

Inteligencia artificial

Sistemas basados en el conocimiento

Gispert Sánchez, Francesc-Xavier

Lorente García, Ester

Martín Alaminos, David

3 de mayo de 2015

Índice

1. Introducción	2
2. Identificación del problema	3
2.1. Descripción del problema	3
2.2. Viabilidad del desarrollo	5
2.3. Fuentes de conocimiento disponibles	6
2.4. Objetivos del sistema	6
3. Conceptualización	8
3.1. Elementos del problema	8
3.2. Estructura del problema	10
3.3. Proceso de resolución	11
4. Formalización	13
4.1. Ontología del dominio	13
4.2. Razonamiento para la resolución	14
5. Implementación	16
6. Prueba	17
7. Conclusión	18

1. Introducción

Algunos problemas no se pueden resolver satisfactoriamente con algoritmos de carácter general, sino que su resolución requiere de conocimiento específico sobre elementos del dominio de definición del problema que permita tomar decisiones adecuadas. Por ello, la inteligencia artificial hace uso de sistemas basados en el conocimiento para solucionar problemas de alta complejidad.

En este trabajo, lo ejemplificamos mediante la implementación de un sistema de recomendación de asignaturas de la FIB a sus alumnos teniendo en cuenta sus preferencias y las restricciones sobre las asignaturas de la FIB, entre otros criterios. Esta tarea es altamente dependiente de la información disponible sobre la estructura de las asignaturas y sobre las características propias de los alumnos. Se trata, pues, de un problema para el cual tiene mucho sentido el uso de un sistema basado en el conocimiento, separando así el tratamiento de la información subyacente de los algoritmos de razonamiento que generan las recomendaciones.

Se desarrolla, pues, una ontología que almacena la información sobre las asignaturas y los estudiantes usando Protégé y un sistema de reglas que describen el proceso de toma de decisiones usando CLIPS. El desarrollo de la práctica, así como la estructura de este informe, siguen un modelo esencialmente en cascada basado en la ingeniería del conocimiento y que se divide en las siguientes fases: identificación del problema, conceptualización, formalización, implementación y prueba. A pesar de la dimensión reducida de esta práctica, sin embargo, hemos iterado algunas veces sobre este esquema, volviendo a fases anteriores para mejorar el diseño de nuestra solución.

En el resto de este documento, explicamos los pasos del desarrollo de nuestra solución y mostramos y analizamos los resultados obtenidos.

2. Identificación del problema

La ingeniería del conocimiento parte de una fase de identificación y análisis del problema a tratar antes del inicio del proceso de creación de un sistema basado en el conocimiento para resolverlo. Es decir, es indispensable evaluar los requisitos del problema, así como los recursos disponibles para resolverlo y, en consecuencia, la viabilidad del proyecto. En función de este análisis, se pueden establecer unos objetivos concretos y empezar con el proceso de resolución en sí.

2.1. Descripción del problema

El proceso de matriculación de asignaturas en la FIB por parte de los estudiantes requiere de la consideración de una multitud de factores muy variados e interdependientes. La gran diversidad de asignaturas con sus distintos requisitos, horarios y grupos puede plantear un reto a la hora de elegir un subconjunto de ellas adecuado a la situación y a la predilección por algunos temas del alumno. Con el objetivo de simplificar al máximo este trámite, se plantea el desarrollo de una aplicación de recomendación de asignaturas que tenga en cuenta todas estas variables.

El sistema empleado para hacer la recomendación se basa en las características de las asignaturas. Además, el sistema dispone de los expedientes de los alumnos de la FIB y se sirve de datos adicionales recopilados mediante preguntas a los usuarios (estudiantes) para aumentar la base de datos sobre estos. A partir de esta información, pues, se pueden construir recomendaciones personalizadas más ajustadas a la realidad individual del estudiante.

En particular, para cada asignatura de la FIB se almacena su nombre, el curso en el que está ubicada según el plan de estudios, el número de créditos a los que corresponde, su distribución en clases de teoría, problemas y laboratorio, si es de proyecto, si es obligatoria, de especialidad (y, en este caso, a qué especialidad corresponde) u optativa, qué temas trata, las competencias transversales asociadas a esta, los horarios en los que está disponible, el número de matriculados y de aprobados del cuatrimestre anterior, ...

