañeros de profesión. Traduciendo esto a un equipo de ingenieros, un sistema como este podría subirse a una intranet o carpeta compartida en la que diferentes miembros de un equipo puedan, primeramente revisarla y modificarla en el caso de que así lo consideren, así como encargarse de registrar instalaciones por tipos.

5. PRESUPUESTO

Una de las características más importantes del desarrollo de ontologías con sistemas compatibles por web semántica es la facilidad a su acceso y la libertad existente en lo relativo a la información relacionado. El software **Protégé 5.5.0** y **5.6.1** que se ha utilizado para el desarrollo de la **Ontología REBT** es libre y se puede descargar gratuitamente a través de una página facilitada por la **Universidad de Stanford** [3].

Lo mismo ocurre con la información necesaria para definir esta ontología, que es de acceso sencillo y gratuito a través de **Boletín Oficial de Estado de la Agencia Estatal (BOE)** [5][6].

Lo único realmente necesario para poder realizar este diseño es la posesión de un portátil u ordenador de mesa y conexión a internet, estimando unos dos meses para el desarrollo expuesto en este trabajo, teniendo en cuenta el salario mínimo interprofesional y el valor del dispositivo en el que se ha realizado, podríamos considerar un presupuesto como el siguiente:

- *Salario mínimo interprofesional 8,45€/hora* [10][12] → *20 horas semanales*
 - *3 meses de desarrollo (abril, mayo y junio)*
 - *Abril → 20 días laborales (4 horas diarias): 80 horas*
 - *Mayo → 23 días laborales: 92 horas*
 - *Junio → 22 días laborales: 88 horas*
- | |
|----------------------|
| 260 horas
totales |
|----------------------|
- $8,45€/hora \times 260 \text{ horas} = \underline{2.197€}$ de costes por RRHH
 - *Beneficio extra por amortización de recursos electrónicos:*
 - *Precio mensual conexión a internet (300 MB de fibra óptica) → 24,9€/mes (sin IVA) x 3 meses = 74,7€*
 - *Amortización ordenador portátil: 1.100€ (valor estimado) / 8 años (vida útil) = 137,5 € → (137,5€/12 meses) x 3 meses amortización = 34,37€*

Precio total = costes RRHH + costes de conexión a internet + amortización portátil = 2.306,07 €

Si consideráramos el salario promedio de un ingeniero tendríamos: 15,38€/hora [11][13]:

- *Costes RRHH = 3.998,8€ totales*

Precio total = 4.107,87 €

6. ANEXO

Tabla A1. Listado propiedades objeto

Instalación Eléctrica		
Propiedad	Dominio	Rango
tieneFactorPotencia	Alumbrado_Exterior or Receptores or Muy_baja_tensión	xsd:float
tieneEnvolventeCuadro	Alumbrado_Exterior	xsd:string
tieneTensiónAsignada	Cables or Generadora_baja_tensión or Interiores_o_receptoras	xsd:float
tienePotenciaAparente	Alumbrado_Exterior or Generadora_baja_tensión	xsd:float
tieneProtecciónContraFuego	Ferías_y_stands or Línea_general_alimentación or Alumbrado_exterior	xsd:string
tieneDerivaciónIndividual	Para_Instalaciones_de_Enlace	sin definir
DistanciaTapasRegistroDI	Derivaciones_Individuales	xsd:float
tieneAcometida	Alumbrado_Exterior or Para_Instalaciones_de_Enlace	xsd:string
CGPConUbicación	Caja_general_protección	xsd:string
CGPConDispositivoLectura	Caja_general_protección	xsd:float
CGPConAltura	Caja_general_protección	xsd:float
CGPConAlturaMáxima	Caja_general_protección	xsd:float
CGPConAlturaMínima	Caja_general_protección	xsd:float
CGPConProtección	Caja_general_protección	xsd:string
DGMPConInterruptorAutomáticoCorteOmnipolar	Dispositivo_general_mando_y_protección	xsd:string
DGMPCDeAltura	Dispositivo_general_mando_y_protección	xsd:float
DGMPConProtecciónEnvoltentes	Dispositivo_general_mando_y_protección	xsd:string
DIConDiámetroExterior	Derivaciones_Individuales	xsd:float
DIConCajaRegistroPrecintable	Derivaciones_Individuales	xsd:string
DistanciaTapasRegistroDI	Derivaciones_Individuales	xsd:float
LGAConConducto	Línea_general_alimentación	xsd:string
LGADeDiámetro	Línea_general_alimentación	xsd:float
LGAConCortafuegos	Línea_general_alimentación	xsd:string
LGAConOrientación	Línea_general_alimentación	xsd:string
LGAConTapaRegistro	Línea_general_alimentación	xsd:string
tieneProtecciónSobretensiones	Dispositivo_general_mando_y_protección or Generadora_baja_tensión or Interiores_o_receptoras or Interiores_viviendas	xsd:string
tiene_SistemaConmutación	Generadora_baja_tensión	xsd:string
tieneProtecciónChoquesEléctricos	Provisionales_y_temporales_de_obras or Generadora_baja_tensión	xsd:string
tieneTensiónUtilización	Interiores_viviendas or Generadora_baja_tensión	sin definir
FormaDeOnda	Generadora_baja_tensión	xsd:string
TensiónTrifásica	Generadora_baja_tensión	xsd:float

