

# Niveles de Competencia de los Objetivos Formativos en las Ingenierías

Miguel Valero-García y Juan J. Navarro

Dept. de Arquitectura de Computadors  
Universitat Politècnica de Catalunya  
Barcelona  
{miguel,juanjo}@ac.upc.es

## Resumen

En este artículo se discute la cuestión del nivel de competencia de los objetivos formativos en nuestras materias, y las implicaciones en los métodos docentes y de evaluación. A partir de esta discusión se ofrecen algunas reflexiones críticas sobre la situación actual de la docencia en nuestro contexto.

## 1. Introducción

Los objetivos formativos de una asignatura expresan lo que deben haber aprendido los alumnos al finalizar el curso. En general, los objetivos se presentan en forma de lista de frases del estilo siguiente:

- Ordenar diferentes sistemas multiprocesadores por orden de aparición en el mercado
- Escribir programas paralelos eficientes en PVM

El lector debe imaginarse que la lista de objetivos viene precedida por la frase: “*Al finalizar el curso, el alumno debe ser capaz de:*”.

La definición de los objetivos de una asignatura constituye una herramienta importante para los alumnos (porque les orienta sobre la evaluación), para los profesores implicados en impartir la docencia (porque les ayuda a coordinarse y a decidir los métodos docentes y de evaluación adecuados) y para los responsables académicos del plan de estudios al que pertenece la asignatura (porque les permite identificar lagunas, solapamientos, etc.) [1].

En este artículo nos centramos en la cuestión del nivel de competencia de los objetivos formativos. Volviendo a los dos ejemplos de objetivos ofrecidos al inicio de esta sección, resulta evidente que son distintos entre sí en cuanto a la naturaleza de la tarea requerida al alumno. En otras palabras, el segundo objetivo es de un nivel de competencia superior al primero.

El nivel de competencia de los objetivos de una asignatura tiene implicaciones importantes en cuanto a la dificultad que supone para el alumno superar la asignatura y en cuanto a los métodos docentes y de evaluación adecuados. Por ello, es necesario reflexionar de forma sistemática y organizada sobre esta cuestión a la hora de plantear los objetivos de una asignatura y diseñar el plan del curso. En este artículo pretendemos ofrecer un esquema que ayude a realizar esta reflexión.

## 2. La taxonomía de Bloom

Una buena forma de profundizar en el estudio de los niveles de competencia es plantear un esquema de clasificación. Si bien son muchos los esquemas propuestos en la literatura para clasificar el nivel de competencia de los objetivos formativos, sin duda la más influyente es la taxonomía de Bloom [2]. Esta taxonomía propone 6 niveles de competencia. La figura 1 muestra estos niveles en orden creciente de competencia, e indica cómo se caracteriza cada uno de los niveles (las descripciones se han tomado directamente de [3], uno de los muchos textos que usan la taxonomía de Bloom).

En la taxonomía de Bloom cada nivel incluye los anteriores. Es decir, para adquirir la competencia de aplicación es necesario haber adquirido la de comprensión y, previamente, la de conocimiento. Por otra parte, la taxonomía hace referencia exclusivamente al ámbito de los conocimientos, que es el que recibe más atención en la formación universitaria (y en el que nos centraremos en este trabajo). No obstante, existen también propuestas para el ámbito de las habilidades y de las actitudes.

Nuestra experiencia en el uso de la taxonomía de Bloom para clasificar los objetivos de nuestras asignaturas ha sido frustrante. Por una parte, las descripciones de cada uno de los niveles (tanto las

<b>Nivel</b>	<b>Descripción</b>
Conocimiento	Ser capaz de recordar palabras, hechos, fechas, convenciones, clasificaciones, principios, teorías, etc.
Comprensión	Ser capaz de trasponer, interpretar y extrapolar a partir de ciertos conocimientos
Aplicación	Ser capaz de usar conocimientos o principios para resolver un problema
Análisis	Ser capaz de identificar los elementos, las relaciones y los principios de organización de una situación
Síntesis	Ser capaz de producir una obra personal después de haber trazado un plan de acción
Evaluación	Ser capaz de emitir un juicio crítico basado en criterios internos o externos

