



Agència
per a la Qualitat
del Sistema Universitari
de Catalunya

GUÍA PARA EL DISEÑO DE UN PERFIL DE FORMACIÓN INGENIERÍA QUÍMICA

La calidad, garantía de mejora.



Agència
per a la Qualitat
del Sistema Universitari
de **Catalunya**

GUÍA PARA EL DISEÑO DE UN PERFIL DE FORMACIÓN INGENIERÍA QUÍMICA

Documento elaborado por la comisión de trabajo formada por:

Claudi Mans Teixidó, coordinador, de la Facultad de Química (UB); **Javier Tejero Salvador**, de la Facultad de Química (UB); **Francesc Valero Barranco**, de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería (UAB); **Josep López Santín**, de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería (UAB); **Xavier Font Segura**, de la actual Escuela Técnica Superior de Ingeniería, inicialmente Escuela Universitaria Politécnica de Medio Ambiente (UAB); **José Ignacio Iribarren Laco**, de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial (UPC); **Javier Cañavate Ávila**, de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Terrassa (UPC); **Isabel Villaescusa Gil**, de la Escuela Politécnica Superior (UdG); **Xavier Farriol Roigés**, de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Química (URV); **Miquel Gassiot Matas**, del Institut Químic de Sarrià (URL); **Anna Prades Nebot**, secretaria, de AQU Catalunya.

Biblioteca de Catalunya. Dades CIP

Guia para el diseño de un perfil de formación : Ingeniería Química

Bibliografía

I. Mans Teixidó, Claudi

II. Agència per a la Qualitat del Sistema Universitari de Catalunya

1. Enginyeria Química - Ensenyament universitari - Currículums - Planificació

2. Disseny curricular - Ensenyament universitari

3. Títols acadèmics - Europa - Guies

378.14:66.0

© **Agència per a la Qualitat
del Sistema Universitari de Catalunya**

Via Laietana, 28, 5a planta
08003 Barcelona

Diseño y maquetación: Josep Turon i Triola
Primera edición: septiembre 2006

Depósito Legal: B-42.053-2006

Se permite la reproducción total o parcial del documento siempre y cuando se cite el título de la publicación, la **Agència per a la Qualitat del Sistema Universitari de Catalunya** como editora y los autores que han elaborado el documento.

Presentación	5
Resumen	7
Objetivos	9
1 LA FORMACIÓN BASADA EN COMPETENCIAS	11
1.1. El Espacio europeo de educación superior	11
1.2. El marco de la formación universitaria ahora y aquí	12
1.3. Influencias y condicionantes	12
1.4. La formación en competencias	15
1.5. El proceso genérico de diseño de un plan de estudios	19
2 LA FORMACIÓN EN INGENIERÍA QUÍMICA	21
2.1. La ingeniería química hoy	21
2.2. Los objetivos de la formación en ingeniería química	25
2.3. El perfil de formación. Ideas generales	28
3 EL PERFIL DE COMPETENCIAS DE LA INGENIERÍA QUÍMICA	31
3.1. El proceso de consulta	31
3.1.1. Colectivos a consultar	31
3.1.2. Instrumento	32
3.1.3. Muestra	33
3.1.4. Análisis de los resultados	34
3.2. El perfil de formación del ingeniero químico	35
Cuadro 4. Conocimientos científicos y competencias de laboratorio fundamentales	35

Cuadro 5. Competencias específicas	35
Cuadro 6. Competencias transversales: personales, interpersonales e instrumentales	37
4 LA GUÍA DEL DISEÑO DE UN PERFIL DE FORMACIÓN DEL GRADUADO EN INGENIERÍA QUÍMICA	39
4.1. Fase previa. Definición del marco	41
4.1.1. Sistema de aseguramiento de la calidad	43
4.1.2. Sistema detallado del diseño general de planes de estudios	43
4.1.3. Sistema de formación del profesorado y del personal de administración y servicios	44
4.2. Fase de diseño	44
4.2.1. La decisión sobre la metodología que hay que utilizar en el proceso de diseño.	46
4.2.2. La concreción de las competencias que tiene que conseguir el graduado	49
4.2.3. La selección de los contenidos que tiene que conseguir el graduado	51
4.2.4. La decisión sobre las metodologías, estrategias y actividades docentes que hay que utilizar	52
4.3. Fase de evaluación del diseño	69
Anexos	71
Anexo 1. Carta dirigida a los ocupadores	71
Anexo 2. Cuestionario	73
Anexo 3. Resultados de la consulta pública del perfil de formación de Ingeniería Química a ocupados y graduados	79
Bibliografía y documentación	87