Propiedad	Dominio	Rango
TensiónMonofásica	Generadora_baja_tensión	xsd:float
tieneSistemaDistribución	Generadora_baja_tensión or Interiores_o_receptoras	xsd:string
Categorial	Dispositivo_general_mando_y_protección or Generadora_baja_tensión or Interiores_o_receptoras or Interiores_viviendas	xsd:string
tieneMBTS	Muy_baja_tensión or (Establecimientos_agrícolas_y_hortícolas or Ferias_y_stands or Interiores_o_receptoras or Interiores_viviendas or Piscinas_y_fuentes or Provisionales_y_temporales_de_obras or Puertos_y_marinas_para_barcos_recreo or Quirófanos_y_salas_intervención)	sin definir
TensionEnsayoDC	Muy_baja_tensión or (Establecimientos_agrícolas_y_hortícolas or Ferias_y_stands or Interiores_o_receptoras or Interiores_viviendas or Piscinas_y_fuentes or Provisionales_y_temporales_de_obras or Puertos_y_marinas_para_barcos_recreo or Quirófanos_y_salas_intervención)	xsd:float
contieneBañeraoDucha	Interiores_viviendas	xsd:string
debeCumplirCondiciones	A_Temperatura_Elevada or Afecto_Servicio_Eléctrico or Con_Baterías_Acumuladores or Con_Riesgo_Corrosión or Húmedo or Mojado or Polvorientos_Sin_Riesgo_Incendio_Explosión or Otros	xsd:string
deVolumen	Piscinas_y_fuentes	sin definir
Zona_0, Zona_1, Zona_2	Piscinas_y_fuentes (inferido)	xsd:string
esClase	Con_riesgo_incendio_o_explosión	sin definir
Clasel, Clasell	Con_riesgo_incendio_o_explosión (inferido)	xsd:string
esVolumen	Interiores_viviendas	sin definir
Volumen0, Volumen1, Volumen2, Volumen3	Interiores_viviendas (inferido)	xsd:string
tieneAlimentaciónServiciosSeguridad	sin definir	sin definir
tieneAlumbrado	De_Receptores or Ferias_y_stands or Provisionales_y_temporales_de_obras or Pública_concurrencia_or Quirófanos_y_salas_intervención	sin definir
AlumbradoAmbiente, AlumbradoEmergencia, AlumbradoEvacuación, AlumbradoReemplazamiento, AlumbradoZonaAltoRiesgo, tieneLuminariasAlimentadasFuenteCentral	Pública_concurrencia	sin definir
AlumbradoSeguridad	Provisionales_y_temporales_de_obras or Pública_concurrencia	sin definir