Se dispone además de conjuntos de temas generales, especializados y no informáticos que engloban algunas asignaturas. De entre estos, los temas especializados se relacionan entre sí según un grado de afinidad. Esta clasificación de las asignaturas en temas permite ofrecer recomendaciones adecuadas a los intereses de los alumnos.

El sistema contiene también los expedientes académicos de los alumnos, es-

estructurados según las convocatorias a las que se han presentado de cada asignatura: para cada una de estas, se almacena el cuatrimestre y el horario en el que se cursó la asignatura y la calificación final obtenida.

Además de la información contenida en el sistema, se ofrece la posibilidad de que el alumno añada información adicional sobre sus intereses y restricciones que conciernen a la elección de las asignaturas. En particular, este puede especificar un número máximo de asignaturas a mostrar, un máximo de horas de dedicación esperadas o de dedicación a prácticas esperadas, los horarios en los que puede asistir a clase, los temas de su interés, un interés en terminar la especialidad o en adquirir determinadas competencias transversales, un nivel de dificultad aceptable para las asignaturas recomendadas, ...

Sin embargo, el alumno no tiene la obligación de introducir todos estos datos. En tal caso, algunas de estas preferencias y restricciones son inferidas por el sistema a partir de los datos de los que se dispone: su expediente hasta el momento y los datos sobre las asignaturas y el sistema docente de la FIB. Es decir, en ausencia de información explícitamente proporcionada por el propio alumno, el sistema toma decisiones sobre sus preferencias y restricciones basándose en la información previa (o sea, aquella proveniente de un análisis del expediente del alumno) y del conocimiento sobre el dominio (o sea, sobre las asignaturas disponibles y sus características y relaciones con los distintos elementos del plan de estudios de la FIB).

El conocimiento inferido se estructura según unos parámetros que permiten relacionar un alumno con distintas asignaturas para determinar la recomendación final: su disponibilidad horaria, la dedicación posible, el volumen de trabajo que puede asumir, la lista de temas de su interés, la especialidad que cursa, su interés por terminarla, ...

A partir de los parámetros descritos, es posible realizar una búsqueda sobre las asignaturas disponibles y asociar a cada una de ellas un grado de afinidad con el alumno para la recomendación (es decir, un índice que estima cuán apropiada es cada asignatura para el alumno). Finalmente, una vez determinados estos, se escogen hasta un máximo de seis asignaturas (aquellas que el sistema ha señalado más adecuadas) para elaborar la recomendación final, que incluye asimismo un grado de recomendación para cada una de ellas y los motivos que han conducido al sistema a recomendar esas asignaturas.

2.2. Viabilidad del desarrollo

De la descripción hecha en la Subsección 2.1, se deduce que el problema tratado es esencialmente un problema de análisis: mediante el conocimiento del que se dispone sobre las asignaturas y el estudiante, se espera que el sistema evalúe su compatibilidad y, a partir de esta evaluación, clasifique las asignaturas en recomendables (con ciertos grados) o no recomendables.

Por lo tanto, este problema no dispone de una solución algorítmica directa usando los métodos clásicos, puesto que se trata de un problema complejo y altamente dependiente del conocimiento sobre sus múltiples elementos (esencialmente, las particularidades asociadas a las asignaturas y al plan de estudios de la FIB y las necesidades y preferencias de los estudiantes). Además, este conocimiento es inicialmente incompleto (por ejemplo, un estudiante no tiene por qué rellenar todos los posibles campos a tener en cuenta en la recomendación) y no hay un método exacto para establecer los grados de recomendación de las asignaturas, sino que hay que usar métodos heurísticos que aproximen los razonamientos lógicos que podría hacer una persona (y sin disponer de un conocimiento completo).

Por ende, parece una elección razonable modelar este problema como un problema de clasificación heurística, que se puede resolver con un sistema basado en el conocimiento. Este puede seguir un esquema basado en la abstracción de los datos relevantes a partir de toda la información disponible para la creación posterior de una cierta asociación de asignaturas al alumno con métodos heurísticos de razonamiento, determinando así la recomendación final.