**Figura 1:** Taxonomía de Bloom (tal y como se presenta en [3])

resumidas en la figura 1 como las originales en [2]) son muy generales y ambiguas, ya que pretenden ser válidas para cualquier ámbito de conocimiento. Por otra parte, existen muy pocos ejemplos de aplicación para el caso de materias relativas a la ingeniería, y, en particular, a la informática. Por tanto, nos hemos encontrado con frecuentes dudas y desacuerdos en cuanto a la clasificación de algunos de nuestros objetivos según la taxonomía de Bloom. No obstante, este esfuerzo de reflexión nos ha ayudado a comprender mejor la naturaleza de nuestros objetivos y las implicaciones en nuestra propia docencia. Y ese es precisamente el propósito de este artículo: motivar al lector a que realice esta misma reflexión en el contexto de su docencia propia. Para ello, en las siguientes secciones presentaremos una versión adaptada de la taxonomía de Bloom, que a nuestro modo de ver es más comprensible para un docente en el área de ingeniería, ilustraremos cada uno de los niveles con ejemplos tomados de nuestra área de conocimiento (la arquitectura de computadores). Esta propuesta y los ejemplos constituyen el hilo conductor que motiva algunas reflexiones críticas sobre la situación actual de la docencia en nuestro contexto. Advertimos, por tanto, al lector que no debe pretender que nuestra propuesta resuelva todas las dudas sobre la frontera entre los niveles de competencia. No es ese nuestro objetivo.

### 3. Una taxonomía adaptada

Nuestra propuesta pretende ser relevante en el ámbito de la enseñanza de las ingenierías, en las que se persigue que el estudiante sea capaz de resolver problemas.

Respetaremos los nombres de cada uno de los niveles de competencia de la taxonomía de Bloom (tales nombres deben verse como simples etiquetas), pero particularizaremos su descripción para nuestro ámbito de interés.

Para ilustrar los diferentes niveles usaremos una serie de ejemplos correspondientes al ámbito de la programación eficiente de sistemas multiprocesadores. La descripción e ilustración de cada uno de los niveles motivará algunas reflexiones sobre nuestros métodos docentes y pondrá de manifiesto algunas inconsistencias en la docencia que en general se imparte en nuestro contexto.

#### 3.1. Conocimiento

A este nivel, la competencia que se requiere del estudiante es que sea capaz de recordar información que le ha sido suministrada con anterioridad. Un ejemplo de objetivo de este nivel de competencia es:

- 1 Describir las ventajas e inconvenientes de los multiprocesadores con memoria común frente a los multiprocesadores con memoria distribuida

Se supone aquí que el alumno ha recibido durante el curso información sobre ventajas e inconvenientes de diferentes sistemas multiprocesadores. Por tanto, lo que se espera de él es que recuerde esta información.

Cualquier método docente que permita presentar al estudiante información de forma organizada es adecuado para desarrollar este nivel de competencia. Entre estos posibles métodos tenemos: la clase expositiva, la lectura de libros, materiales multimedia, etc.

Es interesante observar la escasa frecuencia con la que los exámenes de nuestras asignaturas

evalúan este nivel de competencia. Probablemente se considera que es un nivel poco relevante en la formación del ingeniero, y nuestras evaluaciones prestan mucha mayor atención a niveles de competencia superiores. Esta circunstancia contrasta con el hecho de que, en general, la mayor parte del tiempo de clase se dedica a clases expositivas, que, tal y como se verá más adelante, no es el método más efectivo para desarrollar competencias superiores a la de conocimiento. Por otra parte, hay que decir que los métodos alternativos a las clases expositivas para la obtención de información (libros, materiales multimedia, etc.) se utilizan con mucha menos frecuencia, a pesar de que son precisamente estos métodos (y no las clases expositivas) los que deberán usar los alumnos una vez titulados para mantener sus conocimientos al día.

