

UNIDAD  
DIDÁCTICA

# 9

## ONTOLOGÍAS

### OBJETIVOS DE LA UNIDAD

1. Introducción
2. Ontología en filosofía
3. La aparición del término «ontología»
4. Cualitativo versus cuantitativo
5. Las ontologías en la IA
6. Definición de ontología y tipos de ontología
7. Componentes de una ontología
8. Método para construir ontologías
9. Ejemplo en el uso de ontologías
10. Principios metodológicos para construir ontologías
11. Factores que inciden en la necesidad de ontologías en GC
  - 11.1. Necesidad de las ontologías en GC
  - 11.2. Ontologías y BB.CC.
  - 11.3. Relaciones entre MM.CC. y ontologías

### CONCEPTOS BÁSICOS A RETENER

### EJERCICIOS VOLUNTARIOS

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



## OBJETIVOS DE LA UNIDAD

En esta Unidad didáctica se estudiarán en profundidad las ontologías como herramienta de gran potencia para la formalización e implementación de los sistemas de soporte de GC. Los objetivos específicos que se persiguen son los siguientes:

- Estudiar el concepto de ontología y sus diversos significados.
- Evaluar la aplicación de dicho concepto.
- Analizar el uso de las ontologías en GC.

## 1. INTRODUCCIÓN

En 1991 la agencia norteamericana de proyectos de investigación avanzados, ARPA, en su esfuerzo para compartir conocimientos, revolucionó la manera según la cual deberían construirse sistemas inteligentes. Esta fue su propuesta: *Construir sistemas inteligentes hoy en día conlleva construir nuevas bases de conocimiento a partir de «borradores» de las mismas. Esto podría llevarse a cabo a partir de ensamblar componentes reutilizables. Los desarrolladores de esos sistemas sólo necesitarían preocuparse de crear el conocimiento especializado y nuevos «razonadores» adaptados a la tarea específica de su tarea, usándolos para llevar a cabo algunos razonamientos. De esta forma, deberían compartirse entre sistemas conocimientos declarativos, técnicas de solución de problemas y servicios de razonamiento. Este enfoque facilitaría construir sistemas mejores, más grandes, más baratos, etc.*

Desde entonces, se ha hecho un considerable esfuerzo en desarrollar las bases conceptuales para construir la tecnología que permita reutilizar y compartir componentes de conocimientos. Esto ha permitido conseguir notables progresos en este dominio. Quizás los más relevantes para facilitar compartir y reutilizar conocimientos y razonamientos a lo largo y ancho de dominios y tareas, sean los alcanzados usando «Métodos de Solución de Problemas» (MSP) y ontologías.

Los primeros, tienen que ver con los conocimientos dinámicos de razonamiento del dominio, y las segundas con los conocimientos estáticos. La integración de estos dos enfoques tecnológicos constituye, según Bylander y Chandrasekaran, una posible solución al «problema de la interacción», que establece que «representar conocimientos con el propósito de resolver algún problema, está muy afectado por la naturaleza del problema y la estrategia de inferencia a aplicar al problema». Mediante las ontologías y los MSP, esta interacción puede hacerse explícita y tenida en consideración.

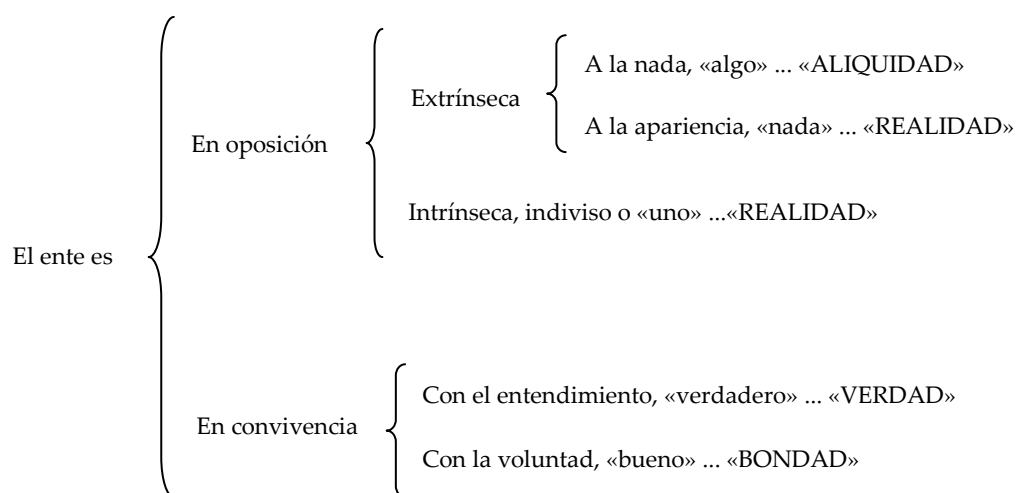
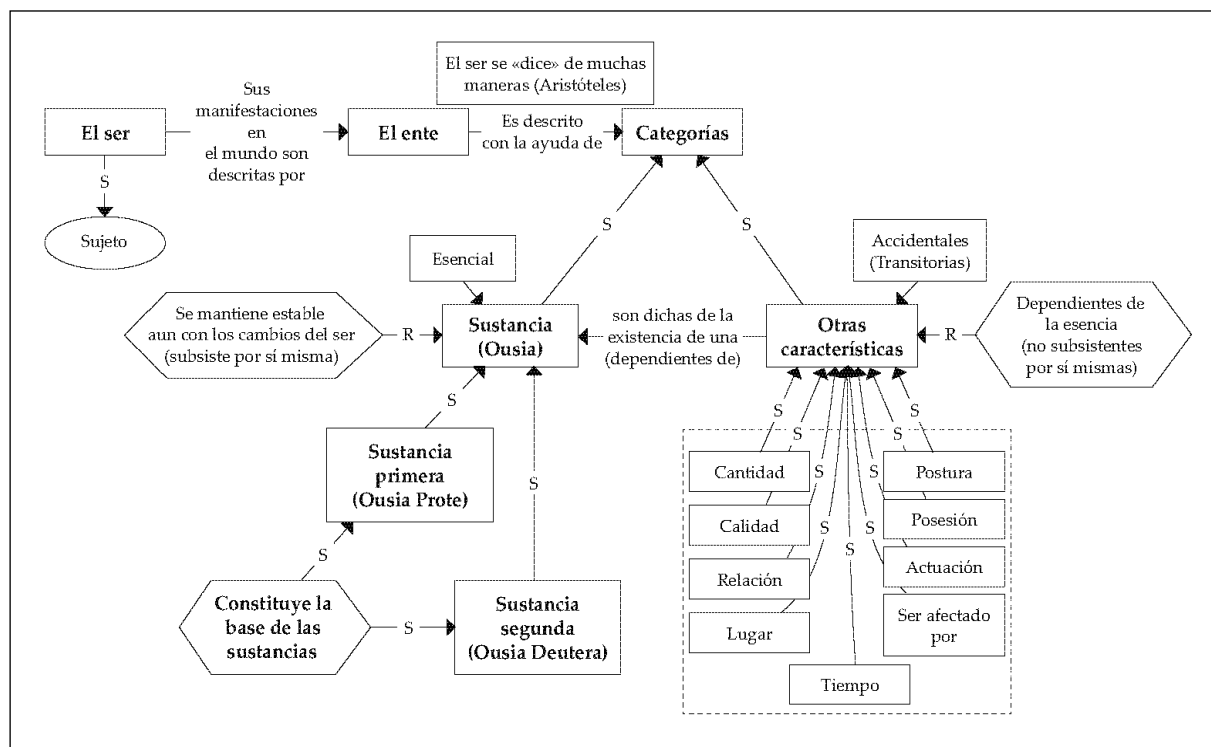
Las bases de conocimientos, B.CC. en singular y BB.CC. en plural a partir de ahora, y las ontologías están estrechamente relacionadas en sistemas de GC. Las ontologías proporcionan alguna estructura para desarrollar BB.CC. así como una base para generar visiones de BB.CC. Por ejemplo, en una visión de los conocimientos la B.CC. contiene información sobre procesos, industria, medida de prestaciones y capacidades. Esa misma información sirve para proporcionar cuantas diferentes visiones de la B.CC. de MM.PP., ya tratadas en la Unidad didáctica 8, se precisen. Así, cada una de esas visiones son representativas de la estructura de la B.CC. subyacente y cada una es parte de la ontología de MM.PP. Es decir, al más alto nivel de abstracción, las ontologías definen BB.CC. particulares, tales como las de MM.PP. A niveles más bajos, las ontologías sirven para definir modelos en BB.CC. particulares. Estos modelos son completamente útiles, y la experiencia enseña que el marco de trabajo organizado en común es muy válido y proporciona una forma común y entendible de navegar a través de los conocimientos. Las ontologías proporcionan la estructura para facilitar introducirse en el marco de trabajo para proporcionar crecientes niveles de detalle de las BB.CC. de MM.PP.

## 2. ONTOLOGÍA EN FILOSOFÍA

Genéricamente, la ontología es la rama de la filosofía que trata con el orden y la estructura de la realidad. Es decir, con el término ontología, se denota un campo de la filosofía, más bien esotérico, que estudia el ser, esto es, lo que hay en el mundo. Originalmente, el término procede, concretamente, del intento de Aristóteles de clasificar las cosas en el mundo, empleándose para describir la existencia de seres en el mundo.

Aristóteles, además, entendía por naturaleza, el principio del movimiento que era llegar a ser o dejar de ser, es decir, se entendía de un modo ontológico, desde el punto de vista del ser de las cosas. La figura 1 resume la ontología del ser según Aristóteles.

Figura 1. Ontología del ser según Aristóteles



### 3. LA APARICIÓN DEL TÉRMINO «ONTOLOGÍA»

Aristóteles calificó la ciencia que trata del Ser, así como sus principios fundamentales, como «filosofía primera», y en otros tratados recibió el nombre de metafísica. Sin embargo, hasta entonces

nadie vio la necesidad de acuñar un nuevo término que designara a esta ciencia del «ser en cuanto ser», al menos en el occidente.

En efecto, según el matemático Weil, en la *Chándogya-Upanisad*, hacia el siglo VI a.C., en las palabras de presentación de Nárada a Sanatkumára, se cita además de las vidas, el cálculo, la lógica, la teleología, etc., a la ontología.

No obstante, fue en el siglo XVII cuando surge lo que es llamado «un nuevo nombre para una antigua forma de pensamiento», propuesto por filósofos influenciados por la tradición escolástica a la vez del racionalismo moderno. El término «ontología» es introducido por Rudolf Goclenius, en su *Lexicon Philosophicum* (1613-1615) para designar a la filosofía del ente. Sin embargo, se limita a esa mención, y nada más.

Aun cuando Goclenius es el primero en utilizar el término, se puede decir que lo aprovecha muy poco. En su *Lexicon*, ni siquiera hay un apartado que se dedique a la metafísica o a la filosofía primera. La introducción de este término en su obra no parece ser el resultado de un estudio cuidadoso, más bien tiene la apariencia de un comentario meramente casual. Goclenius explicaba, allí y entonces, que *la buena suerte exige que el resultado favorable de la suerte no sea fruto del curso normal de las cosas, ni de un plan o una previsión, sino de causas totalmente ajenas a los humanos que no sean resultado de la laboriosidad, la intuición o la sagacidad*.

En efecto, los sabios dicen, desde siempre, que la suerte consiste en que ocurra algo, favorable o adverso, que cae fuera del alcance de una previsión, mientras que la fortuna, es que ocurra algo bueno siguiendo el curso normal de las cosas. Hay, por consiguiente, una clara diferencia. Se tiene suerte cuando el beneficio que llega era poco probable o si se produce contra toda expectativa razonable. La fortuna tiene que ver con las circunstancias específicas de la vida, mientras que la suerte entra en el ámbito de lo que acontece por pura casualidad.

Por esa época, Johann Clauberg le atribuye un significado al término ontología en sus obras *Metaphysica* (1646) y *Ontosophia sive ontologia* (1656), donde se emplea para hacer referencia a un tipo de metafísica general, que tendría por objeto de estudio las características esenciales comunes a todos los seres: sustancia, existencia, esencia, etc. Según Clauberg en su obra *Metaphysica: El nombre solamente es lo nuevo: en cuanto a esta ciencia, ya existía desde los escolásticos con la misma definición: le llamaban transcendentia a estas determinaciones comunes a todos los seres*.