Si bien es cierto que no se dispone de todo el conocimiento del problema, el sistema almacena los datos de los elementos principales de la solución: las asignaturas y los alumnos. Concretamente, hay toda una serie de características y relaciones que describen (en algunos casos cualitativamente) las asignaturas y las preferencias y necesidades de los alumnos, permitiendo así razonar sobre estos para obtener un cierto conocimiento (aunque este puede no ser del todo preciso ante la falta de datos en la entrada) para generar una recomendación que se ajuste el máximo posible al alumno según la información de la que se dispone.

Los razonamientos que llevan a la recomendación de asignaturas según los criterios establecidos se pueden emular usando las reglas de producción de un sistema basado en el conocimiento.

En conclusión, la implementación de un sistema basado en el conocimiento para la resolución de este problema parece factible (puesto que se dispone de todos los elementos necesarios para ello) y, por otra parte, no se conocen algoritmos

en el sentido “clásico” para tratarlo de forma exacta.

2.3. Fuentes de conocimiento disponibles

En todo momento se ha asumido que el sistema basado en el conocimiento diseñado para la resolución de nuestro problema dispone del conocimiento necesario sobre las asignaturas y los alumnos. Para que esto sea cierto, pues, hace falta considerar las fuentes de conocimiento disponibles y analizar si son suficientes para obtener el conocimiento descrito.

La primera y más importante fuente de conocimiento es la FIB. Como institución encargada de ello, la FIB dispone de toda la información relativa a las asignaturas y a los planes de estudios, así como del expediente académico de sus alumnos. Se trata, pues, de una fuente fiable que ya almacena la mayor parte del conocimiento requerido de forma estructurada e, incluso, mantiene parte de ello en sitios públicos (básicamente, su página web).

Observamos, aún así, que en el caso de esta práctica no vamos a disponer de los expedientes reales de los alumnos de la facultad. Por lo tanto, para la realización de la práctica nos inventaremos algunos ejemplos de distintos tipos de expedientes para probar el funcionamiento del sistema. Sin embargo, en un caso real sí podríamos tener acceso a estos datos a través de la FIB.

La otra fuente de conocimiento importante son los propios alumnos. Estos son los únicos conocedores reales de sus circunstancias: necesidades y preferencias relativas a las asignaturas que pueden cursar. Estos datos son vitales para generar recomendaciones ajustadas a su perfil. A pesar de todo, es posible que no proporcionen toda la información al sistema, en cuyo caso se infieren algunos datos razonables a partir de la información proporcionada por la FIB.

En definitiva, estas son las fuentes más fiables de las que podemos obtener todo el conocimiento necesario para nuestro sistema.

2.4. Objetivos del sistema

Definimos finalmente los objetivos clave que debe satisfacer el sistema para resolver correctamente el problema que nos planteamos.

En primer lugar, el sistema debe ser capaz de obtener las restricciones y preferencias respecto a las asignaturas del alumno mediante la formulación de preguntas a este. Sin embargo, el usuario debe poder ignorar estas preguntas y, bajo estas circunstancias, el sistema tiene que ser capaz de inferir algunas restricciones y preferencias del alumno tras un análisis de su expediente.

El objetivo fundamental del programa es, una vez recopilado este conocimiento sobre el alumno, y sumado al conocimiento que ya tiene que haber almacenado en el sistema sobre las características particulares de las asignaturas y del plan de estudios, establecer una valoración de la adecuación de las asignaturas al perfil del alumno (es decir, teniendo en cuenta sus intereses, preferencias y restricciones). Basándose en esta valoración, el programa tiene que hacer una selección final de hasta un máximo de seis asignaturas (aquellas que se han determinado “más recomendables”) para ofrecer la recomendación final al alumno.

Finalmente, el sistema tiene que presentar al alumno la recomendación de asignaturas de forma clara. En particular, el sistema debe ser capaz de mostrar, para hasta un máximo de seis asignaturas recomendadas, un grado cualitativo de recomendación (altamente recomendable o solo recomendable) y los motivos que han conducido al sistema de razonamiento a determinar la recomendación de esa asignatura (es decir, una justificación del porqué de la recomendación). Evidentemente, estas asignaturas tienen que ser válidas para que el alumno las matricule el siguiente cuatrimestre y tienen que cumplir todas las restricciones impuestas.