Presentación

El proceso de adecuación de las titulaciones al Espacio europeo de educación superior (EEES) es el marco perfecto para reflexionar a fondo y de forma colectiva sobre el enfoque, desarrollo y resultados que queremos obtener al aplicar no sólo la nueva estructura de los estudios, sino también la nueva manera de contabilizar el tiempo de estudio y los nuevos mecanismos que aseguren el cumplimiento de los estándares internacionales. En este contexto, la etapa de diseño del plan de estudios es clave. Por eso es por lo que AQU Catalunya estableció el programa DISSENY, con la finalidad de elaborar guías de diseño de estudios concretos de manera horizontal, es decir, con la participación de todas las universidades responsables de impartir las enseñanzas. Por varias razones, el programa se ha centrado en tres titulaciones: Medicina, Psicología e Ingeniería Química. Las dos primeras guías ya han sido publicadas y ésta es la última del programa dedicada a materias concretas. La Guía que ahora se presenta consta de tres partes, que van desde un marco global de la reforma para adaptarse al EEES hasta la definición del procedimiento para la redacción del plan de estudios adecuado a cada caso.

A partir de la experiencia del programa DISSENY, este año AQU Catalunya ha editado una guía general para la presentación de propuestas de titulaciones, centrada en el caso de los másteres, que es el primer título que se adapta al nuevo formato europeo.

El diseño de estudios con la participación de todas las universidades implicadas requiere un grupo de personas con capacidad, voluntad, buenas ideas y sin prejuicios que, junto con un buen coordinador del grupo, impulsen el proyecto. En el caso de los estudios de Ingeniería Química, hemos tenido la suerte de contar con un grupo que no sólo ha aportado todas las cualidades necesarias, sino que además ha puesto una gran dosis de entusiasmo y compenetración. Todo ello tiene más mérito aún si tenemos en cuenta que han participado las seis universidades catalanas que imparten estudios de Ingeniería Química o de Ingeniería Técnica Industrial, especialidad en Química Industrial. En estas condiciones, el resultado es inmejorable, y todo hace pensar que esta Guía será de gran utilidad en la puesta en marcha de los nuevos planes de estudios de Ingeniería Química a escala de grado y una buena base para plantear estudios de máster. En nombre de AQU Catalunya, querría agradecer a la comisión en general y al coordinador en especial el buen trabajo realizado.

Gemma Rauret Dalmou
Directora de AQU Catalunya

Resumen

El programa DISSENY de la Agència per a la Qualitat del Sistema Universitari de Catalunya (AQU Catalunya) tiene por objeto elaborar guías de diseño para algunas titulaciones de grado en el marco del proceso de convergencia europea, de la nueva legislación española y catalana, y con criterios de diseño basados en competencias.

Esta Guía es el resultado del trabajo realizado a lo largo de los cursos 2003 a 2005 por el grupo creado en el seno de AQU Catalunya, en el marco del programa DISSENY y con el objetivo de elaborar la metodología a seguir para diseñar el plan de estudios de la titulación de graduado en Ingeniería Química según los criterios recomendados por AQU Catalunya. Estos criterios, en esencia, consisten en diseñar una titulación basada en la combinación de las competencias requeridas por los empleadores —y que previamente hay que conocer—, la experiencia del centro donde se impartirá, las líneas estratégicas del centro y la universidad, y la disponibilidad de espacios, equipamiento y profesorado con las directrices propias de la titulación.

El presente documento consta de tres partes:

- Una reflexión inicial sobre el marco global de la reforma y el proceso de convergencia europeo, sobre los aspectos específicos de la formación basada en competencias (capítulo 1) y sobre los aspectos específicos de la formación en ingeniería química (capítulo 2).
- El diseño de una encuesta con el fin de conocer la opinión de empleadores, profesorado y recién graduados sobre qué competencias hay que alcanzar en la titulación, seguida de una reflexión crítica sobre las respuestas por parte de una comisión, y el diseño de un perfil de competencias genérico (capítulo 3).
- La redacción de un documento donde se defina un procedimiento de diseño del plan de estudios de una titulación adecuado a un centro y universidad determinados (capítulo 4).