Sin embargo, la difusión amplia del término se debe al discípulo de Leibniz, Christian Wolff, que popularizó en los círculos filosóficos la palabra ontología, aparecida en su obra *Philosophia prima sive ontologia methodo scientifica pertractata, qua omnes cognitionis humanae principia continentur*, publicada en 1730. La define como ciencia del ser en general, distinguiéndola de tres ciencias metafísicas especiales, como son la psicología racional (el ser de la conciencia intelectual), la cosmología racional (el ser del mundo) y la teología racional (el ser de Dios), cada una abordando una región determinada del Ser.

Posterior a Wolff, Alexander Baumgarten define ontología como «la ciencia de los predicados más generales y abstractos de todo». En 1781, Immanuel Kant concluye en la analítica trascendental, de su *Crítica de la razón pura*, que esta toma el lugar de la vieja ontología.

#### 4. CUALITATIVO VERSUS CUANTITATIVO

Consideraciones ontológicas son las que, con frecuencia, llevaron a la distinción entre lo cualitativo y lo cuantitativo. En efecto, muchas veces se afirmó e incluso afirma que hay fenómenos y propiedades del mundo real que son en sí mismos cualitativos y otros que son en sí mismos cuantitativos; esto es,

ontológicamente, cualitativos o cuantitativos. Es decir, se supone que la realidad es, en ciertas partes, cuantitativa y, en otras, cualitativa y que el uso de conceptos cualitativos o cuantitativos depende del tipo de realidad que se esté investigando, por lo que no se puede o no se debe aplicar conceptos cuantitativos a una parte cualitativa de la realidad y viceversa. Pero esto no es más que un malentendido derivado de la confusión básica entre el plano ontológico y el epistemológico de la realidad. Ni el mundo global ni la realidad parcialmente considerada son en sí mismos cualitativo o cuantitativo. En consecuencia, carece de sentido decir que un fenómeno o proceso real es en sí mismo cualitativo o cuantitativo. No es la realidad misma o un fenómeno particular lo que es cualitativo o cuantitativo, sino el modo como se los describe; esto es, el aparato conceptual que se utiliza para aprehenderlo. Y éste depende esencialmente del sujeto epistémico, y no de la realidad misma, sea esta lo que sea, el que se usen conceptos de una clase u otra para subsumirla bajo ellos. Es decir, la diferencia entre cuantitativo y cualitativo es una distinción puramente epistemológica.

Dicho lo anterior, hay que enfatizar lo siguiente. Muchas veces se otorga una prioridad absoluta a lo cuantitativo frente a lo cualitativo. Más aún, pues incluso se piensa que una disciplina cualquiera no es realmente científica mientras no use conceptos cuantitativos. Y en este contexto se suele seguir, consciente o inconscientemente, la idea kantiana de que en una disciplina hay tanta ciencia como matemáticas, con lo cual, además, se suele identificar el nivel de matematización de una disciplina con su nivel de cuantificación.

En efecto, cierto es que una disciplina científica se desarrollará tanto más rápida y eficientemente cuanto más claros y exactos sean sus conceptos y más rigurosa su construcción y ello implica en muchos casos la necesidad o la conveniencia de usar el lenguaje matemático. Sin embargo, no es menos cierto que matematizar no es, en absoluto, equivalente a utilizar conceptos cuantitativos. Hay muchas ramas de las matemáticas, que van desde la topología a la teoría de grafos, pasando por la teoría de grupos, tan útiles en las ciencias empíricas y que, sin embargo, no suponen conceptos cuantitativos.

Por otra parte, la introducción de conceptos cuantitativos no es la panacea que automáticamente promueve el desarrollo de una teoría o disciplina científica. Ni siquiera son siempre necesarios. Peor aún, pues su mal uso lleva a conclusiones erróneas que son nefastas para el desarrollo de dicha disciplina. El caso de la «seudoexperimentación» en ingeniería de software y del conocimiento es paradigmático al respecto. Y hay casos, como los ya citados, de la taxonomía clásica en biología y, sobre todo, la tabla periódica de los elementos en química, que han significado grandes avances en el conocimiento científico sin que en ellos se haya hecho uso de conceptos cuantitativos. Pero quizás el ejemplo más concluyente de esto sea el descubrimiento de la estructura del ADN, que supuso uno de los mayores avances científicos de todos los tiempos y no implicó ningún concepto cuantitativo.

## 5. LAS ONTOLOGÍAS EN LA IA

Derivado de las ontologías filosóficas, especialmente en lo que es actualmente denominado «metafísica analítica», el término ontología se usa en IA, desde que fue importado del campo filosófico por John McCarthy a finales de los setenta. En efecto, la IA trata con razonamiento acerca de modelos del mundo, por lo tanto, no es extraño que en IA se haga adoptar el término «ontología» para describir lo que puede ser computacionalmente representado del mundo en un programa. Hoy, como área temática, las ontologías son normalmente consideradas como cuasiconocimiento en ingeniería del conocimiento, conceptualización o modelización conceptual en bases de datos o modelización del dominio en diseños orientados a objetos. A la luz de este desplazamiento del significado, es importante, como lo señalaron Guarino y Welty, mantener que «ontología» no es simplemente una nueva palabra para algo que los informáticos vienen haciendo desde hace unos treinta años, sino que el término se usa desde hace más de dos mil años, y hay muchas LL.AA. que se pueden importar de la filosofía junto con el término en sí.

Si la gente y las computadoras están para comunicar, compartir y reutilizar conocimientos, es necesario algún acuerdo acerca del vocabulario y las especificaciones, más exactas con los que se quiere

decir. Y es ahí en donde se enmarcan las ontologías hoy en día. En la práctica, las ontologías abstraen la esencia de un concepto y ayudan a catalogar y distinguir varios tipos de objetos y sus relaciones. En realidad, incluso la palabra ontología significa distintas cosas en diferentes contextos y marcos.

La cuestión general de la ontología, es decir, cómo estructurar mejor los conceptos para una computación efectiva y uso generalizado, conduce al filosófico y fundamental resultado de qué es la computación y uso del conocimiento. En este sentido, Berners-Lee, creador de la web y colegas consideran que las ontologías son una parte crítica de su último trabajo sobre una web semántica, que imagina que no sólo permitirá a los agentes software comunicarse entre ellos, sino también con teléfonos o TV, y muchas más cosas. De ellas, la más importante es la creación de un lenguaje común de representación de información comprensible por agentes informáticos de todo tipo: unas ontologías. Esto es, conjuntos de enunciados que tradujeran a términos comunes la información de bases de datos y conocimientos, sistemas de información y personas, junto con las reglas y otros artefactos del conocimiento que permitan a los agentes razonar sobre la información descrita en esos términos.

Casi todas las ontologías que están actualmente disponibles conciernen con la modelización del conocimiento estático de un dominio. En su forma más fuerte, intentan capturar conocimientos universalmente válidos, independientes de su uso, una visión estrechamente relacionada con sus orígenes filosóficos. Sin embargo, en IA se renuncia a esta visión porque resulta que el uso específico del conocimiento influencia su modelización y representación.

La primera aparición del concepto de ontología en IA, se presenta con John McCarthy, quien reconoce los nexos entre el trabajo desarrollado por la ontología filosófica y la actividad de construcción de teorías lógicas de sistemas. En 1969, describe una serie de problemas filosóficos que se presentan en IA, estableciendo que «un programa computacional capaz de actuar de forma inteligente en el mundo real debe contar con una representación del mundo en términos de la cual pueda interpretar las entradas que recibe».

En 1986, al tratar el tema de **circunscripción**, como forma de razonamiento no monótono, emplea efectivamente el término ontología, para referirse al conjunto de cosas y conceptos que existen en el universo particular de un problema de IA. En sus términos: «... En particular, parece que debemos introducir en nuestra **ontología (las cosas que existen)** una categoría que incluya "todo aquello que sea incorrecto con respecto a una barca" o bien, una categoría que incluya "algo que pueda prevenir su utilización"...». Y esto refiriéndose al problema de misioneros y caníbales utilizado para ilustrar la necesidad del razonamiento no monótono.

McCarthy define «ontología» como sigue: *En filosofía, ontología es la rama que estudia las cosas que existen. La visión de W.V.O. Quine es que la ontología es aquello de donde las variables toman sus valores o rango. La ontología ha sido utilizada en forma diversa en IA, pero creo que el uso al que Quine se refiere es el mejor para IA. «Reificación» y «ontología» tratan sobre el mismo fenómeno. Lamentablemente, la palabra «ontología» se ha vuelto popular en IA, en sentidos muy difusos. Ontología y reificación son básicamente el mismo concepto.* McCarthy con reificación se refiere a «hacer una cosa» de un ente, y al respecto, McCarthy quiere decir que la IA necesita reificar prácticamente todas las cosas del mundo real (objetos, pero también deseos e intenciones), ya que la reificación da al lenguaje mayor potencial expresivo.

En resumen, McCarthy afirmó que los creadores de sistemas inteligentes fundados en razonamientos lógicos deberían, en primer lugar, enumerar todo aquello que existe, construyendo una ontología del mundo particular. Esta visión de McCarthy, inspirada por las teorías de Quine, fue retomada por Patrick Hayes en 1985 en su trabajo *Naive Physics*. Desde entonces, y a medida que los campos de la ingeniería del conocimiento, la modelación conceptual y la modelación de dominios han comenzado a converger, igualmente ha sucedido con el significado del término y su utilización en dichos campos. Para la década de los noventa, el uso del término estaba ya suficientemente difundido en IA.

Hoy en día las ontologías son ubicuas; y lo que empezó siendo un concepto filosófico que trataba del ser en general, pasó a la IA y hoy abarca campos tan distintos como la ingeniería y la gestión del conocimiento, la ingeniería lingüística, diseño de bases de datos, ingeniería del software, MIS, etc., y dominios tan dispares como medicina, ingeniería, comercio electrónico, geografía, economía, etc. Sólo por dar un dato Google proporciona más de 2.000.000 de páginas que contienen el término «ontología». Este nuevo énfasis, sobre ontologías, como lo señaló Mark A. Musen, no es sorprendente: *«It reflects the important role that ontologies play in structuring our collections of propositional knowledge and improving shared domain descriptions for various purposes...»*.

Cuando uno se plantea la cuestión ¿por qué han adquirido tanta importancia las ontologías en el desarrollo de la GC?, la respuesta es múltiple. En primer lugar, porque las ontologías, fruto de la modelización conceptual y del consenso entre usuarios y desarrolladores de sistemas de GC, clarifican la estructura del conocimiento necesario para definir situaciones problemáticas. Es decir, sin ontologías, que representen la información, sobre todo en forma de conocimientos de un dominio, es prácticamente imposible abordar la solución planteada y dotarla de una solución no ya eficiente, sino incluso eficaz.

En segundo lugar, las ontologías proporcionan medios para compartir conocimientos. De este modo, siempre que se efectúe una conceptualización satisfactoria y consensuada, la ontología resultante puede ser compartida por todos los que se enfrenten a situaciones similares, desde luego en el mismo dominio, pero también en otros distintos, evitando duplicaciones de esfuerzos y asegurando la calidad de lo conceptualizado.

Las ontologías, especificaciones de lo que existe, o qué puede decirse acerca del mundo, aparecen por todas partes, esto es, son ubicuas, al menos desde Aristóteles. La naturaleza del conocimiento es una cuestión permanente y ha resultado en un intento continuo de la gente para encontrar caminos para expresar, explicar y vehicular su propio «conocimiento». Así, las ciencias duras y, más en concreto la física y la matemática, dependen de lenguajes simbólicos específicos, y muchos enfoques de la informática, las ciencias blandas, humanidades y, sobre todo, la GC, esperan encontrar representaciones óptimas de problemas como lo fundamental para la solución.

