

SEGUNDA ENTREGA PROYECTO GRUPAL:

Ontología de Transporte Público Urbano

Ingeniería Ontológica – Curso 2025 – Grupo FALTAMARTIN

- Santiago López – 5.217.616-2
- Juan Cavani – 5.322.704-5
- Nicolás Yroa – 4.953.441-0

Motivación para desarrollar la ontología

Para este proyecto proponemos trabajar con el sistema de transporte público de Montevideo. La motivación surge porque es un servicio que todos usamos, y al mismo tiempo es bastante complejo de entender cuando se mira en detalle. Uno normalmente piensa en el ómnibus que lo lleva al trabajo o a la facultad, pero detrás de eso hay recorridos que cambian según el horario, paradas que sirven a distintas líneas, transbordos que se pueden hacer y un conjunto de reglas que hacen que todo funcione bajo un sistema coordinado.

Hoy en día hay aplicaciones y páginas web que te muestran horarios o recorridos, pero la información está muchas veces desordenada o repartida en distintos lugares. A veces se puede consultar qué hora pasa una línea por una parada concreta, pero no es tan sencillo preguntar “¿cómo llego desde el barrio Cordón hasta el Hospital de Clínicas usando transporte público con el menor número de transbordos?” o “¿qué paradas sirven para hacer conexión entre el 104 y el 151?”. Esas preguntas son muy habituales en la vida real, pero los sistemas tradicionales de información no siempre las resuelven bien porque están pensados de forma más rígida.

Ahí es donde creemos que una ontología puede ayudar, ya que representan un dominio con sus conceptos, relaciones y reglas de manera más clara y formal. Eso abre la puerta a que un sistema no solo guarde información sino que también pueda razonar sobre ella, deduciendo información nueva. En este caso, lo que buscamos es que la ontología ayude a organizar el conocimiento sobre transporte urbano y a responder consultas que para una base de datos común serían más complejas.

Descripción del dominio, en el contexto del sistema que tendrá a la ontología como uno de sus componentes

El dominio elegido es la red de transporte público urbano de Montevideo, enfocada principalmente en los ómnibus de la ciudad. Dentro de este dominio aparecen varios elementos cotidianos:

- Las líneas de ómnibus, que son los servicios con un recorrido fijo e identificado con un número o nombre
- Las paradas, que son los puntos concretos en la ciudad pertenecientes a un barrio, donde uno puede subir o bajar
- Los barrios de Montevideo donde se encuentran las paradas
- Los recorridos, que son secuencias de paradas ordenadas
- Los horarios y frecuencias, que determinan cuándo pasa cada línea.

Otro elemento fundamental en este dominio es el transbordo, que se da cuando una persona baja de una línea y sube a otra en una parada en común. Desde la experiencia de usuario es algo bastante rutinario, pero desde el punto de vista del sistema es un concepto clave porque conecta diferentes líneas y permite que toda la red funcione como un conjunto.

Este dominio es interesante para la materia porque no es demasiado grande como para volverse inmanejable, pero tampoco es tan simple como para no justificar la creación de una ontología. Hay jerarquías (por ejemplo, podemos distinguir entre líneas urbanas y suburbanas), hay relaciones entre conceptos (una línea recorre una serie de paradas, una parada pertenece a varias líneas), y hay reglas que se pueden expresar (para que exista un transbordo tienen que coincidir dos líneas en una misma parada). Todo esto hace que el transporte público sea un buen caso para practicar cómo se construye y se usa una ontología.

Descripción, a nivel conceptual, del sistema general, y del rol que cumple la ontología en este sistema, identificando con claridad la utilidad/beneficio de la ontología en el contexto de uso

El sistema general en el que pensamos nuestra ontología se puede imaginar como una aplicación de planificación de viajes. Sería algo parecido a las apps que ya existen (Moovit o STM Montevideo), pero con la diferencia de que estaría apoyada en un modelo más rico y flexible. La aplicación tendría tres partes principales: por un lado, una base de datos donde se almacena información concreta como horarios y ubicaciones de paradas; por otro, la ontología, que organiza y da sentido a esa información; y finalmente, una interfaz de usuario, que puede ser una página web o una aplicación para celular donde los ciudadanos consultan cómo llegar de un lugar a otro.