En el anexo se presenta el cuestionario usado en la consulta realizada a empleadores, profesorado y recién graduados, junto con la carta en la que se exponían los objetivos del proyecto, y, por último, los resultados descriptivos del proceso de consulta.

El grupo de trabajo ha estado constituido por representantes de todas las universidades que actualmente tienen titulaciones de Ingeniería Química (de ciclo largo) o de Ingeniería Técnica Industrial, especialidad en Química Industrial (de ciclo corto): Universitat de Barcelona (UB), Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), Universitat de Girona (UdG), Universitat Rovira i Virgili (URV) y Universitat Ramon Llull (URL).

Objetivos

La presente Guía va dirigida a los cargos académicos, profesorado y técnicos de diseño que tienen que participar en el diseño de la titulación de grado de Ingeniería Química, así como a evaluadores internos y externos de la titulación. Por extensión, puede ser útil para el diseño de otras titulaciones de grado y posgrado de características similares a la de Ingeniería Química, es decir, titulaciones experimentales con un importante componente aplicado, con vocación industrial y de servicios y con un enfoque global de solución de problemas.

Los objetivos de la Guía son:

- Establecer bases para el diseño e implantación de la titulación de Ingeniería Química, que permitan combinar elementos nuevos sin perder de vista la actual implantación de estos estudios en Catalunya.
- Dar pautas para la evaluación interna y externa del diseño e implantación de la titulación.
- Ser modelo de diseño para otras titulaciones análogas.
- Contribuir a fomentar los mecanismos de renovación pedagógica en el ámbito universitario mediante sugerencias de nuevas metodologías didácticas, impulsando una mayor interacción entre alumnado y profesorado y enfatizando la adquisición de competencias.

Se ha optado por incluir ciertas perspectivas de futuro en los contenidos. La buena acogida que tienen los actuales ingenieros, sean técnicos o superiores, no implica que deban dejarse de lado aspectos que resultan importantes para la actual aceptación de los graduados en Ingeniería, como por ejemplo la aplicabilidad inmediata de algunos de sus conocimientos. Por eso el documento se mueve entre la titulación actual, reconocida y eficaz, y las nuevas líneas de futuro, tanto de contenido como metodológicas y de organización.

El documento no entra en el diseño detallado del plan de estudios, que es tarea del centro que deba desarrollarlo. Es necesario que cada enseñanza de Ingeniería Química pueda contextualizar el perfil de formación partiendo, entre otras, de las realidades geográficas, especialidades de conocimiento, disponibilidad de recursos y tradición docente.

Para el diseño del perfil de formación, el documento no se limita a la tipología de los actuales puestos de trabajo, sino que se toma una perspectiva más amplia e intentan cubrirse las necesidades de formación de sectores hoy día poco vinculados a la ingeniería química, y ello en un entorno global, especialmente europeo.

1

La formación basada en competencias

1.1. El Espacio europeo de educación superior

El sistema universitario europeo está en pleno proceso de creación del llamado Espacio europeo de educación superior (EEES), para ir hacia una situación en la que se facilite la movilidad de estudiantes y titulados, la homologación, el intercambio e incluso la cotitulación entre los estados participantes, y también en la que se mejore la competitividad y capacidad de atracción de las universidades europeas.

Este proceso, conocido genéricamente como *proceso de Bolonia*, puede interpretarse como el fruto de tres procesos llevados a cabo de forma consecutiva y, en cierto modo, independientes entre sí:

- Un proceso económico, que pretende hacer de Europa uno de los centros más dinámicos de la economía mundial, basándose en la investigación y el conocimiento, en la producción de alto valor añadido y en el diseño de nuevos productos y materiales. Su expresión era la Comunidad Económica Europea.
- Un proceso político, que pretende, en síntesis, una mayor integración entre estados para asegurar más estabilidad, el mantenimiento —hasta donde sea posible— del estado social del bienestar y la defensa de los valores democráticos, la cultura y la civilización. Su expresión es la Unión Europea.
- Un proceso académico, que pretende vigorizar las instituciones académicas europeas mediante una movilidad superior de estudiantes y profesorado, una mayor transparencia entre las titulaciones de distintas instituciones y estados, y la equiparación de títulos para la inserción laboral. Su expresión es el EEES.

Una de las novedades más notables del nuevo sistema es la creación de dos niveles de titulación, la de grado (o *bachelor*) y la de máster, que puede cursarse a continuación. Ambos tienen voluntad de salida profesional, aunque, lógicamente, en diferentes niveles y competencias.