3. Conceptualización

Hasta el momento, se ha dado una descripción detallada del problema y un breve análisis que culmina con el establecimiento de unos objetivos concretos. Así, se da paso a la fase de conceptualización. En esta fase se abstraen los conceptos clave del problema (dando lugar así a un primer esquema de la ontología que recopila el conocimiento del dominio). A su vez, estos conceptos permiten estructurar correctamente el problema en subproblemas más sencillos y desarrollar una serie de estrategias de resolución para cada uno de estos mediante razonamientos basados en el conocimiento disponible. El análisis realizado en esta fase se basa principalmente en la perspectiva que podría ofrecer un experto en el dominio.

3.1. Elementos del problema

Tal y como se ha explicado en la Subsección 2.1, los elementos de este problema se pueden clasificar en dos grandes grupos: por un lado están las asignaturas, sus características particulares y las relaciones entre ellas y con el plan de estudios; por otro lado hay los alumnos, sus expedientes y sus restricciones y preferencias en cuanto a las asignaturas que pueden cursar.

Las asignaturas se identifican con las siglas de su nombre. Para cada asignatura del grado, hay que tener una serie de datos sobre su lugar en el plan de estudios y la cantidad de trabajo asociada, así como información acerca de su contenido, para poder satisfacer las restricciones que pueda imponer el alumno y tener en cuenta en la medida de lo posible sus preferencias.

Así, se almacena para cada asignatura el curso en el que está planeada y el tipo de asignatura de que se trata: obligatoria, de especialidad u optativa. En el caso de las asignaturas de especialidad, se sabe también a qué especialidades pertenecen. Con estos datos, se puede comprobar la adecuación de la asignatura al alumno según su progreso en el plan de estudios (por ejemplo, es importante saber si un alumno todavía tiene pendientes algunas asignaturas obligatorias o si está en una determinada especialidad a la hora de recomendarle asignaturas). Como el plan de estudios obliga a los alumnos a cursar por lo menos una asignatura con el nivel tres de cada una de las competencias transversales, se tiene en cuenta qué competencias transversales y a qué nivel se desarrollan en cada asignatura: con esta información, se puede ofrecer una recomendación que permita desarrollar las competencias restantes a un alumno que esté en una fase avanzada del grado. Se considera también el número de créditos a los que corresponde cada asignatura y la distribución de esta carga de trabajo en horas de teoría, de

problemas o de laboratorio, así como el número de matriculados y el porcentaje de aprobados del cuatrimestre anterior. A partir de estos datos, se puede hacer una estimación de la dificultad y el esfuerzo que conllevan las asignaturas para ofrecer una recomendación razonable según las capacidades y limitaciones del alumno en cuestión. Otro dato importante a tener en cuenta es la disponibilidad horaria de las asignaturas (algunas se ofrecen solo en horario de mañana o de tarde), puesto que habrá que respetar las restricciones horarias del alumno.

Hay que tener en cuenta asimismo el contenido de las asignaturas para hacer una recomendación adecuada a los gustos e intereses del alumno. Para ello, se tiene una clasificación de temas genéricos, especializados y no informáticos. Algunos temas especializados están interrelacionados según su afinidad. De este modo, se conocen los temas que trata cada asignatura y se puede utilizar esta información, junto a los intereses mostrados por un alumno, para ofrecerle una recomendación de asignaturas personalizada (es decir, se intentará recomendar asignaturas que traten los temas en los que el alumno está interesado o bien temas afines a estos).

Los alumnos se identifican con su DNI. Para cada alumno, se dispone de su expediente completo en la FIB y se le pregunta acerca de o se deducen una serie de preferencias y restricciones sobre la matrícula de asignaturas con el objetivo de ofrecer una recomendación adecuada.