En este esquema, la ontología ocupa un lugar central porque actúa como el “cerebro semántico” del sistema. Mientras que la base de datos solo almacena hechos, la ontología define qué significan esos hechos y cómo se relacionan entre sí. Por ejemplo, permite inferir automáticamente que si la línea 180 y la 316 paran ambas en Tres Cruces, entonces existe un transbordo posible allí. También hace posible responder preguntas más elaboradas, como identificar todas las rutas que llegan desde Pocitos al Centro con un máximo de un transbordo, o señalar cuáles son las paradas que cumplen la función de nodos porque concentran más de tres líneas.

Los beneficios de trabajar de esta forma son varios. Para los usuarios comunes, se traduce en una herramienta más útil y confiable para planificar sus viajes. No se limitan a ver horarios aislados, sino que pueden obtener respuestas más completas y adaptadas a su necesidad real. Para las autoridades de transporte y para la ciudad en general, la ontología ofrece un marco estandarizado que facilita integrar distintos servicios. De este modo, la ontología no solo organiza datos sino que también contribuye a la toma de decisiones y a la mejora de la experiencia ciudadana.

En definitiva, lo que buscamos en este trabajo es mostrar cómo una ontología puede ser útil en un dominio tan cotidiano como el transporte público urbano. En esta primera etapa presentamos la motivación, la descripción del dominio y el papel de la ontología dentro de un sistema general. En las siguientes entregas avanzaremos hacia preguntas de competencia concretas, el diseño detallado y la implementación en OWL, con la idea de llegar a una versión que pueda responder consultas interesantes y reflejar buenas prácticas de modelado.

Especificación de Requerimientos

El dominio del transporte público urbano de Montevideo abarca un conjunto de entidades interrelacionadas, como líneas, paradas y barrios, que representan la infraestructura y operación cotidiana del sistema. Dado que esta información proviene de distintas fuentes, se requiere un modelo conceptual que unifique estos datos y permita su interpretación semántica.

La ontología *RedDeTransporte* busca formalizar los conceptos centrales de este dominio, estableciendo relaciones explícitas entre los elementos que componen la red. El propósito principal es proporcionar una base de conocimiento capaz de responder preguntas complejas, soportar inferencias automáticas y facilitar la interoperabilidad entre aplicaciones o sistemas que gestionan información del transporte urbano.

La ontología propuesta busca ofrecer una base conceptual común que permita:

- Integración semántica: unificar datos de líneas, paradas, recorridos y barrios bajo un mismo vocabulario.

- Consulta inteligente: permitir preguntas más expresivas que las consultas SQL tradicionales.
- Razonamiento: inferir relaciones como transbordos posibles o nodos de conexión.

El proceso de diseño de la ontología partió de la identificación de un conjunto de preguntas de competencia (Competency Questions, CQs), las cuales expresan los requerimientos de información que el modelo debe ser capaz de responder. Estas preguntas orientaron la definición de las clases, relaciones y restricciones que estructuran la ontología, asegurando que el modelo conceptual resultante se alinee con los objetivos funcionales del sistema.

CQ1	¿Qué líneas de ómnibus pasan por una parada determinada?
CQ2	¿Qué paradas recorre una línea determinada?
CQ3	¿En qué horarios pasa una línea específica por una parada?
CQ4	¿Con qué línea puedo viajar desde una parada específica a otra sin realizar transbordos?
CQ5	¿Como viajo desde una parada específica a otra realizando transbordos?