Actualmente, muchos piensan que las ontologías son la estructura apropiada de modelización adecuada para representar conocimientos. Sin embargo, ha habido poco debate respecto al rango real del conocimiento que una ontología puede representar con éxito. Ciertamente, no se pueden representar fácilmente ciertos tipos de conocimientos; por ejemplo, habilidades o conocimiento distribuido. Tampoco se pueden transformar fácilmente ciertos tipos de «representación» dentro de formatos onto-lógicos apropiados, verbigracia, conocimientos diagramáticos. Sin embargo, otros tipos de conocimientos son extremadamente deseables para la representación ontológica como sucede con la información taxonómica. La mayoría, pero no todas, las definiciones de «ontología» insisten en que una ontología representa específicamente estructuras conceptuales comunes compartidas.

En tercer lugar, las ontologías al ser, por definición, el estudio de lo que es, es la mejor forma de describir el mundo real. De hecho pueden representar creencias, metas, hipótesis, planes, utilidades, objetos, predicciones, etc., acerca de cualquier dominio, en términos de conceptos y relaciones entre ellos, a distintos niveles de abstracción. Esto es, pueden ir desde un rango de absoluta abstracción, definiendo conceptos esenciales de conocimientos aplicables a cualquier dominio, hasta conceptos tan concretos que están estrictamente restringidos a un dominio particular.

Ahora bien, como lo señaló muy acertadamente Mark A. Musen, desde el título de su artículo, las ontologías son *«necessary indeed essential –but not sufficient»*. Musen da las razones de ello y enfatiza el enfoque de Newell de que el conocimiento va más allá *«that account for what exist in the world; it directly link goals to actions»*. Luego él propone, para completar las ontologías, los Problem Solving Methods (PSM).

Siguiendo esa línea, pero generalizando y, sobre todo, abstrayendo más, los autores proponen una teoría, basada en holones e informones que, en su opinión, integran no sólo ontologías y PSM, sino



que aborden, como no podía ser de otro modo, todos los niveles de información: datos, noticias, conocimientos y todos los procesadores de la misma. Y lo que es más importante, permiten pasar del nivel científico al tecnológico, prácticamente sin solución de continuidad. Pero ésta es otra historia.

## 6. DEFINICIÓN DE ONTOLOGÍA Y TIPOS DE ONTOLOGÍA

En los escritos científicos contemporáneos, el término *ontología* abarca dos usos, el primero refiriéndose a la filosofía clásica, y el segundo, más reciente, a otras ciencias del conocimiento. La convención actualmente utilizada atribuye Ontología, con O mayúscula, al dominio de la filosofía, y ontologías a las restantes aplicaciones del término. A finales del siglo XX y principios del XXI, las ontologías se han convertido en una importante área de las ciencias computacionales. Una de las áreas que le proporcionan fundamentos teóricos es la «Ontología Formal», una derivación de las investigaciones de Husserl.

En definitiva, desde la Antigua Grecia hasta nuestros días se ha estudiado *ontología*, aquella rama del saber que trata sobre la esencia de las cosas que permanece a través de los cambios. Uno de los frutos de la ontología ha sido las ontologías. Para un filósofo *una ontología es* «un sistema particular de categorías sistematizando cierta visión del mundo» [Guarino, 1998]. Un ejemplo de ontología es la de Lowe [Lowe, 2006], que distingue entre entes universales (por ejemplo, computador) y particulares (por ejemplo, este computador), y entre sustancias (por ejemplo, este computador) y modos (por ejemplo, el color de este computador).

Los herederos en informática de las ontologías filosóficas son aquellos artefactos compatibles y reutilizables que tienen que ser desarrollados en un lenguaje comprensible para el computador [Gruber, 2006; Studer y otros, 1998]. Esta idea está expresada en la definición aportada por [Studer y otros, 1998]: «una ontología es una especificación formal de una conceptualización compartida». Para los autores, esta definición es, sin duda, la más completa de las encontradas en la literatura. Sin embargo, se muestran a continuación otras definiciones dadas por otros autores, con la intención de que el lector obtenga su propia definición.

La definición de Nino Cocchiarella dice que ontología formal es *el desarrollo axiomático, sistemático y formal de la lógica de todas las formas y modos de ser. Estudia las propiedades formales y la clasificación de los entes del mundo (objetos físicos, eventos, etc.) y de las categorías que modelan el mundo (conceptos, propiedades, etc.)*.

Como puede verse en la tabla 1, la literatura proporciona un montón de definiciones de la palabra ontología que presentan puntos de vista distintos y complementarios de la misma realidad. En el contexto que aquí concierne, es decir, el de la GC las ontologías son, para O'Leary, *especificaciones del discurso en forma de un vocabulario compartido, ayudando a la comunicación entre los múltiples usuarios de un sistema de GC, además de proporcionar un enlace entre las múltiples bases de conocimiento existentes en un sistema de GC*.

Tabla 1. Definiciones de ontología en Computer Science

Autor (es)	Definición
Neches (1991)	Una ontología define el vocabulario de una área mediante un conjunto de términos básicos y relaciones entre dichos términos, así como las reglas que combinan términos y las relaciones que amplían las definiciones dadas en el vocabulario.
Gruber (1993)	Una ontología es una especificación explícita de una conceptualización.
.../...	

Autor (es)	Definición
.../...	
<b>Guaranino y Giaretta (1995)</b>	Disciplina filosófica. Sistema conceptual informal. Representación semántica formal. Especificación de una conceptualización. Representación de un sistema conceptual a través de una teoría lógica caracterizada por sus propiedades formales específicas y solamente por sus propósitos específicos. Vocabulario utilizado por una teoría lógica. Una especificación de metanivel de una teoría lógica.
<b>Borst (1997)</b>	Las ontologías se definen como especificaciones formales de una conceptualización compartida.
<b>Swartout et alii (1997)</b>	Una ontología es un conjunto de términos jerárquicamente estructurados para describir un dominio que puede ser utilizado como esqueleto para una base de conocimientos.
<b>Studer et alii (1998)</b>	Una ontología es una especificación formal, explícita de una conceptualización compartida. Conceptualización se refiere a un modelo abstracto de algún fenómeno en el mundo, identificando los conceptos relevantes de dicho fenómeno. Explícita significa que el tipo de conceptos utilizados, y las restricciones para su uso están explícitamente definidos. Formal se refiere al hecho de que la ontología debe ser legible para la máquina. Compartida refleja la noción de que una ontología captura un conocimiento consensuado, esto es, que no es privado para algunos individuos, sino aceptado por un grupo.
<b>Guaranino y Giaretta (1998)</b>	Un conjunto de axiomas lógicos diseñados para representar el significado de un vocabulario.
<b>Uschold y Jasper (1999)</b>	Una ontología puede tomar una gran variedad de formas, pero necesariamente debe incluir un vocabulario de términos y alguna especificación de su significado. Esto incluye definiciones y una indicación de cómo los conceptos se interrelacionan, la cual impone una forma colectiva, una estructura al dominio y restringe las posibles interpretaciones de términos.

Tal y como se muestra en el mapa conceptual que se presenta en la figura 2, las ontologías en informática puede tipificarse de acuerdo con Psyché, en cuatro categorías, según: (a) el objeto de la conceptualización, (b) la gradualidad, (c) el nivel completud, y (d) el grado de formalismo. Las figuras 3, 4 y 5, desarrollan, en profundidad, cada una de las cuatro categorías anteriores. Anteriormente, Lassilla y McGuines habían propuesto una tipología basada en la riqueza de la estructura interna de las ontologías, que se visualiza en la figura 6, y que aquí se añade a la tipología de Psyché, para completarla.