IluminanciaHorizontal, Relación_Iluminancia_Max_Min	Pública_concurrencia (Inferido)	<i>xsd:float</i>
Iluminancia_Equipos_Protección, IluminanciaHorizontalNivelSuelo, Relación_Iluminancia_Máx_Min	Pública_concurrencia (Inferido)	<i>xsd_float</i>
tieneAparamenta	Características_especiales or Cercas_eléctrica_ganado or Establecimientos_agrícolas_y_hortícolas or Ferias_y_stands or Máquinas_elevación_y_transporte or Piscinas_y_fuentes or Provisionales_y_temporales_de_obras or Puertos_y_marinas_para_barcos_recreo or Quirófanos_y_salas_intervención	<i>xsd:string</i>
tieneBateriaAcumuladores	Pública_concurrencia	<i>xsd:string</i>
tieneCables	Instalación_Elétrica (Inferido)	<i>xsd:string</i>
tieneCablesCalefactores	Cables_y_folios_radiantes_en_viviendas	<i>xsd:string</i>
tieneCajasConexión	Piscinas_y_fuentes	<i>xsd:string</i>
tieneCanalizaciones	Instalación_Elétrica (Inferido)	<i>xsd:string</i>
tieneCircuitosInteriores	Interiores_viviendas	<i>xsd:string</i>
tieneCondicionesGenerales	sin definir	<i>sin definir</i>
tieneConductores	Instalación_Elétrica (Inferido)	<i>xsd:string</i>
tieneCuadroGeneralDistribución	Pública_concurrencia	<i>xsd:string</i>
tieneDocumentación	Con_riesgo_incendio_o_explosión	<i>xsd:string</i>
tieneGeneradoresIndependientes	Pública_concurrencia	<i>xsd:string</i>
tieneICP	Para_Instalaciones_de_Enlace	<i>xsd:string</i>
tieneIntensidadMáximaAdmisible	Interiores_o_receptoras or Línea_general_alimentación	<i>xsd:float</i>
tieneLamparas	Alumbrado	<i>xsd:string</i>
tienePortalamparas	Alumbrado	<i>xsd:string</i>
tieneProtecciónChoquesEléctricos	Generadora_baja_tensión or Provisionales_y_temporales_de_obras	<i>xsd:string</i>
tieneProtecciónContactos	Instalación_Elétrica (Inferido)	<i>sin definir</i>
ContactorDirectos, ContactosIndirectos	Instalación_Elétrica (Inferido)	<i>sin definir</i>
AislamientoParteActivas, BarrerasoEnvolventes, Obstáculos, PorDispositivosCorrienteDiferencialResidual	Instalación_Elétrica (Inferido)	<i>xsd:string</i>
ConexionesEquipotencialesNoConectadasATie rra, PorCorteAutomático, PorEquiposClaseIloAislamientoEquivalente, PorSeparaciónEléctrica	Instalación_Elétrica (Inferido)	<i>xsd:string</i>
tieneProtecciónAltasTemperaturas	Ferias_y_stands	<i>xsd:string</i>
tienePuestaTierra	Instalación_Elétrica (Inferido)	<i>xsd:string</i>
tieneResistenciaAislamiento, tieneResistenciaAislamientoMáxima	Interiores_o_receptorar or Interiores_viviendas or Quirófanos_y_salas_intervención	<i>xsd:float</i>
tieneResistenciaTomaTierra	Alumbrado_exterior or Puesta_a_tierra	<i>xsd:float</i>
tieneRótulosLuminosos	Alumbrado_exterior	<i>xsd:string</i>
tieneSuministrosComplementarios	Pública_concurrencia	<i>xsd:string</i>
tieneTubos	Instalación_Elétrica (Inferido)	<i>xsd:string</i>

tieneTensiónDeContactoLímite, tieneTensiónDeContacto	Interiores_o_receptoras	xsd:float
tieneUnionesFrías	Cables_y_folios_radiantes_en_viviendas	xsd:string

Tabla A2. Valores obtenidos REBT para la redacción de normas SWRL

NORMAS SWRL		
Alumbrado_Exterior	FP	>=0,9
	Resist. Puesta a Tierra	< 30 Ω
	Protección mínima	IP55
	Protección mínima	IK10
	Altura máxima	2 m
	Altura mínima	0,3 m
	Material cables	Cu o AL
	Tipo cables	Multipolar o Unipolar
	Tensión asignada	0,6 a 1 kV
	Profundidad mínima tubos	0,4 m
	Diámetro interior tubos	>60 mm
	Sección mínima conductores	6 mm
	Conductor protección colores	verde amarillo
	Para_Instalaciones_de_Enlace	Ubicación CGP
Altura Acometida Aérea		entre 3 y 4 m
Acometida subterránea prot.		IK10
Protección CGP		IP40 IK08
Altura CGP		entre 0,7 y 1,8 m
Conductores LGA		conductores aislados
Tubos LGA		
Uniones tubos		Enroscadas o embutidas
Resistencia Fuego LGA		min RF120
Resistencia Fuera tapas registro		RF30