Concretamente, el expediente de un alumno está formado por un registro de todas las convocatorias de examen de todas las asignaturas en las que ha estado matriculado. Para cada una de estas convocatorias, se conoce la toda la información ya descrita de la asignatura a la que corresponde, en qué cuatrimestre y con qué horario se cursó la asignatura y la calificación final obtenida. A partir de estos datos se pueden inferir algunas preferencias o restricciones del alumno: por ejemplo, se puede saber si está en alguna especialidad en concreto (y, en este caso, qué asignaturas le quedan para terminarla), los temas por los que ha mostrado interés hasta el momento, qué competencias transversales tiene evaluadas, o incluso se puede obtener una estimación de la carga de trabajo que puede asumir o de su preferencia horaria particular.

Sin embargo, se dará la oportunidad al alumno de introducir sus restricciones y preferencias de forma explícita, puesto que el conocimiento obtenido de este modo es más fiable que el inferido a partir de los datos pasados y puede marcar la diferencia con recomendaciones más precisas y ajustadas al perfil del alumno.

Las restricciones son de obligado cumplimiento en las asignaturas recomendadas, mientras que las preferencias afectan al grado de recomendación pero no

son estrictamente necesarias. Se consideran restricciones y preferencias de distintos tipos. Por un lado, hay preferencias y restricciones relacionadas con la carga de trabajo: un número máximo de asignaturas a matricular, un número máximo de horas de dedicación o un número máximo de horas dedicadas a laboratorios, o bien un nivel de dificultad máximo asumible en las asignaturas. También hay preferencias y restricciones de tipo horario (es decir, el alumno puede tener una mayor disponibilidad por la mañana o por la tarde) y otras en relación al plan de estudios del grado: un nivel de interés en terminar la especialidad cursada o algunas competencias transversales que prefiera obtener. Finalmente, hay aquellas preferencias y restricciones relacionadas con los temas tratados en las asignaturas (el alumno puede preferir cursar asignaturas que traten determinados temas y, en cambio, puede querer evitar otros temas).

Como ya se ha mencionado anteriormente, el usuario tiene la posibilidad de añadir todas estas preferencias y restricciones explícitamente para que el sistema de recomendación las tenga en cuenta. En caso contrario, el sistema inferirá algunas de estas (mayoritariamente en forma de preferencias) basándose en el conocimiento disponible sobre los cuatrimestres pasados (es decir, en el expediente del alumno).

3.2. Estructura del problema

A fin de resolver este problema, en el que intervienen muchos elementos altamente diferenciados, es importante descomponerlo en subproblemas más simples que faciliten un tratamiento sistemático mediante razonamientos sobre el conocimiento adquirido.

La descripción de los diversos elementos del problema en la Subsección 3.1 ya sugiere una cierta estructura en subproblemas diferenciados que se pueden resolver de forma individual.

Primeramente, hay que obtener el máximo de información posible del usuario (es decir, del alumno para el que hay que generar una recomendación de asignaturas). Es decir, este subproblema consiste en consultar al usuario sobre sus preferencias y las restricciones que quiera imponer a la recomendación mediante un sistema de preguntas directas que se adapte con nuevas preguntas en función de las respuestas obtenidas (de modo que el usuario pueda ofrecer suficiente conocimiento útil respondiendo al mínimo número de preguntas posible).

En segundo lugar, se debe obtener el conocimiento faltante a partir del expediente del alumno. Es decir, hay que inferir aquellas preferencias y restricciones que el usuario ha omitido mediante un sistema de reglas de razonamiento basa-

das en su expediente pasado. Con estas dos fases, se determinan completamente las restricciones que deberán cumplir las asignaturas recomendadas y las preferencias que guiarán el proceso de selección de asignaturas.

El tercer subproblema consiste en abstraer de las restricciones y preferencias del alumno obtenidas un conjunto de características clave suficientemente descriptivas y que vengan determinadas por unos valores mucho más restringidos. Esto facilitará la calificación de la adecuación de las asignaturas al alumno (puesto que el tamaño de los datos a analizar será menor).

Finalmente, hay que asociar a cada asignatura disponible para la matrícula del alumno un cierto grado de adecuación para la recomendación, basándose en las características del alumno y las de la asignatura. Una vez calculados estos niveles de recomendación, se puede elaborar la solución final seleccionando aquellas asignaturas más idóneas (hasta un máximo de seis).