Figura 2. Dimensiones de clasificación de ontologías

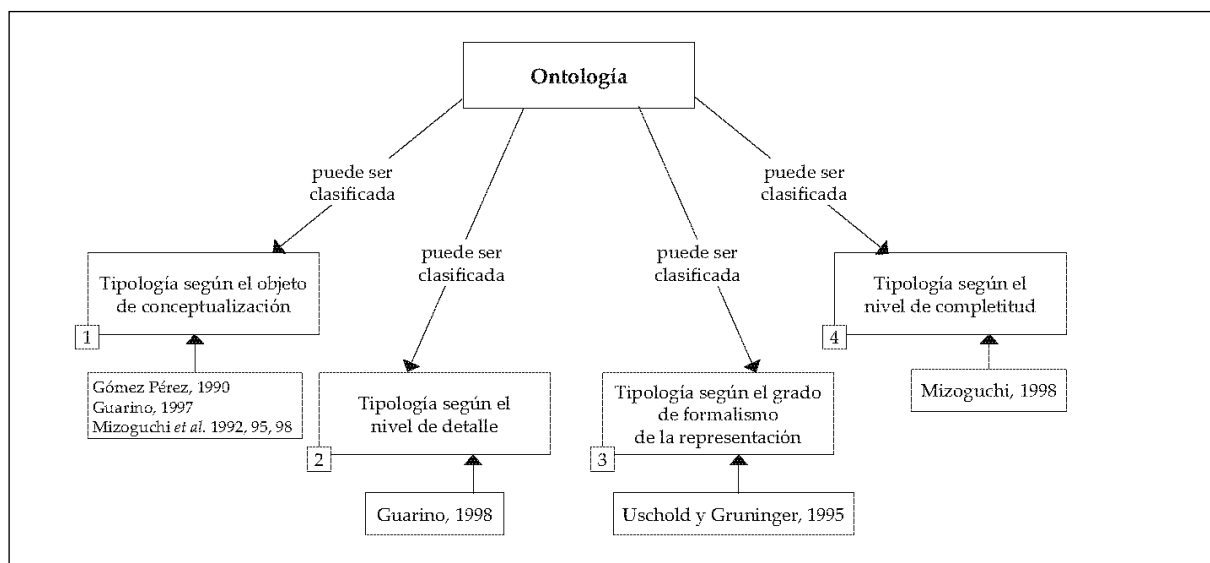


Figura 3. Clasificación de ontologías según el objeto de conceptualización

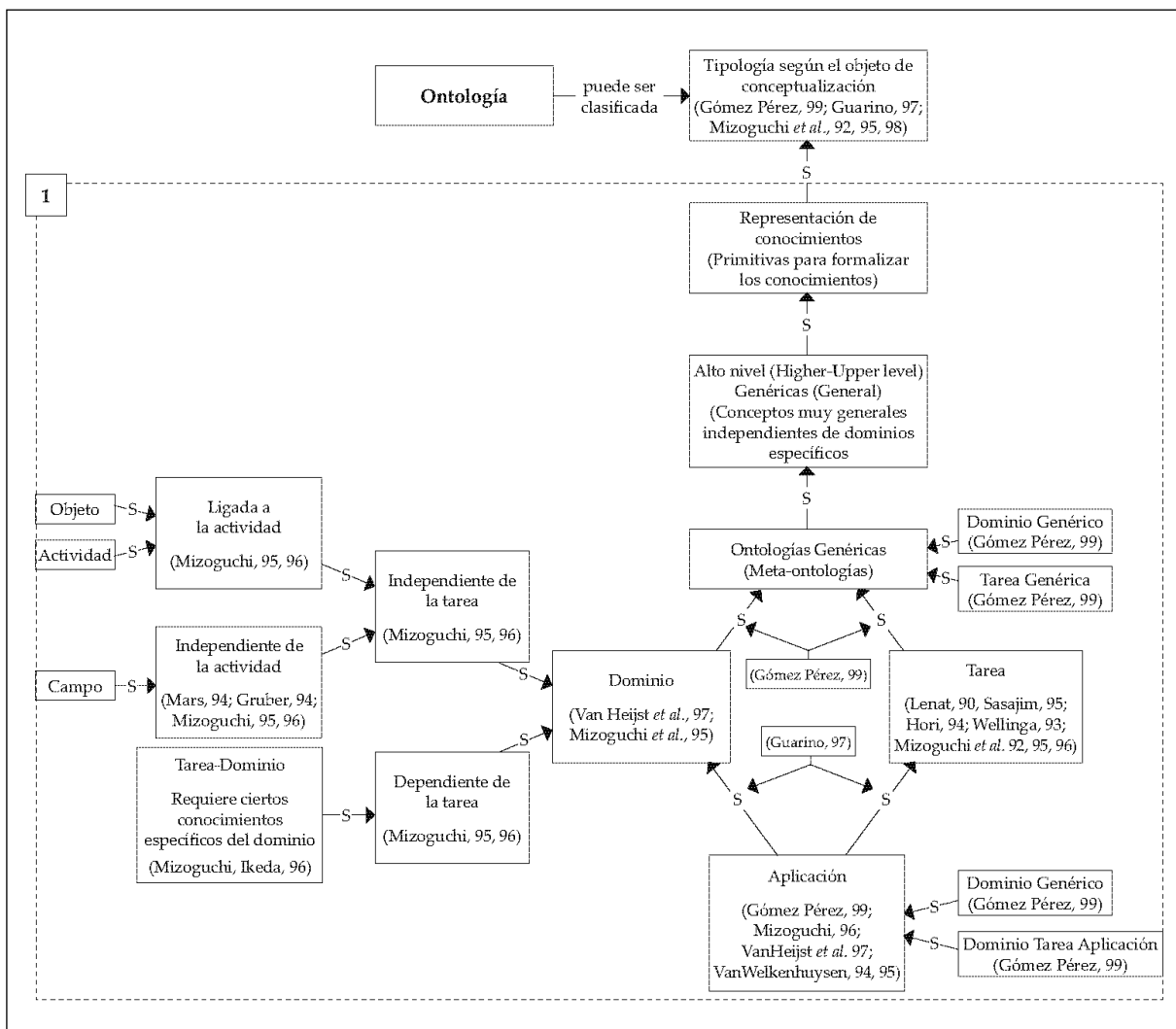


Figura 4. Clasificación de ontologías según el nivel de detalle

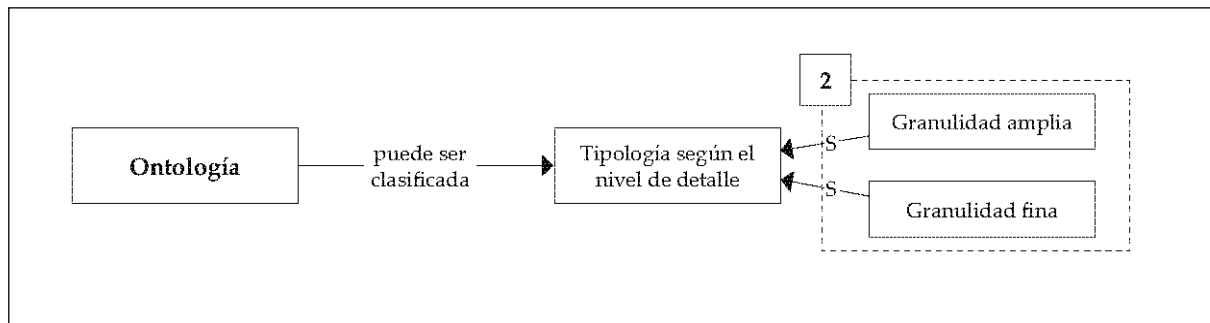


Figura 5. Clasificación según el nivel de formalismo

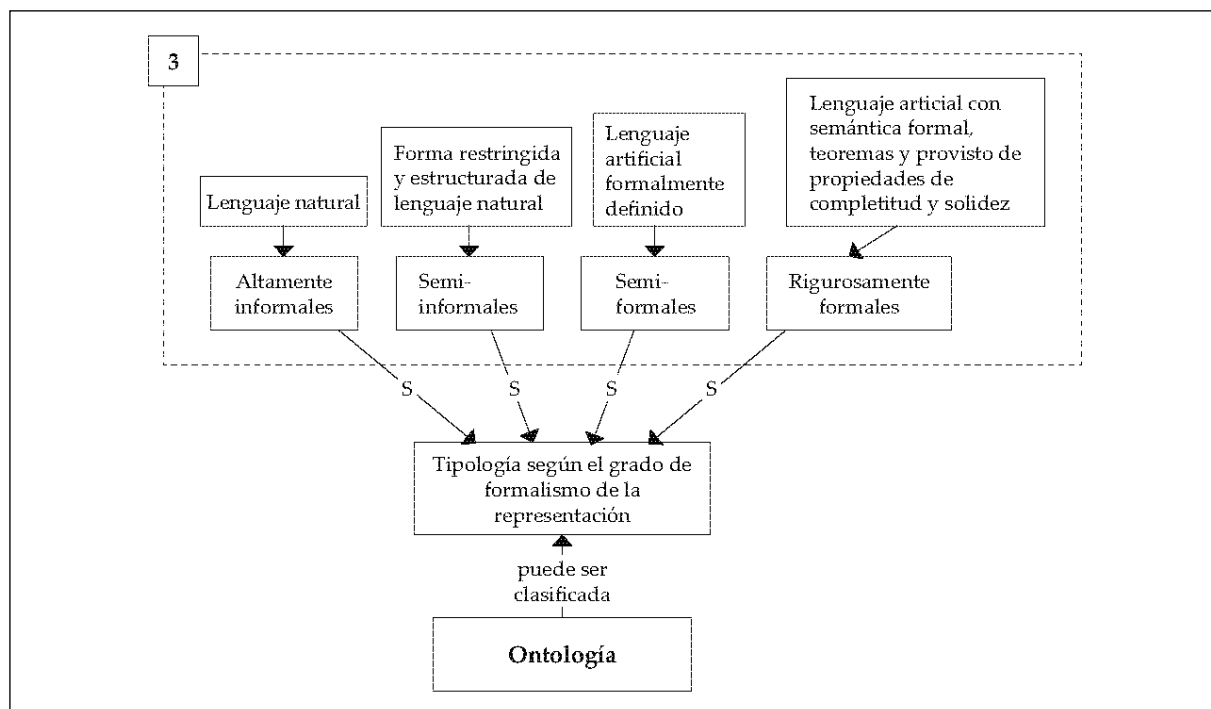
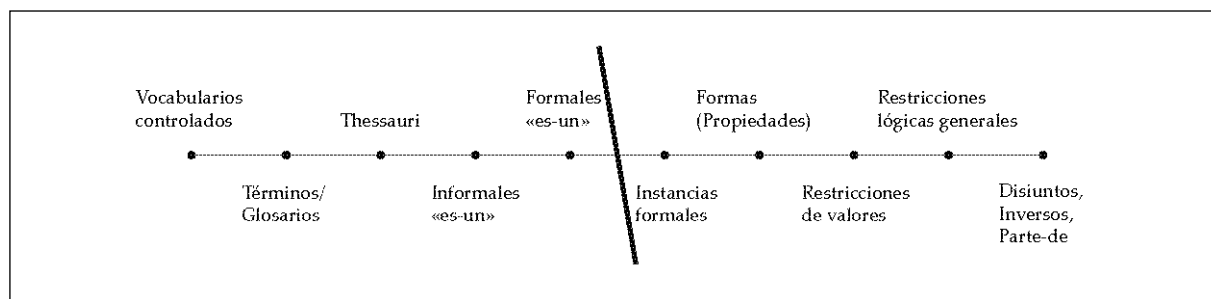


Figura 6. Clasificación según la riqueza de estructura interna de la ontología



Aquí una debe correr todo lo que dé de sí para permanecer en el mismo sitio, si quiere ir a otra parte debe correr el doble. (Carroll)

## 7. COMPONENTES DE UNA ONTOLOGÍA

Existen diferentes formalismos de representación de conocimientos para formalizar (e implementar) ontologías y cada uno de ellos tiene distintos componentes que pueden ser utilizados en estas tareas de formalización e implementación, sin embargo, dichos formalismos comparten un conjunto mínimo de componentes, a saber:

- Clases, que representan conceptos tomados en su sentido más amplio. En el dominio de los viajes, por ejemplo, los conceptos que se tienen son: lugares (ciudades, pueblos, etc.),

alojamiento (hoteles, *campings*, etc.) y medios de transporte (aviones, trenes, coches, transbordadores, motos y barcos). En la ontología, las clases están normalmente organizadas en taxonomías por medio de las cuales se pueden aplicar los mecanismos de herencia. Se puede representar, por ejemplo, una taxonomía de lugares de diversión (teatro, cine, sala de conciertos, etc.) o de viajes organizados (billete clase turista, billete clase preferente, etc.). Metaclases son clases cuyas instancias son también clases y permiten hacer una gradación del significado ya que establecen diferentes capas de clases en la ontología en la que están definidas.

- Relaciones, que representan un tipo de asociación entre los conceptos del dominio y se definen formalmente como cualquier subconjunto de un producto de  $n$  conjuntos. Las ontologías normalmente contienen relaciones binarias, cuyo primer argumento es conocido como dominio de una relación mientras que el segundo es conocido como rango. Por ejemplo, la relación binaria «lugar de llegada» tiene el concepto «viaje» como dominio y el concepto «lugar» como rango. Las relaciones pueden instanciarse con conocimientos del dominio, por ejemplo, para expresar que el vuelo AA7462-Feb-08-2002 llega a Seattle hay que escribir: (LugarDeLlegada AA7462-Feb-OS-2002 Seattle).
- Las relaciones binarias se utilizan algunas veces para expresar atributos de conceptos, conocidos como ranuras (*slots*) y estos atributos se distinguen de las relaciones porque su rango es un tipo de datos como, por ejemplo, cadena de caracteres, número, etc., mientras que el rango de las relaciones es un concepto.
- Axiomas. Según Gruber, sirven para modelizar afirmaciones que son siempre ciertas. En ontologías se utilizan generalmente para representar conocimiento que no se puede definir formalmente a través de otros componentes; además sirven para verificar la consistencia de la ontología misma o la consistencia de los conocimientos almacenados en una base de conocimientos, por lo que son muy útiles para inferir conocimientos nuevos. Un axioma en el dominio de los viajes sería: «no es posible viajar de América a Europa en tren».
- Instancias, que se utilizan para representar elementos o individuos en una ontología. Un ejemplo de instancia del concepto AA7462 es «el vuelo AA7462 que llega a Seattle el 8 de febrero del 2006 y que cuesta 300» (dólares americanos, euros o cualquier otra moneda).

## 8. MÉTODO PARA CONSTRUIR ONTOLOGÍAS

Para construir ontologías se deben llevar a cabo las siguientes tareas:

**Tarea 1.** Construir el glosario de términos. Se debe construir un glosario de términos que incluya todos los términos relevantes del dominio (conceptos, instancias, atributos, relaciones entre conceptos, etc.), las descripciones de los términos, así como sus antónimos y sinónimos. La tabla 2 muestra una sección del glosario de términos de una ontología de entidades legales.