### 3.2. Comprensión

A este nivel, se espera que el alumno sea capaz de aplicar un procedimiento conocido (una "receta") para resolver el problema dado para el que existe una solución única. Un ejemplo de objetivo de este nivel es:

- 2 Analizar un código Fortran y determinar si tiene problemas de ineficiencia a causa de fallos en la jerarquía de memoria

En este ejemplo se ha usado deliberadamente la palabra analizar (que sugiere un nivel de competencia superior) para ilustrar el hecho de que los nombres de los niveles de competencia son simples etiquetas y que lo realmente importante es determinar lo que se espera que sea capaz de hacer alumno. En este caso, se espera que el alumno sea capaz simplemente de utilizar una herramienta (vista en clase) para activar la contabilización de fallos de acceso a la memoria cache, obtenga la tabla resumen de esa contabilización y compruebe si el número de fallos tiene un impacto significativo en el tiempo de ejecución del programa. En resumen, debe aplicar un proceso sistemático, paso a paso, tal y como lo ha visto aplicar al profesor.

Para alcanzar este nivel de competencia, el alumno debe repetir el procedimiento varias veces para comprobar que es realmente capaz de llevarlo a cabo. Por tanto, la ejemplificación por parte del profesor (quizá en una clase expositiva) es

necesaria pero no suficiente. Debe ser complementada con clases de problemas o de laboratorio en las que los alumnos practiquen con ejemplos concretos. Este tipo de clases pueden ser organizadas de forma razonablemente eficiente, incluso con un número elevado de alumnos (más de 50). Al tratarse de aplicar paso a paso un procedimiento, todos los alumnos deben ir obteniendo los mismos resultados parciales. El profesor puede indicar cuáles son los resultados parciales esperados, verificar que los alumnos han obtenido esos resultados, y ofrecer explicaciones o aclaraciones de los pasos que ofrecen más dificultades. En un escenario así, los estudiantes pueden trabajar en grupo de forma eficiente, verificando que todos los miembros del grupo han obtenido los resultados parciales esperados, y aclarándose mutuamente las dudas y errores cometidos.

Los exámenes típicos de nuestras materias acostumbran a evaluar fundamentalmente el nivel de comprensión, quizá porque resulta mucho más fácil corregir ejercicios con solución única. Sin embargo, tal y como se ha apuntado antes, las clases de problemas o laboratorio como las descritas antes, necesarias para desarrollar el nivel de comprensión, son minoría en relación a las clases expositivas, lo cual supone una falta de sintonía entre objetivos, evaluación y métodos docentes. Ante esta cuestión, muchos profesores argumentan que su plan docente asume que el alumno complementará las clases con el trabajo personal, resolviendo los ejercicios del curso, y que el bajo rendimiento académico de las asignaturas no puede atribuirse a falta de adecuación de los métodos docentes sino al hecho de que los alumnos no suelen dedicar mucho tiempo, después de la clase, a resolver ejercicios. Conviene recordar, no obstante, la frase de John Cowan:

El trabajo del profesor consiste en crear situaciones de las que el alumno no pueda escapar sin haber aprendido

De acuerdo con este principio, creemos que sería mucho más eficaz dedicar una mayor parte del tiempo de clase a crear esas situaciones en las que los alumnos deben resolver los ejercicios en presencia del profesor y de sus compañeros, y apoyarnos más en métodos alternativos a las clases expositivas para suministrar información a los alumnos.