3.3. Proceso de resolución

Como se ha explicado en la Subsección 3.2, el proceso de resolución del problema empieza con una recopilación de información sobre las preferencias del alumno y las restricciones que este impone en las asignaturas que se le recomendarán. A tal efecto, se formulan una serie de preguntas para determinar la carga máxima de trabajo y la dificultad de las asignaturas que el alumno está dispuesto a asumir, sus preferencias o necesidades horarias, si quiere empezar una cierta especialidad o, en caso de que ya la haya empezado, si tiene especial interés en completarla, si da especial importancia a las competencias transversales que aún no ha obtenido, cuáles temas le interesan y cuáles no para las próximas asignaturas, ... El usuario puede decidir no responder a algunas de estas preguntas, en cuyo caso se adaptarán las preguntas restantes para evitar preguntar sobre temas similares a los ignorados.

Para todas aquellas preguntas que el usuario decida ignorar, se aplicará un proceso de inferencia basado en su expediente para obtener un conocimiento equivalente en la medida de lo posible. En particular, se observarán los patrones en la carga de trabajo y la dificultad de las asignaturas cursadas en cuatrimestres anteriores y los resultados académicos obtenidos para estimar las capacidades y la dedicación del alumno, se buscarán algunos patrones básicos en los horarios de estas asignaturas previas para deducir la disponibilidad del alumno, se evaluará su progreso en el plan de estudios del grado para determinar si le conviene cursar unas determinadas asignaturas (por ejemplo, para terminar la especialidad o bien para completar todas las competencias transversales y poder obtener el tí-

tulo del grado), se considerarán los temas tratados en las asignaturas que haya elegido previamente para determinar sus intereses, ...

Tras la adquisición de todo el conocimiento necesario para resolver el problema original, se procede a una abstracción de aquellas características más relevantes del alumno para simplificar la evaluación de las asignaturas recomendables. Es decir, planteamos la resolución de este problema usando las técnicas de clasificación heurística (sin embargo, sin una fase de refinamiento, que se antoja innecesaria para este problema porque la asociación heurística ya proporciona la solución).

Posteriormente, las asignaturas se filtran en función de sus características (horarios, dificultad, carga de trabajo, temas tratados, ...) con el objetivo de retirar aquellas que no cumplen alguna de las restricciones impuestas por el alumno. Finalmente, se valoran las asignaturas restantes mediante reglas heurísticas de razonamiento y se les asigna una puntuación que estima cuán recomendables son, incentivando la elección de aquellas que más se acercan a las preferencias del usuario. Durante este proceso, se pueden almacenar también los motivos que llevan al sistema a establecer las puntuaciones (es decir, las reglas que se han podido aplicar en función de las preferencias consideradas). Con esto, el problema ya está prácticamente resuelto y solo queda mostrar al usuario aquellas asignaturas con una puntuación más elevada (es decir, las más recomendables) junto a una calificación cualitativa del grado de recomendación y los motivos por los que se recomiendan. Concretamente, se eligen hasta un máximo de seis asignaturas y todas ellas deben ser mínimamente apropiadas para el perfil del alumno.

4. Formalización

Tras el análisis detallado de los elementos que conforman el problema y las estrategias a seguir para resolverlo de forma estructurada, es necesario representar todo este conocimiento de forma adecuada. Para ello, se trabaja desde la perspectiva de un ingeniero del conocimiento y se desarrolla una ontología y unas reglas de razonamiento precisas para resolver los distintos subproblemas que conforman el problema original. Esta formalización es esencial para la posterior implementación de un sistema basado en el conocimiento.

4.1. Ontología del dominio

El conocimiento adquirido para este problema se representa mediante una ontología. En esta aparecen todos los conceptos detallados en la Sección 3 y las relaciones entre ellos, puesto que debe permitir al sistema basado en el conocimiento razonar sobre ellos de forma adecuada. Para formalizarlos deberemos pensar en una forma para representarlos y que nuestro Sistema Basado en el Conocimiento lo entienda.