	Dimensiones mínimas tapa registro	30 x 30 cm
	Cables LGA	3 fase 1 neutro
	Material cables LGA	Cu o AL
	Tensión asignada LGA	0,6 a 1 kV
	Cables LGA	No propagadores de la llama
	Sección mínima cable	10 mm ² Cu/16 mm ² Al
	Conductores DI	Aislados
	Tubos DI	Enterrados, empotrados o superficiales
	Diámetro exterior Tubo DI	32 mm mín
	Uniones tubos DI	Enroscadas o embutidas
	Resistencia fuego conductos DI	RF120
	Resistencia tapa registro DI	RF30
	Distancia tapas registro DI	15 m
	Material Cables DI	Cu o Al
	Cables DI	Aislados y unipolares
	Protección contadores	IP40 e IK09 o IP43 e IK09
	Sección min cables DI	6 mm ²
Generadora_baja_tensión	Tensión utilización trif.	440/220 V
	Forma de onda	casi senoidal
	Protección Sobretensiones	Si
	Protección Sobreintensidades	Si
	Potencia aparente	<100 kV
	Sistema conmutación	Accesible Red Distribución
	Sistema distribución	TT puesta a tierra
Interior_o_receptora	Sección mínima conductores protección	2,5 mm ²

Dispositivos de desconexión	actuarán en el mismo punto de la instalación
Intensidad nominal no superior	16 A
Protección contra contactos directos	si
Protección contra contactos indirectos	si
Tensión DC MBTS Y MBTP	250 V
Resistencia aislamiento MBTS Y MBTP	$\geq 0,25 \text{ M}\Omega$
Tensión ensayo DC a menos de 500 V	500 V
Resistencia aislamiento a menos 500 V	0,5 M Ω
Tensión ensayo DC a más de 500 V	1000 V
Resistencia aislamiento a más de 500 V	$\geq 1 \text{ M}\Omega$
Longitud instalación	<100 metros
Tipo de cables permitidos	Con cubierta multipolares o unipolares
Tipos de conductores permitidos	Aislados
Tipo instalación cables	Tubos, Conductos de sección no circular, Sobre aisladores
Tipo de canalizaciones	Huecos de construcción, Canal de obra, Enterrados, empotrados en estructuras, montaje superficial o aéreo
Tensión asignada mín. cables	450/750 V
Separación mínima cables	3 cm
Sistema de tubos admisibles	Rígidos, curvables, flexibles, enterrados

	Sección mínima conductores multipolares	1,5 mm ²
	Diámetro mínimo tubos	12 mm
	Diámetro mínimo tubos enterrados	60 mm
	Protección canales protectoras	IPX4
	Tensión asignada conductor	450/750 V
	Protección contra sobrecargas	si
	Protección contra sobretensiones	si
	Protección contra contactos indirectos	Si
	Tipo protecciones por contactos indirectos	Por medio de obstáculos, aislamiento de partes activas, barreras o envolventes, por alejamiento, por dispositivos de corriente diferencial-residual
	Tiempo de interrupción	0,1 s
	Tensión de contacto límite	50 V
Mojado	Grado protección canalizaciones	IPX4
	Tensión asignada conductores	450/750 V
	Tipo tubos	Empotrados o en superficie
	Tipo de cables	Aislados
	Aparatación	Si con grado protección mínimo IPX4

Tabla A3. Reglas SWRL

REGLAS SWRL (conocimiento)
<i>Para_Instalaciones_de_Enlace(?ie) -> tieneAcometida(?ie, "Aérea entre 3 y 4 metros o subterránea")</i>
<i>Caja_general_protección(?cgp) -> CGPConAlturaMáxima(?cgp, "1.8"^^xsd:float)</i>