### 3.3. Aplicación

A este nivel, se espera que el alumno sea capaz de elegir el procedimiento (o combinación de procedimientos) adecuado para resolver el problema dado, que puede tener diferentes soluciones válidas. Un ejemplo de objetivo de este nivel sería:

- 3 Paralelizar un bucle Fortran utilizando las directivas OPEN MP adecuadas

En este ejemplo se supone que el alumno conoce diferentes estrategias para paralelizar un bucle, sabe que unas son más adecuadas que otras en función de las características del bucle, y sabe aplicar cada una de ellas (nivel de comprensión). Lo que se espera de él es que elija una estrategia adecuada, en función de las características del bucle que hay que paralelizar, y que la aplique correctamente.

Este ejemplo permite ilustrar la idea de que el nivel de competencia es, en realidad, un continuo, y que la taxonomía es una discretización arbitraria en 6 niveles (podría haber sido cualquier otro número). Supongamos que en realidad no hay muchas estrategias diferentes para paralelizar el bucle, y que una simple inspección de éste permite determinar cuál es la estrategia adecuada. En ese caso, la elección de la estrategia, que es el elemento que caracteriza el nivel de aplicación, no plantea ningún reto y el ejercicio, si bien es de nivel de aplicación (de acuerdo con la definición) estaría muy cerca de la frontera con el nivel de comprensión. Supongamos, por el contrario, que la paralelización de un bucle ofrece muchas alternativas y matices, y que en realidad hay varias estrategias adecuadas. En ese caso, nos encontramos con un ejercicio de tipo aplicación, pero con características muy distintas: la elección de la estrategia es una tarea compleja, y diferentes alumnos pueden optar por explorar caminos distintos, llegando a soluciones diferentes pero correctas todas ellas.

Los métodos docentes que pretenden desarrollar la competencia de aplicación deben tener presentes las características antes descritas. No es posible ahora guiar la clase de problemas para que los alumnos avancen paso a paso (tal y como se ha descrito para el caso de comprensión) porque en este caso cada alumno puede haber

optado por seguir un camino diferente. Por el mismo motivo, el profesor puede no tener ocasión de ofrecer aclaraciones de interés general sobre los pasos a seguir. Por el contrario, el profesor debe hacer una tarea de guía más individualizada, verificando que cada alumno es coherente en el recorrido elegido, y ofreciendo la ayuda particular que cada caso requiera. Esta consideración hace que el número de alumnos en clase deba ser necesariamente reducido.

En este contexto, la organización de los alumnos en grupos se hace casi imprescindible, pero con un propósito distinto al descrito en el caso del nivel de comprensión. Ahora, los miembros del grupo se apoyan en sus compañeros para discutir las alternativas al problema, defender su elección, y contrastarla con los puntos de vista de los demás. Este tipo de actividad es fundamental para paliar las limitaciones que tiene el profesor para ofrecer retroalimentación cuando el número de alumnos en clase es elevado.

Una dificultad añadida es el hecho de que en una asignatura cuatrimestral típica de nuestros planes de estudio (especialmente si tiene pocos créditos) no es fácil reunir una colección de conocimientos y métodos suficientes para que la fase de toma de decisiones, característica del nivel de competencia de aplicación, tenga una cierta entidad. Por ello, una asignatura cuatrimestral que se plantee objetivos de este nivel de competencia debería apoyarse necesariamente en los conocimientos y métodos que los alumnos han visto en un número amplio de asignaturas previas, idealmente de materias diferentes, lo cual exige unos niveles de coordinación y colaboración entre asignaturas y departamentos muy superior al que estamos habituados a ver en nuestro contexto actual.

### 3.4. Análisis

La característica principal del nivel de análisis es que, para tomar la decisión sobre la estrategia a seguir, el estudiante debe construir un modelo que le permita caracterizar todos los elementos del problema. Un ejemplo de objetivo de este nivel sería:

- 4 Recodificar un bucle Fortran para minimizar el número de fallos de memoria cache

La diferencia entre el ejemplo 4 y los anteriores es que ahora se le pide al alumno una solución óptima (que minimice el número de fallos). Esto le obliga a crear un modelo de la situación, que explique todos los tipos de fallos de cache que genera el bucle, y usar el modelo para tomar decisiones (por ejemplo para elegir el tamaño de bloque óptimo si es que va a usar la técnica de bloqueo).