De este conjunto de preguntas se identifica la necesidad de que existan las siguientes clases:

Línea	Servicio de transporte identificado por un número o nombre
Recorrido	Trazado específico que sigue una línea en una dirección determinada (Ej: "60 Ciudad Vieja", "60 Portones", "G La Paz")
Viaje	Ejecución concreta de un recorrido en un momento del día
Parada	Punto físico donde los ómnibus se detienen para ascenso o descenso de pasajeros
ParadaProgramada	Evento que vincula un viaje con una parada, indicando la hora de llegada de ese viaje por la parada.
Barrio	Zona urbana que agrupa paradas dentro de una misma área geográfica

Entre las clases se definieron las siguientes relaciones entre ellas:

Nombre	Dominio	Rango	Descripcion
RecorridoDeLinea	Recorrido	Línea	Indica a qué línea pertenece un recorrido
ViajeDeRecorrido	Viaje	Recorrido	Indica qué recorrido está siendo ejecutado por un viaje
ParadaProgramadaDeRecorrido	ParadaProgramada	Recorrido	Conecta una parada programada con el recorrido al que corresponde
ParadaEnBarrio	Parada	Barrio	Vincula una parada con el barrio al que pertenece
PasaPorBarrio	Recorrido	Barrio	Permite inferir qué recorridos o líneas sirven a un barrio (<i>relación derivada</i>)
ParadaDeViaje	Parada	Viaje	Asocia un viaje con las paradas en las que se detiene (<i>relación derivada</i>)
RecorridoConParada	Recorrido	Parada	Asocia un recorrido con las paradas que lo componen (<i>relación derivada</i>)
ParadaDeRecorrido	Parada	Recorrido	Indica que una parada forma parte de un recorrido (<i>relación derivada</i>)

trasbordoConRecorrido	Transbordo	Recorrido	Representa los recorridos que se conectan mediante un transbordo (<i>relación derivada</i>)
LineaConRecorrido	Línea	Recorrido	Vincula una línea con los recorridos que realiza (<i>relación inversa con RecorridoDeLinea</i>)
RecorridoConViaje	Recorrido	Viaje	Vincula un recorrido con los viajes que lo ejecutan (<i>relación inversa con ViajeDeRecorrido</i>)
ViajeConParadaProgramada	Viaje	ParadaProgramada	Relaciona un viaje con sus paradas programadas (<i>relación inversa con ParadaProgramadaDeViaje</i>)
ParadaProgramadaDeViaje	ParadaProgramada	Viaje	Indica a qué viaje pertenece una parada programada (<i>inversa de ViajeConParadaProgramada</i>)
ParadaProgramadaEnParada	ParadaProgramada	Parada	Especifica en qué parada ocurre una parada programada (<i>inversa de ParadaConParadaProgramada</i>)
ParadaConParadaProgramada	Parada	ParadaProgramada	Relaciona una parada con las paradas programadas que ocurren en ella (<i>inversa de ParadaProgramadaEnParada</i>)

Se generaron propiedades inversas para permitir la navegación bidireccional en la ontología, facilitando consultas desde cualquiera de las entidades relacionadas y mejorando la expresividad y completitud semántica del modelo. De todas formas resultó poco práctico al ejecutar consultas SPARQL en Protégé, ya que el motor de consultas no contempla las relaciones inferidas por el razonador, limitando el efecto de dichas propiedades.

El modelo final se presenta en el siguiente diagrama:



Con este modelo las preguntas de competencia se responden mediante las siguientes consultas de SPARQL:

CQ1	¿Qué líneas de ómnibus pasan por una parada determinada?
-----	--

```
SELECT DISTINCT ?línea
```

```
WHERE {
```

```
    BIND(:<Nombre_Parada> AS ?parada)
```

```
    ?paradaProg :ParadaProgramadaEnParada ?parada .
```

```
    ?paradaProg :ParadaProgramadaDeViaje ?viaje .
```

```
    ?viaje :ViajeDeRecorrido ?recorrido .
```

```
    ?recorrido :RecorridoDeLínea ?línea .
```

```
}
```

```
ORDER BY ?línea
```

CQ2	¿Qué paradas recorre una línea determinada?
-----	---

```

SELECT DISTINCT ?parada

WHERE {

    BIND(:<Nombre_Linea> AS ?linea)

    ?recorrido :RecorridoDeLinea ?linea .

    ?viaje :ViajeDeRecorrido ?recorrido .

    ?paradaProg :ParadaProgramadaDeViaje ?viaje .

    ?paradaProg :ParadaProgramadaEnParada ?parada .

}

ORDER BY ?parada