Caja_general_protección(?cgp) -> CGPConAlturaMínima(?cgp, "0.7"^^xsd:float)
Caja_general_protección(?cgp) -> CGPConProtección(?cgp, "IP40 IK08")
Caja_general_protección(?cgp) -> CGPConUbicación(?cgp, "Fachadas exteriores")
Línea_general_alimentación(?lga) -> CableDeTipología(?lga, "3 fases, 1 neutro, unipolares y aislados")
Línea_general_alimentación(?lga) -> LGAConTapaRegistro(?lga, "30x30")
Línea_general_alimentación(?lga) -> CableDeMaterial(?lga, "Cobre o aluminio")
Línea_general_alimentación(?lga) -> tieneProtecciónContraFuego(?lga, "RF30 para tapa de registro")
Línea_general_alimentación(?lga) -> LGAConCortafuegos(?lga, "RF120")
Línea_general_alimentación(?lga) -> ConductorDeTipo(?lga, "Aislado")
Línea_general_alimentación(?lga) -> TuboConMontaje(?lga, "Empotrado, enterrado o montaje superficial")
Línea_general_alimentación(?lga) -> TuboConUniones(?lga, "Embutidas o enroscadas")
Derivaciones_individuales(?di) -> DistanciaTapasRegistroDI(?di, "15.0"^^xsd:float)
Derivaciones_individuales(?di) -> TuboConDiámetroExteriorMínimo(?di, "32.0"^^xsd:float)
Derivaciones_individuales(?di) -> DIConCajaRegistroPrecintable(?di, "RF30")
Derivaciones_individuales(?di) -> ProtecciónDeTipo(?di, "RF120")
Derivaciones_individuales(?di) -> CableDeSecciónMínima(?di, "6.0"^^xsd:float)
Derivaciones_individuales(?di) -> CableDeTipología(?di, "Aislados y unipolares")
Derivaciones_individuales(?di) -> ConductorDeTipo(?di, "Aislado")
Derivaciones_individuales(?di) -> TuboConUniones(?di, "Enroscadas o embutidas")
Contadores(?cont) -> ContadorConGradoProtección(?cont, "IP40 IK09/IP43 IK 09")
Alumbrado_exterior(?ae) -> EnvoltenteConAlturaMáxima(?ae, "2.0"^^xsd:float)
Alumbrado_exterior(?ae) -> EnvoltenteConAlturaMínima(?ae, "0.3"^^xsd:float)
Alumbrado_exterior(?ae) -> ConductorConCódigoColores(?ae, "Verde/amarillo")
Alumbrado_exterior(?ae) -> TuboConDiámetroInteriorMínimo(?ae, "60.0"^^xsd:float)
Alumbrado_exterior(?ae) -> tieneFactorPotenciaMínimo(?ae, "0.9"^^xsd:float)
Alumbrado_exterior(?ae) -> CableDeMaterial(?ae, "Cobre o aluminio")
Alumbrado_exterior(?ae) -> TuboConProfundidadMínima(?ae, "0.4"^^xsd:float)
Alumbrado_exterior(?ae) -> ProtecciónDeTipo(?ae, "IP55 IK10")
Alumbrado_exterior(?ae) -> ConductorDeSecciónMínima(?ae, "6.0"^^xsd:float)
Alumbrado_exterior(?ae) -> tieneTensiónAsignada(?ae, "0.6/1 kV")
Alumbrado_exterior(?ae) -> CabledeTipología(?ae, "Multipolar o unipolar")
Mojado(?moj) -> tieneAparamenta(?moj, "Si con grado protección mínimo IPX4")
Mojado(?moj) -> CanalizaciónDeTipo(?moj, "Congrado de protección mínimo IPX4")
Mojado(?moj) -> ConductorConTensiónAsignada(?moj, "450/750 V")
Mojado(?moj) -> CableDeTipología(?moj, "Aislado")
Mojado(?moj) -> TuboConMontaje(?moj, "Empotrado o en superficie")
Interiores_o_receptoras(?ir) -> tieneCanalesProtectoras(?ir, "Con protección mínima IPX4")
Interiores_o_receptoras(?ir) -> tieneTensiónDeContactoLímite(?ir, "50.0"^^xsd:float)
Interiores_o_receptoras(?ir) -> tieneCables(?ir, "Instalados en conductos de sección no circular, tubos o sobre aisladores")
Interiores_o_receptoras(?ir) -> tieneIntensidadMáximaAdmisible(?ir, "16.0"^^xsd:float)
Interiores_o_receptoras(?ir) -> InstalaciónTieneLongitudMáximaAdmisible(?ir, "100.0"^^xsd:float)
Interiores_o_receptoras(?ir) -> ResistenciaDeAislamiento(?ir, "0.25"^^xsd:float)
Interiores_o_receptoras(?ir) -> ConductorDeSecciónMínima(?ir, "2.5"^^xsd:float)
Interiores_o_receptoras(?ir) -> CablesConSeparaciónMínima(?ir, "3.0"^^xsd:float)
Interiores_o_receptoras(?ir) -> tieneTubos(?ir, "Rígidos, curvables, flexibles o enterrados")