Este ejemplo nos sirve para ilustrar el propósito de la taxonomía particular que estamos proponiendo. Es obvio que no todos los ejercicios que podrían clasificarse como de nivel de análisis requieren la construcción de un modelo abstracto que explique la situación. Por tanto, nuestra propuesta parece incompleta e innecesariamente restrictiva (de hecho lo es). Recordemos sin embargo que nuestra intención no es proporcionar un esquema cerrado que permita determinar el nivel de competencia de cualquier objetivo típico de nuestras materias, sino ofrecer un esquema en el que apoyarse para reflexionar. En este sentido, creemos que la idea de tener que construir un modelo que explique las condiciones en las que se sitúa el problema ilustra con mucha claridad la naturaleza del nivel de competencia de análisis.

Otra idea importante que puede ilustrarse con el ejemplo anterior es el hecho de que, en ocasiones, el nivel de competencia de un objetivo no puede determinarse simplemente a partir de la frase que describe el objetivo, sino que hay que conocer los detalles de la situación de enseñanza en la que se pretende desarrollar la competencia. Imaginemos que en las clases el profesor ha trabajado muchos ejemplos de optimizaciones de bucles Fortran, y ha proporcionado numerosas recetas y modelos con los que resolver todas las situaciones posibles. En este caso, puede ocurrir que para resolver el ejercicio el alumno simplemente tenga que identificar por simple inspección el tipo de bucle con el que se enfrenta, elegir el modelo adecuado, substituir los parámetros del modelo por los valores correspondientes y aplicar los resultados obtenidos. Si así fuese, un ejercicio que en primera instancia hemos clasificado como de análisis, puede ser en realidad de aplicación, o incluso simplemente de comprensión.

En cuanto a los métodos docentes adecuados para desarrollar la competencia de análisis, puede aplicarse todo lo dicho para el caso de aplicación,

con el añadido de que ahora se requiere más tiempo, debido a la mayor complejidad de la competencia. Esto abunda en la idea de que el desarrollo de competencias de aplicación y superiores es difícil en las condiciones en las que se desarrollan nuestros planes de estudio. Quizá sólo el proyecto final de carrera ofrece un escenario mínimamente adecuado.

### 3.5. Síntesis

La característica principal del nivel de síntesis es que para resolver el problema el estudiante debe crear una estrategia, método o “receta” nueva. Un ejemplo de objetivo de este nivel puede ser:

- 5 Proponer una implementación paralela (en PVM) eficiente para una aplicación secuencial dada

Se supone aquí que no existe una estrategia o conjunto de estrategias de entre las que elegir para paralelizar en PVM cualquier aplicación secuencial. No obstante, el nivel de novedad de la estrategia que debe buscar el alumno dependerá de la medida en que la aplicación secuencial a paralelizar se parezca a otras ya paralelizadas.

Nótese la similitud entre el objetivo con el que ilustramos el nivel de síntesis y los posibles contenidos de una tesis doctoral en el área de algoritmos paralelos. Esto no debe sorprender al lector, puesto que estamos considerando ya los niveles de competencia mayores. La taxonomía de Bloom abarca todos los niveles posibles de competencia y es lógico que las competencias superiores se correspondan con los últimos niveles de formación (en este caso, el doctorado), o con la formación que se obtiene con años de práctica profesional.

### 3.6. Evaluación

A nivel de evaluación, el alumno debe dar un juicio de valor (en función de criterios externos o de criterios propios) de la solución a un problema dado, entendiendo que esta solución es el resultado de un ejercicio de síntesis. Un ejemplo de objetivo de este nivel puede ser:

- 5 Valorar la originalidad, elegancia y aplicabilidad de la implementación paralela propuesta para una aplicación secuencial dada

Estamos ya en el máximo nivel de competencia, que requiere madurez,

conocimientos amplios en muchos temas, etc. Esta competencia se desarrolla esencialmente a través de la práctica profesional a lo largo de años. Algunos ejemplos del ejercicio de esta competencia en el ámbito académico son las revisiones de artículos para conferencias y revistas, o la evaluación que los miembros del tribunal hacen de una tesis doctoral.