Tabla 2. Fragmento del glosario de términos de la ontología de entidades legales

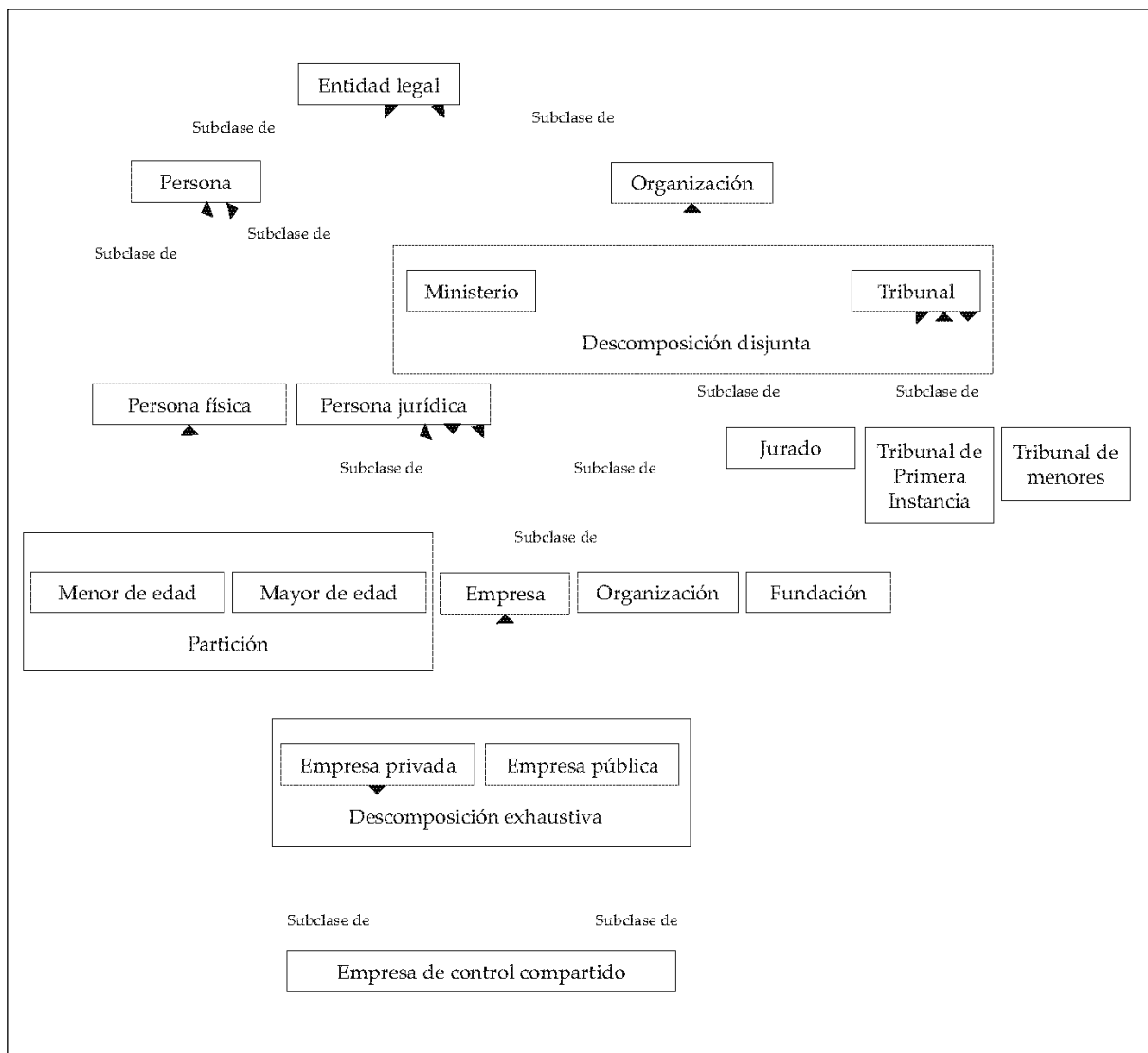
Término	Sinónimos	Acrónimos	Descripción	Tipo
Mayoría de edad en España	-	-	La mayoría de edad en España es de 18 años	Constante
Tribunal	Tribunal de Justicia	-	Aunque tribunal puede ser entendido como un lugar físico, se asume en esta ontología que se trata de un conjunto de personas	Concepto
Fecha de nacimiento	-	-	El día en que nació una persona	Instancia Atributo
Abogado defensor	-	-	Quien lleva la defensa en un pleito	Relación

**Tarea 2.** Construir taxonomías de conceptos. Cuando el glosario contiene un número de términos considerable, hay que construir taxonomías de conceptos para establecer una jerarquía; para ello, se seleccionan del glosario de términos los términos que son conceptos. Se propone utilizar las cuatro relaciones taxonómicas definidas siguientes: subclase de, descomposición disjunta, descomposición exhaustiva y partición.

- «Subclase de»: un concepto C1 es una subclase de otro concepto C2 si y sólo si cada instancia de C1 es también una instancia de C2. En la figura 7 se puede ver cómo «persona física» es una subclase de «persona», ya que cada persona física es una persona. Un concepto puede ser una subclase de más de un concepto de la taxonomía, por ejemplo, el concepto «empresa de control compartido» es una subclase de los conceptos «empresa privada y empresa pública», puesto que una compañía cuya dirección está compartida puede estar dirigida por entidades tanto públicas como privadas.
- Una «descomposición disjunta» de un concepto C es un conjunto de subclases de C que no tienen instancias comunes y que no tienen por qué cubrir C; es decir, puede haber instancias del concepto C que no son instancias de ningún concepto en la descomposición. Por ejemplo (véase la figura 7) los conceptos «ministerio» y «tribunal» forman una descomposición disjunta del concepto «organización» ya que ninguna organización puede ser a la vez un ministerio y un tribunal. Además, puede haber instancias del concepto organización que no son instancias de ninguna de las dos clases.
- Una «descomposición exhaustiva» de un concepto C es un conjunto de subclases de C que cubren C, y que pueden tener instancias y subclases comunes; es decir, no puede haber instancias del concepto C que no sean instancias de por lo menos uno de los conceptos de la descomposición. Por ejemplo (véase la figura 7) los conceptos «empresa privada» y «empresa pública» forman una descomposición exhaustiva del concepto «empresa» porque no hay compañías que no sean instancias de por lo menos uno de dichos conceptos, aunque pueden tener instancias comunes. Por ejemplo, como ya se mencionó, una empresa de control compartido es una empresa pública y una empresa privada.
- Una «partición» de un concepto C es un conjunto de subclases de C que no tiene ninguna instancia en común y que cubre C; es decir, no hay instancias de C que no sean instancias de uno de los conceptos en la partición. Por ejemplo, la figura 7 muestra que los conceptos «menor de edad» y «mayor de edad» forman una partición del concepto «persona física», porque cada persona física es o menor o mayor de edad.

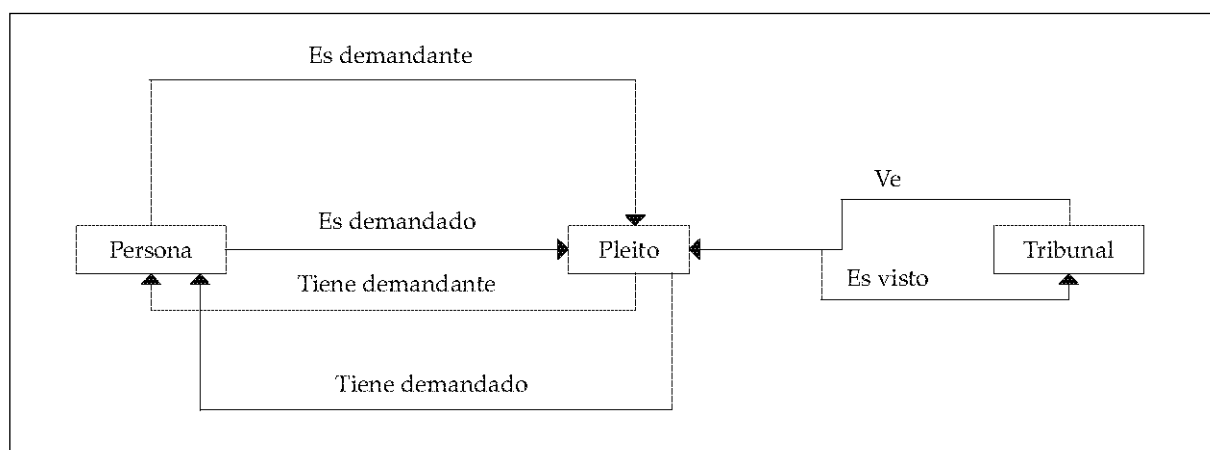
Después de haber estructurado la taxonomía de conceptos y antes de seguir con la especificación de nuevos conocimientos, se deberá comprobar que las taxonomías no contienen errores. Por ejemplo, se deberá comprobar que un elemento no es simultáneamente una instancia de dos clases de una descomposición disjunta, que no hay bucles en la taxonomía de conceptos, que varios términos no tienen el mismo significado, etc.

Figura 7. Parte de una taxonomía de conceptos de una ontología de entidades legales



**Tarea 3.** Construir diagramas de relaciones binarias ad hoc. Una vez que se ha construido y evaluado la taxonomía, hay que construir diagramas de relaciones binarias ad hoc tal y como propone la actividad de conceptualización. El objetivo de este diagrama es establecer relaciones ad hoc entre conceptos de la misma (o diferente) taxonomía de conceptos. En la figura 8 se puede ver un fragmento del diagrama de relaciones binarias ad hoc de la ontología de entidades legales con la relación «es demandante, es demandado y ve», así como sus contrarios «tiene demandante, tiene demandado y es visto». Tales relaciones conectan los conceptos origen («persona y pleito; tribunal y pleito») de las taxonomías de conceptos de entidades jurídicas y pleitos. Desde la perspectiva de la integración de la ontología, dichas relaciones ad hoc significan que la ontología de entidades legales incluirá la ontología de pleitos y viceversa.

Figura 8. Parte del diagrama de relaciones binarias ad hoc de la ontología de entidades legales



**Tarea 4.** Construir el diccionario de conceptos. Una vez que se han creado las taxonomías de conceptos y los diagramas de relaciones binarias ad hoc, se debe especificar cuáles son las propiedades y las relaciones que describen cada concepto de la taxonomía en un diccionario de conceptos y, opcionalmente, también pueden aparecer sus instancias.

Un diccionario de conceptos contiene todos los conceptos del dominio, sus relaciones, sus instancias, así como sus atributos de clase e instancia. Las relaciones que se especifican para cada concepto son las que tienen por dominio el concepto. Por ejemplo, el concepto persona tiene dos relaciones: es demandante y es demandado. Las relaciones y atributos de instancia y de clases pertenecen a los conceptos, lo que significa que sus nombres se pueden repetir en diferentes conceptos. La tabla 3 muestra una pequeña sección del diccionario de conceptos de la ontología de entidades legales.

Tabla 3. Parte del diccionario de conceptos de la ontología de entidades legales

Concepto	Instancias	Atributos de clase	Atributos de instancia	Relaciones
Tribunal	Tribunal de la Audiencia Nacional Tribunal Constitucional Tribunal Supremo Tribunal Provincial de Albacete	-	Número de miembros Sede Jurisdicción territorial	Ve
Empresa	-	Tipo de control	Nombre	-
Abogado defensor	-	-	-	-
Persona	-	-	-	Es demandado Es demandante
Persona física	-	-	Edad Fecha de nacimiento Fecha de muerte Nombre Apellidos Nacionalidad	-



**Tarea 5.** Definir minuciosamente las relaciones binarias ad hoc. El objetivo de esta tarea es describir todas las relaciones binarias ad hoc incluidas en el diccionario de conceptos y producir la tabla de relaciones binarias ad hoc. Para cada relación binaria ad hoc, hay que especificar su nombre, así como los nombres de los conceptos origen y destino, su cardinalidad y su relación inversa. La tabla 4 muestra una sección de la relación binaria ad hoc de la ontología de las entidades legales que contiene la definición de las relaciones es demandado, es demandante, etc.

Tabla 4. Parte de la tabla de relaciones binarias ad hoc de la ontología de entidades legales

Relación	Concepto origen	Cardinalidad (max.)	Concepto destino	Relación inversa
Es demandado	Persona	N	Pleito	Tiene demandado
Es demandante	Persona	N	Pleito	Tiene demandante
Ve	Tribunal	N	Pleito	Es visto

**Tarea 6.** Definir detalladamente los atributos de instancia. El objetivo de esta tarea es describir todos los atributos de instancia ya incluidos en el diccionario de conceptos. Cada fila de la tabla de atributos de instancia contiene una descripción pormenorizada de un atributo de instancia. Los atributos de instancia describen las instancias del concepto y su(s) valor(es) pueden ser diferentes para cada instancia del concepto. Para cada atributo de instancia se tiene que especificar los siguientes campos: el nombre, el concepto al que pertenece (los atributos están en, o pertenecen a, los conceptos), el tipo de valor, el intervalo de valores (en el caso de valores numéricos), la cardinalidad mínima y máxima, los atributos de instancia, los atributos de clase y constantes que se han utilizado para inferir los valores del atributo, los atributos que se pueden deducir con valores de este atributo, las fórmulas o reglas que permitan inferir valores del atributo y las referencias utilizadas para definir el atributo. La tabla 5 muestra un fragmento de los atributos de instancia de la ontología de entidades legales. Algunos de los campos mencionados anteriormente no aparecen por cuestiones de espacio. Dicha tabla contiene algunos de los atributos de instancia del concepto «tribunal»: número de miembros, sede y jurisdicción territorial.