1.2. El marco de la formación universitaria ahora y aquí

La estructura del sistema universitario español hace intervenir a distintas instancias en la ordenación, definición de titulaciones, decisión sobre currículos y acreditación. El Estado define las titulaciones homologadas, el marco global, las directrices básicas de cada titulación y sus competencias profesionales. Cada comunidad autónoma define el mapa de titulaciones en su área, la financiación y otros aspectos de implantación. Cada universidad opta por un catálogo de enseñanzas de acuerdo con sus disponibilidades, vocación, tradición y entorno. Y cada centro y cada departamento diseñan e imparten el programa docente de acuerdo con el perfil de formación decidido.

Son las universidades, y no los colegios o asociaciones profesionales, las que otorgan capacidad profesional. Este principio, bastante específico de España y bastante matizado y modificado en muchas profesiones, que da a los respectivos colegios atribuciones que los limitan considerablemente, hace que el sistema universitario español, y por ende el catalán, sea más intervencionista que la mayor parte de los sistemas europeos. Efectivamente, en muchos lugares de Europa son las universidades las que, en ejercicio de su capacidad y libertad, definen cuáles son las titulaciones que ponen en el mercado, con qué contenidos y con qué duración. La intervención de los poderes públicos no se ha visto reducida en el proceso de adecuación del sistema español al EEES, más bien al contrario.

1.3. Influencias y condicionantes

Se sigue aquí el esquema propuesto por el *Marc general per al disseny, el seguiment i la revisió de plans d'estudis i programes* (AQU Catalunya, 2002). Las influencias y condicionantes a la hora de diseñar un perfil de formación cualquiera, y en concreto para una titulación técnica como la de Ingeniería Química, pueden resumirse en ocho:

- Las **necesidades sociales generales**, determinadas principalmente por la Administración política:
 - El cultivo y difusión del **conocimiento**.
 - La **culturalización y formación general** de la sociedad.
 - Las necesidades de **formación específica para el empleo a fin de contribuir a la inserción laboral de los jóvenes y de los recién graduados**.

- La **política territorial** general de equilibrio territorial, o de potenciación de zonas, campus, clústers, etc.
- Las **necesidades del mercado laboral**, expresadas principalmente a través de las demandas de los empleadores:
 - La estructura económica del **entorno próximo** en constante evolución, con nuevos productos, nuevos procesos y nuevas tecnologías.
 - Las **expectativas del empleador** sobre las características del graduado, que se concretan en aspectos de la formación superior, en contenidos académicos y, sobre todo, en competencias y habilidades personales.
 - La existencia de un mercado laboral con varias **titulaciones concurrentes y complementarias**.
 - La existencia de una economía **globalizada**, de rápida evolución tecnológica y de mercados que genera una gran movilidad, y la alta frecuencia de cambios de empresa, sector y puesto de trabajo a lo largo de la vida.
 - La creciente incidencia del **autoempleo y entrepreneurship**.
- Las **características del estudiante**, sujeto de la formación:
 - La **procedencia y formación** previa.
 - Las **capacidades y habilidades requeridas** para una titulación.
 - Las **limitaciones** de comprensión por la falta de formación, de experiencia o de conocimientos previos, que condicionan los contenidos a ofrecer en cada estadio de la titulación.
 - La **disponibilidad temporal** y la capacidad de planificación, que es necesario que sean suficientes para las exigencias de la formación, en consonancia con el nivel que pretende alcanzarse.
- Las **expectativas y necesidades del estudiante**, manifestadas en distintos aspectos:
 - La necesidad de **satisfacción intelectual**, tanto por los contenidos de la enseñanza como por la metodología usada.
 - La posibilidad de una **planificación temporal flexible** adecuada a las condiciones particulares del estudiante.