La ontología empieza con el Alumno que se podrá distinguir según su DNI. Desde él podremos acceder a todo su expediente de las asignaturas a las que se ha presentado y a sus preferencias sobre como le gustaría ser su próxima elección de matrícula. Ésto nos sirve para que desde la clase Alumno podamos gestionar sus preferencias y restricciones o inferirlas si es necesario y así poder escoger las mejores asignaturas para una buena recomendación.

El expediente único del alumno tendrá todas las convocatorias de exámenes del alumno. Para distinguir una convocatoria usaremos la asignatura y el cuatrimestre en el que se ha presentado. Ésto nos permitirá que un alumno se pueda presentar a la misma asignatura en más de una ocasión si éste la suspendiera. Como atributo tendremos la calificación y su horario.

Las asignaturas son los conceptos que permanecerán estáticos durante toda la ejecución del sistema. Su conocimiento no podrá ser modificado por el alumno porque es independiente a él y es algo nos proporciona la Facultad. **(acabar de explicar)**

Para poder tener acceso a las preferencias y restricciones hemos decidido agruparlos en un solo concepto porque la información que debemos obtener es la misma para ambas, pero con un matiz distinto. Para distinguir entre cada uno tendremos un atributo booleano `esPreferencia` que nos indica si se ha de cumplir siempre (restricción) o si no es algo primordial el que se cumpla (preferencia).

Heredado de él tendremos un subconcepto para cada preferencia/restricción que se quiera introducir en el sistema. Para poder diferenciarlos, usaremos el atributo booleano y su subconcepto. De este modo podremos tener una restricción y una preferencia de un mismo subconcepto.

A continuación mostramos el esquema de la jerarquía de la ontología anteriormente descrita.

(grafo de jerarquía)

4.2. Razonamiento para la resolución

Una vez analizados informalmente todos los elementos que constituyen el problema y establecida una representación formal de todo el conocimiento necesario sobre el dominio (es decir, la ontología), se puede justificar formalmente que el método de resolución señalado es adecuado y detallarlo aún más.

Como se ha indicado en la Subsección 2.2, el problema al que nos enfrentamos es un problema de análisis, en el que hay que escoger una solución de entre un conjunto finito: en particular, hay que seleccionar el subconjunto de asignaturas más adecuado para el alumno en función de sus preferencias y restricciones. Para ello, pues, el sistema debe evaluar la adecuación de cada asignatura a un estudiante teniendo en cuenta el conocimiento del que dispone sobre las asignaturas, el plan de estudios y el alumno, y así clasificar las asignaturas en recomendables o no recomendables (es decir, hay que interpretar los datos de entrada del problema para poder seleccionar una solución adecuada; esta es precisamente una caracterización de los problemas de análisis).

Además, partiendo de unos datos de entrada que proporcionan un conocimiento incompleto hay que asociar a estos una solución mediante razonamientos heurísticos. En conclusión, el método más adecuado para resolver este problema es la clasificación heurística. Para nuestro problema de recomendación la resolución consistirá en tres fases:

1. La **abstracción de datos** consiste en pasar de un problema concreto, la situación de nuestro alumno, y pasarlo a un problema abstracto, una generalización para tratar a todos los alumnos. Si el alumno nos ha introducido preferencias y restricciones, la abstracción será sencilla porque ya tendremos toda la información que necesitaremos para el sistema. En caso contrario, deberemos deducir sus preferencias según su expediente.
2. La **asociación heurística** consiste en pasar de un problema abstracto a una solución abstracta. En esta fase se quiere obtener una posible solución que

normalmente ha funcionado para un mismo patrón de estudiantes y del que se genera una serie de recomendaciones de asignaturas según si son altamente recomendables o solo recomendables.

3. El **Refinamiento** y la **adaptación** consiste en pasar de una solución abstracta a una solución concreta. De este modo, podremos pasar de una solución con distintas recomendaciones, que nos encajaría con el mismo tipo de estudiantes, a nuestro alumno. En esta fase, escogeremos hasta un máximo de seis asignaturas entre todas las recomendadas por el sistema según los datos concretos del alumno para poder depurar mejor la recomendación.

5. Implementación

6. Prueba

7. Conclusión