Tabla 5. Parte de la tabla de atributos de instancia de la ontología de entidades legales

Atributo de instancia	Concepto	Tipo	Dominio valor	Cardinalidad
Número de miembros	Tribunal	Entero	1...	(1, 1)
Sede	Tribunal	Cadena	-	(1, 1)
Jurisdicción territorial	Tribunal	Cadena	-	(1, 1)

**Tarea 7.** Definir minuciosamente los atributos de clase. El objetivo de esta tarea es describir los atributos de clase que ya están incluidos en el diccionario de conceptos usando una tabla de atributos de clase. Cada fila de la tabla de los atributos de clase contiene su descripción detallada. Para cada atributo de clase hay una que incluir la siguiente información: el nombre, el nombre del concepto en el que se define el atributo, tipo de valor, valor(es), cardinalidad, los atributos de instancia cuyos valores pueden inferirse con el valor de este atributo de clase, etc. Por ejemplo, el atributo de clase, «tipo de control», estaría definido por los conceptos de «empresa privada» y «empresa pública», tal y como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. Parte de la tabla de atributos de clase de la ontología de entidades legales

Atributo de clase	Concepto	Tipo	Cardinalidad	Valores
Tipo de control	Empresa privada	[privado, público]	(1, 2)	Privado
Tipo de control	Empresa privada	[privado, público]	(1, 2)	Público

**Tarea 8.** Definir las constantes minuciosamente. El objetivo de esta tarea es describir cada una de las constantes definidas en el glosario de términos. Cada fila de la tabla de constantes contiene una detallada descripción de una constante, y para cada constante hay que especificar el nombre, el tipo de valor (un número, una masa, etc.), el valor, la unidad de medida para las constantes numéricas, así como los atributos que se pueden inferir con la constante. La tabla 7 muestra un fragmento de la tabla de constantes de la ontología de entidades jurídicas, en donde se define la constante «mayoría de edad en España» y en donde se han omitido los atributos que se pueden inferir con la constante.

Tabla 7. Parte de la tabla de constantes de la ontología de entidades legales

Constante	Tipo	Valor	Unidad de Medida
Mayoría de edad en España	Cardinal	18	Año

**Tarea 9.** Definir axiomas formales. Para realizar esta tarea primero hay que identificar los axiomas formales que la ontología necesita y después describirlos detalladamente. Para cada definición formal de un axioma, se propone determinar claramente la siguiente información: el nombre, la descripción en lenguaje natural, la expresión que describe formalmente el axioma con lógica de primer orden, los conceptos, los atributos y las relaciones ad hoc a las que el axioma se refiere y las variables que se han utilizado.

Como ya se ha comentado, se propone establecer axiomas formales en lógica de primer orden. La tabla 8 muestra un axioma formal de la ontología de entidades legales que estipula que una persona no puede ser demandante y demandado en el mismo pleito. Las columnas que corresponden a los conceptos ya referidos y a las relaciones contienen los conceptos y las relaciones que se utilizan en el axioma formal. Las variables utilizadas son ?X para persona e ?Y para pleito.

Tabla 8. Parte de la tabla de axiomas de la ontología de entidades legales

Axioma	Descripción	Expresión	Conceptos asociados	Relaciones asociadas	Variables
Incompatibilidad demandante-demandado	Una persona no puede ser demandante y demandado en el mismo pleito	no (existe (?X, ?Y) (persona ((?X) y pleito (?Y) y [es demandante] (?X, ?Y) y [es demandado] (?X, ?Y)))	Persona pleito	Es demandante es demandado	?X, ?Y

**Tarea 10.** Definir las reglas. Al igual que en la tarea anterior, hay que identificar primero qué reglas se necesitan en la ontología, y luego describirlas en la tabla de reglas. Para definir cada regla, se propone incluir la siguiente información: nombre, descripción en lenguaje natural, la expresión que describe formalmente la regla, los conceptos, atributos y relaciones a los que la regla se refiere, y las variables que se utilizan en la expresión.

La tabla 9 muestra una regla que estipula que los juicios en los que los de mandados tienen 14 años o menos deben celebrarse en un tribunal de menores. Esta regla permite inferir el tipo de tribunal. Como aparece en la tabla, la regla hace referencia a los conceptos «menor de edad, pleito y tribunal», al atributo «edad», y a las relaciones «es demandado y ve».

Tabla 9. Parte de la tabla de reglas de la ontología de entidades legales

Regla	Descripción	Conceptos	Atributos afectados	Relaciones afectadas
Tribunal de menores para menores	Los juicios en los que los demandados tienen 14 años o menos deben celebrarse en un tribunal de menores	Menor de edad Pleito Tribunal	Edad	Es demandado Ve

**Tarea 11.** Definir instancias. Después de crear el modelo conceptual de la ontología, hay que definir instancias relevantes que aparecerán en el diccionario de conceptos y dentro de una tabla de instancias. Para cada instancia hay que definir lo siguiente: su nombre, el nombre del concepto al que pertenece, y sus valores en los atributos, si se conocen. La tabla 10 muestra algunas instancias de la tabla de instancias de la ontología de entidades legales: (Audiencia Nacional, Tribunal Supremo y Tribunal Constitucional), que son todas ellas instancias del concepto «tribunal», tal y como aparece definido en el diccionario de conceptos, y tienen algunos valores de atributo y relación especificadas para: «sede», «jurisdicción territorial» y «número de miembros». Dichas instancias pueden tener más de un valor para los atributos cuya cardinalidad máxima es superior a uno.

Tabla 10. Parte de la tabla de instancias de la ontología de entidades legales

Instancia	Concepto	Atributo	Valores
Tribunal de la Audiencia Nacional	Tribunal	Sede	Madrid
		Jurisdicción territorial	España
Tribunal Supremo	Tribunal	Jurisdicción territorial	España
Tribunal Constitucional	Tribunal	Número de miembros	12
		Jurisdicción territorial	España

## 9. EJEMPLO EN EL USO DE ONTOLOGÍAS

Los conocimientos de una ontología pueden ser reutilizados al conceptualizar otros sistemas si están expresados con la suficiente generalidad y abstracción. Es decir, si son independientes del uso final de las definiciones. El siguiente ejemplo, que se muestra en la tabla 11, presenta conocimientos de una BC que no pueden ser reutilizados y qué tipo de conocimientos formarían parte de la ontología para que sí lo pudieran ser. Obsérvese que las definiciones de «cilindro, batería, y motor» formarán parte de una ontología dependiente del dominio de los «Coches», mientras que las definiciones del concepto «Componente», y de la relación «Parte-de» formarán parte de una metaontología (ontología usada para construir otras ontologías), válida para cualquier dispositivo físico.

Tabla 11. Conocimientos en su BC y su versión en una ontología

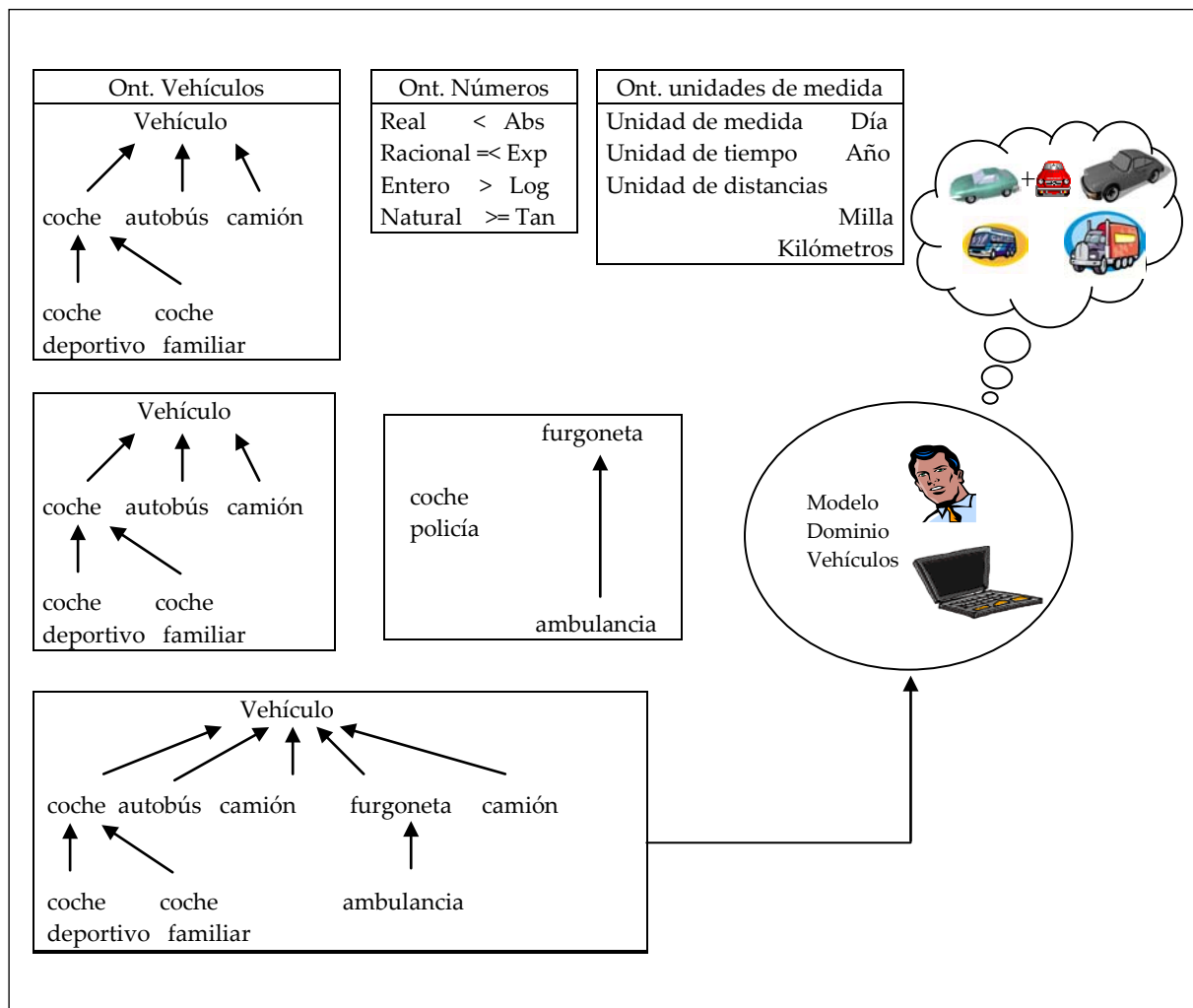
<b>BC:</b>
PARTE-DE (Cilindro, Motor)
PARTE-DE (Batería, Motor)
<b>Ontología de coches:</b>
Concepto: Cilindro
Tipo-de: Componente
Concepto: Batería
Tipo-de: Componente
Concepto: Motor
Tipo-de: Componente
<b>Metaontologías:</b>
Concepto: Componente
Relación: Parte-de
Nº Argumentos: 2
Tipo.Arg1: Componente
Tipo.Arg2: Componente

Las ontologías se agrupan en librerías de ontologías, de tal forma que una ontología puede usar definiciones de otras. Las librerías de ontologías son útiles en la etapa de conceptualización porque permiten reutilizar conocimientos ya adquiridos, conceptualizados y expresados en un lenguaje formal. En cada ontología, los conocimientos del dominio se encuentran organizados en jerarquías de conceptos, y cada concepto tiene un conjunto de propiedades y relaciones con otros conceptos. Por consiguiente, la labor del usuario cuando reutiliza conocimientos procedentes de ontologías para construir un nuevo sistema de GC consiste en:

- Ir a la librería de ontologías y seleccionar aquellas ontologías que le son útiles.
- Buscar en cada ontología seleccionada las definiciones.
- Identificar las definiciones que necesita y que la ontología no incluye, y realizar la conceptualización siguiendo las pautas dadas en este capítulo.
- Ensamblar ambas partes creando la BC del sistema.

En la figura 9, se muestran gráficamente, los pasos realizados al modelar los conocimientos del dominio de vehículos. En el ejemplo, la librería de ontologías consta de tres ontologías: la ontología de vehículos, que proporciona una jerarquía de conceptos; la de números, que contiene una jerarquía y relaciones entre números y la de unidades de medida que, además de una jerarquía, proporciona un conjunto de instancias. Nótese que sólo son útiles definiciones procedentes de la ontología de vehículos. Concretamente, de la jerarquía de vehículos, las definiciones de: vehículo, coche, camión, coche-familiar, coche-deportivo, y camión. El resto de vehículos (coche-policía, furgoneta y ambulancia) que el gestor del conocimiento tiene identificados, y que no le son dados en la ontología, tendrán que ser definidos por él. Finalmente, hay que ensamblar ambas partes de la B.CC. de un sistema de GC.