#### 4. Conclusiones

La taxonomía propuesta en este artículo es una adaptación de la taxonomía de Bloom, en la que, respetando los nombres de los diferentes niveles, se ofrecen definiciones y ejemplos que pretenden ser más significativos para las personas involucradas en la enseñanza de las ingenierías.

La propuesta no pretende ser completa ni resolver todas las dudas. Bien al contrario, pretende estimular al lector a que identifique las debilidades de la propuesta, a que elabore su propia taxonomía y a que reflexione sobre la sintonía que existe entre los objetivos formativos de su asignatura y sus métodos docentes y de evaluación. Veamos, a continuación, nuestras conclusiones más importantes, a la luz de la taxonomía propuesta.

Existe una falta de sintonía entre nuestros métodos docentes habituales (mayoritariamente, clases expositivas, que difícilmente permiten desarrollar niveles de competencia superiores al de conocimiento), la naturaleza de nuestros objetivos docentes (de nivel de comprensión o superior), y las características de nuestros métodos de evaluación (que suelen evaluar el nivel de comprensión). Esta falta de sintonía puede ser responsable, en parte, de un nivel de rendimiento académico menor al deseable.

El tipo de clases habituales (en las que el profesor es el protagonista principal) no se adecuan a los niveles de aplicación y superiores, en los que el alumno debe ser el principal protagonista de su proceso de aprendizaje, ya que se trata de desarrollar su capacidad para tomar decisiones y ser coherente con esas decisiones hasta llegar a la solución. La incorporación de objetivos de aplicación y superiores requiere un tipo de asignaturas diferentes, que tomen como punto de partida los conocimientos y métodos vistos en varias asignaturas previas (con las que la coordinación y colaboración debe ser muy

estrecha), y en las que la mayor parte del tiempo de clase se dedique al trabajo de los diferentes grupos en los problemas propuestos por el profesor. Como el número de asignaturas de este tipo debe ser necesariamente reducido (especialmente teniendo en cuenta el contexto en el que nos situamos) también será reducido el número de objetivos de nivel de aplicación y superiores que puede plantearse de forma razonable un plan de estudios.

Finalmente, los niveles de competencia de síntesis y evaluación se alcanzan con años de práctica profesional o en los niveles superiores de formación (doctorado) para áreas de conocimiento muy específicas. En particular, la competencia de evaluación requiere una amplia perspectiva multidisciplinar y un alto nivel de madurez y seguridad en uno mismo. Esta cuestión acostumbra a resultar chocante para muchos profesores, que afirman que la renuncia a los niveles de síntesis y evaluación en unos estudios de segundo ciclo entra en conflicto con lo que se espera de un ingeniero recién titulado: que sea capaz de evaluar situaciones y resolver problemas. Este tipo de discusiones pone de manifiesto los diferentes significados que distintas personas otorgan a palabras como análisis, síntesis o evaluación. Es muy poco probable, por ejemplo, que una empresa o la administración ponga en manos de un recién titulado la elaboración de un informe sobre la mejor alternativa para la informatización de sus servicios (competencia de evaluación).

#### Referencias

- [1] Navarro, J.J., et al. *Formulación de los objetivos de una asignatura en tres niveles jerárquicos*. JENU2000, pp. 457-462.
- [2] Bloom, B.S., et al. *Taxonomy of Educational Objectives: Handbook I, Cognitive Domain*. New York: David McKay. 1956
- [3] Prégent, R., *La Préparation d'un cours*. Éditions de l'École Polytechnique de Montreal, 1990