- La posibilidad de que los estudios satisfagan también las expectativas de **relación personal e intercambio**, facilitadas por la presencialidad de los estudios y por las posibilidades de intercambio con universidades extranjeras, relaciones con empresas, etc.
- La existencia de unas suficientes **expectativas de empleo**, apoyadas por servicios adecuados tales como bolsa de trabajo, prácticas en empresas o ferias de empleo.
- La **política universitaria de las administraciones**. Según las opciones políticas de los gobiernos, se determinan las políticas temáticas, territoriales, de género, etc. Estas políticas son condicionantes o determinantes en el momento de fijar los perfiles de formación de las titulaciones y centros implicados.
- Las **potencialidades internas** de centros y departamentos implicados, en varias facetas:
 - La disponibilidad de espacios, equipamientos y profesorado adecuados.
 - La experiencia y la tradición probadas en la titulación o en otras similares.
 - Los contactos fluidos y las sólidas relaciones con el entorno científico, tecnológico y profesional implicado.
- Los **profesionales** de las titulaciones implicadas:
 - Los colegios y asociaciones profesionales pueden influir y condicionan los perfiles de formación y las respectivas titulaciones y las del entorno, con el fin de mantener los *statu quo* existentes o modificarlos, con motivaciones corporativas.
 - La concurrencia y competencia con otras titulaciones en el mismo espacio profesional, generadoras de tensiones.
 - La *judicialización* sobre buena parte de las actuaciones profesionales.
- El **marco normativo europeo, estatal y autonómico**. Es en el período de fijación de la normativa cuando los distintos agentes deben jugar su papel y su capacidad de influencia y convencimiento.

1.4. La formación en competencias

La competencia es la habilidad adquirida para llevar a cabo adecuadamente una tarea, un deber o un rol. Tiene dos elementos distintivos: está relacionada con el trabajo específico en un contexto particular e integra distintos tipos de conocimientos, habilidades y actitudes.

En un sentido más amplio, las competencias son los conocimientos, habilidades y motivaciones generales y específicas que conforman los prerequisites para la acción eficaz en una gran variedad de contextos a los que se enfrentan los titulados superiores, formulados de tal manera que sean equivalentes con respecto al significado en todos estos contextos. No deben confundirse las competencias con los rasgos de personalidad, que son características más estables del individuo. También hay que distinguir las competencias en el contexto del que se habla de las competencias profesionales formuladas en términos de prerrogativas y capacidad legal de llevar a cabo ciertas tareas por el hecho de poseer una determinada titulación y/o por ser miembro de un determinado colegio o asociación profesional.

El interés por las competencias transferibles responde a un problema muy antiguo: saber para qué sirve aquello que se aprende en la escuela. Sin embargo, el concepto o término *competencias* es bastante nuevo y se caracteriza, en general, por la confusión en el uso de términos (competencias clave, competencias nucleares, habilidades, capacidades, actitudes, etc.) y por la falta de marco teórico de los distintos estudios.

El proyecto Tuning (González y Wagenaar, 2003) es uno de los proyectos más influyentes en el ámbito europeo en cuanto al debate de las competencias en la educación superior. El objetivo de la primera fase del proyecto (2001-2002) fue definir los contenidos y perfiles profesionales de siete titulaciones en una dimensión europea, identificando las competencias tanto específicas como generales o transversales a fin de desarrollar una metodología para la comprensión del currículo y su comparabilidad. El informe del proyecto Tuning (2003) señala tres grandes factores que explican el interés de desarrollar las competencias en programas educativos:

- La necesidad de mejorar la empleabilidad en la nueva sociedad del conocimiento, debido a factores tales como la rápida obsolescencia del conocimiento o la necesidad de aprendizaje a lo largo de la vida.
- La creación del EEES, con la necesidad de establecer referentes comunes para las titulaciones (descriptores de Dublín para *bachelor* y *máster*).

- La existencia de un nuevo paradigma educativo: centrado en el aprendizaje del alumnado y que pone más énfasis en los resultados u objetivos de la enseñanza.

Las características clave de las competencias son:

- Identifican la capacidad para llevar a cabo con éxito una tarea o un rol, tanto en contextos habituales como en contextos nuevos.
- Integran o combinan conocimientos, habilidades y actitudes.
- Se pueden aprender por medio de lo que se ha dado en llamar «aprendiendo haciendo» (*learning by doing*) y se desarrollan en evolución: de novel o principiante a experto.
- A diferencia de los conocimientos, habilidades y actitudes, las competencias no pueden evaluarse independientemente. Siempre se evaluarán en un contexto determinado, lo que plantea dudas sobre su transferibilidad.

Existen muchas clasificaciones publicadas sobre las competencias de un graduado universitario, distintas en las listas que proponen, en los términos que utilizan para describir una determinada competencia y en las formas de estructurarlas. Una de las clasificaciones más usadas es la del proyecto Tuning, que por su vínculo en todo el proceso de implantación del EEES vale la pena reproducir aquí. El objetivo del proyecto Tuning es abrir el debate sobre la naturaleza e importancia de las competencias, tanto generales como específicas, en relación con los contenidos de las titulaciones. En el proyecto, a partir de una lista inicial de 85 habilidades y competencias, se definen 30 competencias que, de manera general, deberán reunir los graduados de primer ciclo. Estas competencias se han dividido en tres grupos según sean instrumentales, interpersonales o sistemáticas.