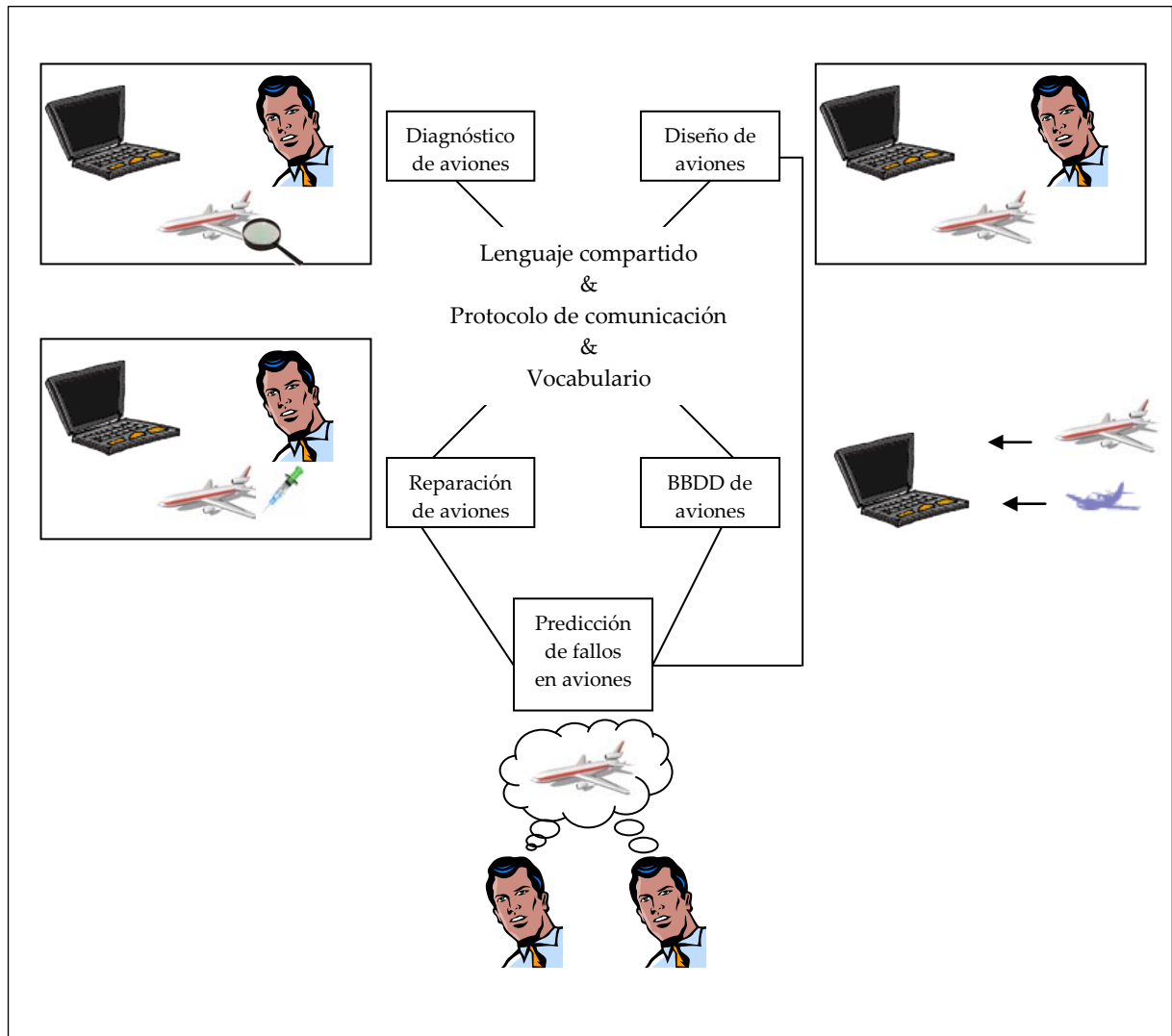
Figura 9. Reutilización de conocimientos de ontologías en el desarrollo de sistemas de GC



Las ontologías también se utilizan para que diferentes sistemas de GC compartan conocimientos e inferencia en tiempo de ejecución. En este caso, un sistema plantea a otro sistema una consulta, el cual razona y proporciona la respuesta. La figura 10 representa cómo diferentes sistemas de GC contruidos en el campo de la aeronáutica, pueden utilizar conocimientos de otros. En este caso, un sistema de reparación de aviones que no posee conocimientos de diseño y de diagnóstico utiliza, temporalmente, cuando los necesite, los conocimientos y las técnicas de inferencia de dichos sistemas. Se evita así el tener que repetir conocimientos que ya están expresados en otros sistemas. Para que esto sea posible, se necesita:

- Un lenguaje compartido que sea independiente de los lenguajes utilizados por ambos sistemas. El lenguaje KIF (Knowledge Interchange Format) fue concebido con este propósito.
- Un protocolo de comunicación para que los sistemas dialoguen ordenadamente. Por ejemplo, KQML (Knowledge Query Manipulation Language).
- Un vocabulario compartido que unifique los vocabularios de ambos sistemas. Por ejemplo, si un sistema conoce y razona con el concepto «kilómetro», y otro con el concepto «milla», y el primero necesita utilizar conocimientos del segundo, la ontología unificaría sus vocabularios al decir que una milla es, aproximadamente, 1,6 kilómetros.

Figura 10. Compartir conocimientos entre diferentes sistemas



## 10. PRINCIPIOS METODOLÓGICOS PARA CONSTRUIR ONTOLOGÍAS

A medida que se han ido construyendo las distintas ontologías, se han podido determinar algunos criterios de diseño y un conjunto de principios generales que, empíricamente, se han mostrado útiles en el desarrollo de las ontologías. De forma sintética, los criterios y principios más importantes son:

- **Claridad y objetividad.** Esto significa que la ontología debería proporcionar el significado de los términos definidos al dar definiciones objetivas y también documentación en lenguaje natural.
- **Compleción.** Con esto se quiere decir que es preferible una definición expresada en términos de condiciones necesarias y suficientes, a otra definición parcial, esto es, expresada sólo por una(s) condición(es) necesaria(s) o suficiente(s).
- **Coherencia,** para permitir inferencias coherentes con las definiciones.
- **Maximizar la ampliación monótona.** Esto quiere decir que deberían incluirse en la onto-

logía términos nuevos, tanto generales como especializados, de tal manera que no requieran la revisión de las definiciones existentes.

- Acuerdos ontológicos mínimos. Cuando médicos y enfermeras están en un quirófano, ambos tienen que estar de acuerdo en lo que es una venda, un bisturí o una tijera. Lo mismo ocurre cuando alguien va a hacer un cursillo para ampliar sus conocimientos. Profesores y estudiantes tienen que emplear el mismo vocabulario y los conceptos que utilizan deben tener el mismo significado para ambos, es decir, tienen que tener un entendimiento común. Pues bien, cuando alguien quiere reutilizar conocimientos de otros sistemas, también tiene que conocer y estar conforme con la terminología y con su significado. En este caso, si ese alguien está utilizando definiciones procedentes de ontologías, a los acuerdos terminológicos se les llama acuerdos ontológicos. Por tanto, los acuerdos ontológicos son pactos para usar vocabularios compartidos de forma consistente y coherente.

Desde esta perspectiva, los acuerdos ontológicos también son útiles para cualquier sistema de GC. Así, cualesquiera conocimientos que se añadan o se modifiquen en la GC del sistema tienen que ser coherentes con los acuerdos o compromisos establecidos en su desarrollo. Por ejemplo, si a un sistema de GC que asiste en medicina se le quisiera añadir un tipo de bisturí especial, esta nueva definición tiene que encajar, es decir, ser coherente y consistente, con los conocimientos que ya se tienen en la GC.

- Principio de distribución ontológico. Este principio, debido a Borgo y colegas, establece qué clases deberían ser disjuntas en una ontología. El criterio usado para aislar el núcleo de propiedades consideradas invariantes para una instancia de una clase se denomina «criterio de identidad».
- Diversificación de jerarquías para aumentar el poder proporcionado por mecanismos de herencia múltiples. Si en una ontología se representan bastantes conocimientos y con tantos criterios de clasificación como sea posible usar, es más fácil introducir nuevos conceptos. En efecto, ya que pueden ser fácilmente especificados a partir de los conceptos y los criterios de clasificación preexistentes, y heredar las propiedades desde distintos puntos de vista.
- Modularidad para minimizar los acoplamientos entre módulos.
- Minimizar la distancia semántica entre conceptos emparentados (*sibling* en inglés). Como lo señalaron Arpírez y colegas, conceptos similares son agrupados y representados como subclases de una clase y deberían definirse usando las mismas primitivas, en tanto que conceptos menos «emparentados» y, por tanto, menos similares, deben representarse más apartados en la jerarquía.
- Normalización. Este criterio, también debido a Arpírez y colegas, propugna estandarizar los nombres tanto como sea posible.

## 11. FACTORES QUE INCIDEN EN LA NECESIDAD DE ONTOLOGÍAS EN GC

### 11.1. NECESIDAD DE LAS ONTOLOGÍAS EN GC

En los sistemas finales de soporte de soluciones GC, el papel que juegan los conocimientos formales es doble. De entrada, permiten dar soporte a la toma de decisiones y resolver ciertas tareas de manera automática. Por otra parte, permiten junto a las inferencias, hacer una recuperación precisa y efectiva. Dado que el objeto de las inferencias es determinar las necesidades de información así como trazar las particularidades del dominio y de la tarea de forma muy cercana a las estructuras de acceso a la información, es necesario mantener este MC mediante los conocimientos existentes en una ontología y, o, tesaurus, con el objeto de ser robusto frente a cambios de vocabulario.

Las ontologías, y las BB.CC. se encuentran muy relacionadas en la GC, ya que definen las características y «vistas» de las BB.CC. y, además, utilizan modelos que son de ayuda en la definición de las BB.CC., así como en su acceso. Un número de factores empuja la necesidad de las ontologías en la GC. En primer lugar, porque los sistemas de GC emplean las discusiones en grupo. Los usuarios realizan discusiones en grupo, bien para plantear o responder una cuestión. Para ello deben ser capaces de aislar a los grupos que están interesados en la misma, de los otros grupos. Las ontologías sirven para, por una parte, definir el ámbito de las discusiones de esos grupos; y, por otra, usando los temas formulados como ontologías, para distinguir entre qué diferentes grupos discutir. Sin una ontología que guíe lo que discuten los grupos puede haber solapamiento y redundancia entre lo que se discute, haciendo difícil para los usuarios encontrar una discusión que cumpla sus necesidades. En otro escenario, múltiples grupos pueden tener las mismas necesidades, pero posiblemente ninguno tendría todas las fuentes requeridas para cumplimentar las necesidades de un usuario particular.

En segundo término, los sistemas de GC deben proporcionar capacidades de búsqueda con un cierto nivel de precisión. En el caso de las búsquedas en Internet, se producirán, con frecuencia, miles de posibles soluciones para los requerimientos de búsqueda. Ésta puede trabajar en entornos Internet, pero no es generalmente apropiada en entornos de intranet para individuos en las organizaciones. Para proporcionar un nivel de precisión adecuado, los sistemas de GC necesitan determinar de forma no ambigua que temas residen en unas BB.CC. particulares. Para el usuario, lo correcto (ontología) significa la diferencia entre gastar horas buscando la información o ir directo a la fuente.

En tercer lugar, los sistemas de GC necesitan tener capacidades de filtrado. Estos sistemas de filtrado de una fuente examinan cantidades de información y dirigen al usuario hacia la fuente de información de su interés. Estos filtros, que dependen de la naturaleza del sistema, pueden basarse tanto en la computadora, tales como agentes inteligentes, como en las personas. Para usar un sistema de filtrado, los usuarios deben especificar palabras clave o conceptos, dependiendo de la naturaleza del sistema de filtrado, que captura la naturaleza de los conocimientos deseados. Por lo tanto, es esencial una ontología para capturar el conjunto de todas las necesidades de filtrado y, en consecuencia, de los filtros necesarios.