```

CQ3	¿En qué horarios pasa una línea específica por una parada?
-----	--

```

SELECT DISTINCT ?horario

WHERE {

    BIND(:<Nombre_Recorrido> AS ?recorrido)

    BIND(:<Nombre_Parada> AS ?parada)

    ?recorrido :RecorridoDeLinea ?linea .

    ?viaje :ViajeDeRecorrido ?recorrido .

    ?paradaProg

        :ParadaProgramadaDeViaje ?viaje ;

        :ParadaProgramadaEnParada ?parada ;

        :Horario ?horario .

}

ORDER BY ?horario

```

CQ4	¿Con qué línea puedo viajar desde una parada específica a otra sin realizar transbordos?
-----	--

```

SELECT DISTINCT ?linea

WHERE {

```

```

BIND(:Parada_Origen AS ?origen)

BIND(:Parada_Destino AS ?destino)

?ppOri

    :ParadaProgramadaEnParada ?origen ;

    :ParadaProgramadaDeViaje ?viaje ;

    :Horario ?hOri .

?ppDes

    :ParadaProgramadaEnParada ?destino ;

    :ParadaProgramadaDeViaje ?viaje ;

    :Horario ?hDes .

FILTER( ?hOri < ?hDes )

?viaje :ViajeDeRecorrido ?recorrido .

?recorrido :RecorridoDeLinea ?linea .

}

ORDER BY ?linea

```

CQ5	¿Como viajo desde una parada específica a otra realizando transbordos?
-----	--

```

SELECT DISTINCT

    ?recorrido1 ?paradaTransbordo ?recorrido2

    ?hOri ?hLlegaTransbordo ?hSaleTransbordo ?hDest

WHERE {

    BIND(:Parada_PortonesTerminal AS ?origen)

    BIND(:Parada_PlazaCagancha AS ?destino)

    ?ppOri

        :ParadaProgramadaEnParada ?origen ;

        :ParadaProgramadaDeViaje ?viaje1 ;

        :Horario ?hOri .

```

```

?ppTransf1

    :ParadaProgramadaDeViaje ?viaje1 ;

    :ParadaProgramadaEnParada ?paradaTransbordo ;

    :Horario ?hLlegaTransbordo .

FILTER(?hOri < ?hLlegaTransbordo)

?viaje1 :ViajeDeRecorrido ?recorrido1 .

?ppTransf2

    :ParadaProgramadaEnParada ?paradaTransbordo ;

    :ParadaProgramadaDeViaje ?viaje2 ;

    :Horario ?hSaleTransbordo .

?ppDest

    :ParadaProgramadaEnParada ?destino ;

    :ParadaProgramadaDeViaje ?viaje2 ;

    :Horario ?hDest .

FILTER(?hLlegaTransbordo <= ?hSaleTransbordo)

FILTER(?hSaleTransbordo < ?hDest)

FILTER(?viaje1 != ?viaje2)

?viaje2 :ViajeDeRecorrido ?recorrido2 .

}

ORDER BY ?hOri ?hLlegaTransbordo ?hDest

```

Instanciación de datos

Para esta implementación se modelará el módulo de líneas, paradas y viajes con sus respectivos horarios.

Dentro del mismo archivo OWL se instanciaron individuos que representan cuatro líneas de ómnibus reales dentro de Montevideo, junto con sus respectivas paradas distribuidas en los distintos barrios y los horarios programados asociados. Para la construcción de estos datos se tomó como referencia la información publicada en el [sitio web](#) de la Intendencia de Montevideo (STM), lo que garantiza la correspondencia entre el modelo ontológico y la realidad operativa del sistema.

El producto de esta instanciación tiene el objetivo de poder probar las distintas situaciones planteadas en las preguntas de competencia y así evaluar su capacidad para razonar, inferir y responder a estas consultas complejas.