<i>Interiores_o_receptoras(?ir) -> ConductorConTensiónAsignada(?ir, "450/750 V")</i>
<i>Interiores_o_receptoras(?ir) -> tieneTensiónAsignada(?ir, "mínimo 450/750 V")</i>
<i>Interiores_o_receptoras(?ir) -> tieneTensiónDeContactoLímite(?ir, "50.0"^^xsd:float)</i>
<i>Interiores_o_receptoras(?ir) -> TensionEnsayoDC(?ir, "250.0"^^xsd:float)</i>
<i>Interiores_o_receptoras(?ir) -> CableDeTipología(?ir, "Con cubierta multipolar o unipolar")</i>
<i>Interiores_o_receptoras(?ir) -> CanalizaciónDeTipo(?ir, "En huecos de construcción o canales de obras, enterrados, empotrados, o con montaje superficial o aéreo)</i>
<i>Interiores_o_receptoras(?ir) -> tieneConductores(?ir, "Aislados")</i>
<i>Generadora_baja_tensión(?gbt) -> FormaDeOnda(?gbt, "casi senoidal")</i>
<i>Generadora_baja_tensión(?gbt) -> tienePotenciaAparenteMáxima(?gbt, "100.0"^^xsd:float)</i>
<i>Generadora_baja_tensión(?gbt) -> tieneSistemaConmutación(?gbt, "Accesible Red Distribución")</i>
<i>Generadora_baja_tensión(?gbt) -> tieneSistemaDistribución(?gbt, "TT puesta a tierra")</i>
<i>Generadora_baja_tensión(?gbt) -> TensiónTrifásica(?gbt, "440/220 V")</i>

Tabla A4. Reglas SWRL (filtros)

REGLAS SWRL (filtros)
<i>Alumbrado_exterior(?ae) ^ tieneFactorPotencia(?ae, ?fp) ^ tieneFactorPotenciaMínimo(?ae, "0.9"^^xsd:float) ^ swrlb:lessThan(?fp, "0.9"^^xsd:float) -> Instalación_Incorrecta(?ae)</i>
<i>Alumbrado_exterior(?ae) ^ EnvoltenteConAltura(?ae, ?a) ^ EnvoltenteConAlturaMínima(?ae, "0.3"^^xsd:float) ^ swrlb:lessThan(?a, "0.3"^^xsd:float) -> Instalación_Incorrecta(?ae)</i>
<i>Alumbrado_exterior(?ae) ^ EnvoltenteConAltura(?ae, ?a) ^ EnvoltenteConAlturaMáxima(?ae, "2.0"^^xsd:float) ^ swrlb:greaterThan(?a, "2.0"^^xsd:float) -> Instalación_Incorrecta(?ae)</i>
<i>Caja_general_protección(?cgp) ^ CGPConAltura(?cgp, ?a) ^ CGPConAlturaMáxima(?cgp, "1.8"^^xsd:float) ^ swrlb:greaterThan(?a, "1.8"^^xsd:float) -> Instalación_Incorrecta(?cgp)</i>
<i>Caja_general_protección(?cgp) ^ CGPConAltura(?cgp, ?a) ^ CGPConAlturaMínima(?cgp, "0.7"^^xsd:float) ^ swrlb:lessThan(?a, "0.7"^^xsd:float) -> Instalación_Incorrecta(?cgp)</i>
<i>Derivaciones_individuales(?di) ^ DIConDiámetroExterior(?di, ?de) ^ TuboConDiámetroExteriorMínimo(?de, "32.0"^^xsd:float) ^ swrlb:lessThan(?de, "32.0"^^xsd:float) -> Instalación_Incorrecta(?di)</i>
<i>Generadora_baja_tensión(?gbt) ^ tienePotenciaAparente(?gbt, ?pa) ^ tienePotenciaAparenteMáxima(?pa, "100"^^xsd:float) ^ swrlb:greaterThan(?pa, "100"^^xsd:float) -> Instalación_Incorrecta(?gbt)</i>
<i>Interiores_o_receptoras(?ir) ^ tieneTensiónDeContactoLímite(?ir, "50.0"^^xsd:float) ^ tieneTensiónDeContacto(?ir, ?tc) ^ swrlb:greaterThan(?tc, "50.0"^^xsd:float) -> Instalación_Incorrecta(?ir)</i>
<i>Interiores_o_receptoras(?ir) ^ ConductorDeSección(?ir, ?s) ^ ConductorDeSecciónMínima(?s, "2.5"^^xsd:float) ^ swrlb:lessThan(?s, "2.5"^^xsd:float) -> Instalación_Incorrecta(?ir)</i>
<i>Interiores_o_receptoras(?ir) ^ tieneIntensidadNominal(?ir, ?in) ^ tieneIntensidadMáximaAdmisible(?in, "16.0"^^xsd:float) ^ swrlb:greaterThan(?in, "16.0"^^xsd:float) -> Instalación_Incorrecta(?ir)</i>

7. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- 1.- *Web Semántica*. *Wikipedia. The Free Encyclopedia*. [en línea] [Fecha de consulta: 7 de julio de 2023]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Web_sem%C3%A1ntica
- 2.- DEBELLIS, Michael. *A Practical Guide to Building OWL 2.-Ontologies Using Protégé 5.5 and Plugins*. Michael DeBellis, 8 de abril de 2021. Disponible en: <https://www.michaeldebellis.com/post/new-protege-pizza-tutorial>
- 3.- STANFORD UNIVERSITY. Protégé [software]. Versión 5.5.0. 2019. Disponible en: <https://protege.stanford.edu/software.php>
- 4.- ESPAÑA. Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico de baja tensión. Boletín Oficial del Estado, 18 de diciembre de 2002, número 224, 432 páginas.
- 5.- “Apuntes del profesor Alberto Hamilton. Campus virtual ULL. Curso 2021/2022”
- 6.- BOE [en línea] [23 de junio de 2023]. Disponible en: https://www.boe.es/biblioteca_juridica/codigos/abrir_pdf.php?fich=326_Reglamento_electrotecnico_para_baja_tension_e_ITC.pdf
- 7.- DEBELLIS, Michael. *SWRL Tutorial Using Semantic Web Rule Language (SWRL) for Basic Process Modeling*. Michael DeBellis, 22 de julio de 2019. Disponible en: https://www.michaeldebellis.com/post/swrl_tutorial
- 8.- Socorro Armas, Javier Valentín. *Implementación de la ontología de una instalación eléctrica en un sistema compatible con Web Semántica*. Universidad de La Laguna, 2022. Disponible en: <http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/29426>
- 9.- ULL. *PuntoQ* [base de datos en línea]. Disponible en: https://puntoq-ull-es.accedys2.bbtk.ull.es/primario-explore/search?sortby=rank&vid=ull&lang=es_ES
- 10.- ESPAÑA. Orden/PCM/74/2023, de 30 de enero, por el que se desarrollan las normas legales de cotización a la Seguridad Social, desempleo, protección por cese de actividad, Fondo de Garantía Salarial y formación profesional para el ejercicio 2023. Boletín Oficial del Estado, 31 de enero de 2023, número 26, 39 páginas.

11.- *Rastreator. Presupuesto tarifas ADSL fibras* [en línea] [fecha de consulta: 10 de julio de 2023]. Disponible en: <https://presupuesto-tarifas-adsl-fibra.rastreator.com/resultados-comparativa?c-sig=1688987712-88208134>

12.- ESPAÑA. Real Decreto 99/2023, de 14 de febrero, por el que se eleva la cuantía del Salario Mínimo Interprofesional (SMI) para 2023. Boletín Oficial del Estado, 15 de febrero de 2023, número 39, 5 páginas.

13.- talent.com [en línea] [fecha de consulta: 12 de julio 2023]. Disponible en: <https://es.talent.com/salary?job=ingeniero>