En cuarto término, las ontologías también facilitan la reutilización de conocimientos almacenados en el sistema de GC. Por ejemplo, las firmas consultoras típicamente archivan conocimientos referidos a propuestas, que contienen información acerca de las propuestas hechas para hacer trabajos que generen ingresos a otras organizaciones. Las BB.CC. de propuestas pueden ser bastante grandes, por eso es crítico que los usuarios sean capaces de encontrar lo que están buscando. Para determinar si una propuesta previa es lo bastante similar para una reutilización potencial, las propuestas de los usuarios deben haber sido categorizadas a lo largo de las dimensiones comunes del vocabulario de una ontología, tales como dominio o industria. De esta forma, es posible encontrar fácilmente los conocimientos previos relacionados con un proceso que se está realizando en una organización ya que en las ontologías se llevará a cabo una clasificación virtual de todos los conocimientos en BB.CC. de consultores.

Finalmente, los sistemas de GC proporcionan oportunidades para la colaboración y uso de la experiencia. Sin embargo, sin un adecuado conjunto de ontologías, la carencia de un lenguaje común puede causar confusión en la colaboración. La confusión también podría surgir en la elección de los «participantes» en la colaboración. Un sistema de GC intenta facilitar el contacto entre los expertos y la gente en busca de su experiencia. Si no está disponible una ontología de experiencia clara para soportar tales contactos, aquellos buscadores de experiencia no encontrarán a los expertos que están buscando o encontrarán expertos que no necesitan.

Como lo indicó interrogativamente Singe, «la investigación sobre micromundos y las teorías de dinámica empresarial basadas en "estructuras genéricas" (como la teoría de las interacciones de calidad-coste-capacidad que subyacen en el juego del reclamo) conducirán a una "biblioteca de micromundos", y esa biblioteca, adaptada a las necesidades de una organización, creará una nueva forma organizativa». Desde un punto de vista de GC, cada uno de esos micromundos puede establecerse,



definirse y representarse, mediante ontologías. Y ésta es una razón más de por qué las ontologías son trascendentales en la GC en general y en las memorias institucionales en particular.

Otro asunto importante a considerar es el que se plantea a continuación. ¿Cuándo una ontología es preferible a otra? ¿Qué características definen la preferibilidad de una ontología? Estas características, son las siguientes:

- **Costes-Beneficios.** Para obtener buenos resultados económicos las organizaciones deben tomar decisiones basadas en análisis de costes-beneficios. Dado que la generación de una ontología debe ser evaluada también con ese criterio de costes-beneficios, las organizaciones pueden sentirse presionadas para colaborar o usar las ontologías existentes o derivadas de ellas.
- **Descomponibilidad.** Para discusiones en grupo y que las BB.CC., tengan una audiencia bien definida, las ontologías en las que se basan, necesitan ser descomponibles en elementos de conocimientos relativamente independientes, con poco solapamiento. Esta independencia hace más eficiente la búsqueda de los conocimientos. Los elementos de las ontologías también deben ser independientes; en otro caso, las definiciones de términos se solaparán y las búsquedas serán cuando menos ineficientes y a veces inefectivas.
- **Fácilmente entendibles.** Ciertamente los usuarios que deseen emplear una ontología deben ser capaces de entenderla y usarla. Asegurar que los materiales están bien definidos y gráficamente ilustrados incrementará su entendibilidad.
- **Ampliables.** Los conocimientos cambian, a veces muy rápidamente, por ello, las ontologías deben ser ampliables a nuevos conceptos. Las ontologías desarrolladas por las organizaciones también deben permitir a las mismas incorporar sus propios y únicos aspectos en una ontología. De este modo, deben acomodar diferentes marcos y requisitos institucionales.
- **Mantenibilidad.** Los conocimientos son dinámicos, así las BB.CC. y las ontologías necesitan cambiar con el tiempo. Para facilitar estos cambios, los conocimientos deben estar empaquetados en un formato que sea fácilmente mantenible.
- **Modularidad y comunicación.** Los sistemas de GC generalmente tienen múltiples BB.CC. y grupos de discusión, cada uno de ellos teniendo potencialmente sus propias ontologías. Por ello, es necesario que las ontologías puedan comunicarse e interrelacionarse entre sí. Por eso, debe haber una manera de formular las múltiples, y potencialmente conflictivas, ontologías juntas para búsqueda y otras capacidades.
- **Basadas en teorías o marcos de trabajo.** Si una ontología se basa en una teoría, ese marco de trabajo puede facilitar muchas de las elecciones que necesitan hacerse. Un marco de este tipo, puede mitigar cuestiones de redundancia y conflicto. Estos marcos de trabajo pueden facilitar la categorización de los conocimientos de MM.PP.
- **Relacionar la información analizada.** Mientras las ontologías pueden existir dentro de una organización, éstas no operan independientemente del resto del mundo. Por lo tanto, cualquier ontología que construya una organización debe relacionarse con su entorno exterior. Por ejemplo, si el término reingeniería lo usa el resto del mundo, este término debería tener un entendimiento similar dentro de la organización. En otro caso, pueden surgir ambigüedades y equívocos acerca de las definiciones cuando se integran informaciones externas. Esta cuestión es particularmente importante si el objetivo de la BB.CC. es contener información de fuentes externas tales como artículos de revistas, etc.
- **Universalmente entendible o traducible.** En esta época de organizaciones multinacionales, idealmente, una ontología debería ser universalmente entendida. Como resultado, si una ontología no es entendida universalmente debería ser traducida incluyendo dialectos.

## 11.2. ONTOLOGÍAS Y BB.CC.

Los componentes tal vez más importantes de los sistemas de GC sean las BB.CC. y las ontologías. En efecto, los sistemas de GC emplean un amplio rango de BB.CC. incluyendo especialmente las de LL.AA. y MM.PP. Para usar efectivamente esas BB.CC., es necesario generar ontologías que permitan a los usuarios definir precisamente qué recursos necesitan y quieren. De hecho, las ontologías y BB.CC. están estrechamente relacionadas en GC. Las ontologías definen las características y visiones de las BB.CC., al tiempo que emplean modelos que son útiles en la definición y acceso a las BB.CC. Además las ontologías permiten facilitar la comunicación entre múltiples usuarios y enlaces entre múltiples BB.CC. A su vez, las BB.CC. confían en las ontologías para una especificación no ambigua de visiones y estructura.

En efecto, la GC es la gestión formal de los conocimientos para facilitar la creación, acceso y re-utilización de los conocimientos usando especialmente tecnología avanzada. Los sistemas de GC contienen numerosas BB.CC., de datos y noticias, tanto cualitativos como numéricos. Además estos sistemas permiten, con frecuencia, las discusiones en grupo que se centran sobre un conjunto único de asuntos o actividades específicas.

Las BB.CC. engloban el contenido del sistema de GC. Dependen habitualmente del dominio y negocio específicos en los cuales está inmersa la organización. Típicamente, las BB.CC. incluyen propuestas, contratos, noticias, LL.AA., MM.PP. y un amplio abanico de otros temas. Las BB.CC. de contratos reúnen información acerca de distintos trabajos que están capturados en papeles de trabajo, reales o virtuales. Las BB.CC. de propuestas, por su parte, capturan información acerca de las propuestas que una organización concreta ha efectuado para generar contratos. Las BB.CC. de noticias proporcionan noticias de interés para la organización, mientras que otras BB.CC. permiten acceder a artículos recientes en diarios y revistas. Las BB.CC. de MM.PP. proporcionan acceso a procesos de la organización que parecen definir la mejor forma de hacer las cosas. Las BB.CC. de expertos, es decir, las «páginas amarillas» identifican quién es experto en la organización en un conjunto particular de actividades, y así sucesivamente.

## 11.3. RELACIONES ENTRE MM.CC. Y ONTOLOGÍAS

Ahora que ya se conocen las técnicas de representación de conocimientos, esto es, los MM.CC. y ontologías, se va a explicitar las relaciones existentes entre ellas. Bien es cierto que hay ontologías que se pueden trasladar al campo de los MM.CC. y viceversa, por tratarse ambas de técnicas de representación de conocimiento. No obstante, cada técnica tiene su orientación, y es más adecuada dependiendo del contexto o la situación. Es aquí donde entra la pericia del investigador de conocimiento para elegir la técnica más adecuada.

Tabla 12. Relaciones entre MM.CC. y ontologías

Relación	MM.CC.		Ontología	
Tipos I	Globales, detallados, o resumen «Ad-hoc Archivo»		<div>De la organización De la tarea Del dominio Aplicación Otras</div>	
Tipos II	Conceptos Mentales Información TIC Valores Carretera			
Dominios	Estratégicos: Planificación Negocio Oportunidades TIC Etc.		Técnicos: Medicina Aeronáutica Medidas Sistemas Etc.	
Procesable	En principio pensado para niveles conceptuales, pero se puede implementar		Comprende desde niveles procesables hasta niveles de implementación por ejemplo: portal de ontologías	
Razonamiento	A nivel de clase A nivel de instancia Combinado	No automático	A nivel de clase A nivel de instancia Combinado	Automático
Meta	Se pueden definir MM.CC. en función de sí mismos		Metaontologías	
Componentes	Conceptos	→ Nodos	<div>Conceptos (Clases) Relaciones Atributos Funciones Procedimientos Axiomas Instancias de clase Instancias de relación Reglas de producción</div>	
	Relaciones	→ Enlaces etiquetados		
	Otras configuraciones especiales	→ Valores Hitos Tareas Etc.		
Otras características	Procesamiento muy visual e intuitivo Representación conceptual		Procesamiento automático Comunicación entre sistemas	

Como se puede ver en la tabla 12, los MM.CC. están más orientados a representación conceptual de conocimientos. Por su parte las ontologías se componen de modelos que van desde la conceptualización hasta la implementación, por ejemplo en portales de ontologías, pasando por algún tipo de formalización. Aunque ambas técnicas se pueden implementar, las ontologías están concebidas para compartir vocabulario común entre diferentes sistemas permitiendo la interacción entre ellos. Esta razón, entre otras, es la que hace que los dominios que cubren las ontologías sean más técnicos, mientras que los MM.CC. adquieran un carácter más estratégico, de planificación o gestión.

También se puede observar en la tabla que, en ambos casos, se pueden realizar razonamientos, tanto a nivel de clase, instanciando el modelo a un caso particular, o de manera combinada, aunque en ontologías por lo general se suelen hacer de manera automática.



## CONCEPTOS BÁSICOS A RETENER

Al finalizar el estudio de esta Unidad didáctica se debe entender la definición de ontologías, así como su funcionamiento, características y diversos usos o enfoques de las mismas.



## EJERCICIOS VOLUNTARIOS

Tras el estudio de esta Unidad didáctica, el estudiante puede hacer, por su cuenta, una serie de ejercicios voluntarios, como los siguientes:

1. Define ontológicamente los siguientes términos:
  - Coche.
  - Coche deportivo.
  - Coche de caballos.
2. Establece una ontología sobre una asignatura de tu carrera.
3. Usando el método dado en la Unidad didáctica, construye una ontología sobre algún concepto asociado a tu grado.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### Básica

BORST: *Construction of engineering ontologies*, Centre for Telematica and Information Technology, University of Twente, Enschede, The Netherlands, 1997.

GÓMEZ, FERNÁNDEZ y CORCHO: *Ontological engineering with examples from the areas of knowledge management, e-commerce and the semantic web*, Berlin, Alemania: Springer Verlag, 2004.

GRUBER: *A translation approach to portable ontology specifications knowledge*, Acquisition 5 (2), 1993.

GUARINO, CARRARA y GIARETTA: «Formalizing ontological commitments», in HAYES-ROTH y KORF (Eds.) *12th National Conference on Artificial Intelligence (AAAI'94)*, Seattle, Washington: AAAI Press, Menlo Park. CA, 1994.

MARÍN y PALMA: *Inteligencia artificial. Técnicas métodos y aplicaciones*, Madrid: McGraw Hill, 2008.

MORAL, PAZOS, RODRÍGUEZ, RODRÍGUEZ-PATÓN y SUÁREZ: *Gestión del Conocimiento*, Madrid: Thomson Editores Spain, Paraninfo, SA, 2007.