Instrumentales

- Capacidad de análisis y síntesis
- Capacidad de organización y planificación
- Conocimiento general básico
- Conocimientos clave básicos de la profesión
- Comunicación oral y escrita en la lengua nativa
- Competencias elementales en informática

- Habilidad de gestión de información (recoger y analizar información de distintas fuentes)
- Resolución de problemas
- Toma de decisiones

Interpersonales

- Habilidades críticas y de autocrítica
- Trabajo en equipo
- Habilidades interpersonales
- Habilidad de trabajar en un equipo interdisciplinario
- Habilidad de comunicarse con expertos de otros campos
- Apreciación de la diversidad y la multiculturalidad
- Habilidad de trabajar en un contexto internacional
- Compromiso ético

Sistemáticas

- Capacidad de aplicar el conocimiento a la práctica
- Habilidades de investigación
- Capacidad de aprender
- Capacidad de adaptarse a nuevas situaciones
- Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad)
- Liderazgo
- Comprensión de las culturas y costumbres de otros países
- Habilidad de trabajar autónomamente
- Gestión y diseño de proyectos
- Iniciativa y espíritu emprendedor

- Preocupación por la calidad
- Voluntad de tener éxito

La clasificación presenta varios puntos débiles, como por ejemplo que hay varias repeticiones en distintas categorías.

El estudio de las diferentes listas y clasificaciones de competencias conduce a las siguientes coincidencias:

- La mayoría de las competencias referidas a la educación superior distinguen entre las competencias específicas y las competencias transversales o genéricas.
- Dentro de las competencias genéricas, hay unas cuantas que se repiten insistentemente: pensamiento crítico, resolución de problemas (ámbito cognitivo), trabajo en equipo, comunicación (ámbito interpersonal), iniciativa, responsabilidad, ética, aprendizaje a lo largo de la vida (ámbito personal) y «cosas que son muy útiles» tales como idiomas, informática, habilidades en la búsqueda de documentación, etc.

Para cada una de las competencias es posible identificar distintos niveles de intensificación. Por ejemplo, probablemente para diseñar una asignatura de Comunicación, hablar de «comunicación oral» sería una categoría demasiado amplia (sería necesario hablar de entonación, comunicación no verbal, oratoria, etc.), pero hablar de «comunicación verbal» como competencia genérica de una titulación, lo que implicaría programar a lo largo de la carrera experiencias en las que el alumno tenga que poner en juego la competencia, es perfectamente válido.

El enfoque del diseño de una titulación en términos de competencias implica notables cambios en la institución educativa y en sus miembros docentes y discentes:

- Se enfatizan mucho más las formas activas de aprendizaje, como por ejemplo la resolución de problemas, el análisis de casos, la simulación de conducta, las prácticas en entornos reales, etc.
- Requiere un importante cambio del paradigma de evaluación: se pide al estudiante que construya la respuesta y requiere la elaboración de pruebas de ejecución o de elaboración de productos, proyectos, algoritmos, protocolos, informes, dictámenes...

- Demanda un esfuerzo de coordinación y planificación global.

Para esta Guía, habrá que definir una lista estructurada de competencias consensuada y coherente, que determine un perfil de formación deseado, a partir del cual puedan plantearse contenidos y metodologías docentes. A estos dos aspectos se dedican los apartados 3 y 4 de la Guía.

1.5. El proceso genérico de diseño de un plan de estudios

La propuesta genérica de AQU Catalunya, en la ya mencionada publicación *Marc general per al disseny, el seguiment i la revisió de plans d'estudis i programes* (AQU Catalunya, 2002), es la base para la presente Guía, y aquí sólo se apuntarán los rasgos más importantes. En esencia, el proceso de diseño de un plan de estudios deberá constar de cuatro puntos, que tendrán que desarrollarse sucesivamente:

- El análisis de los contextos interno y externo: necesidad y viabilidad.
- Los procesos y sus agentes.
- Los elementos estructurales del plan de estudios.
- La planificación operativa del plan de estudios.

En la presente Guía, el **análisis de los contextos interno y externo** se desarrolla en dos momentos. En el capítulo 2 se plantean la perspectiva y los objetivos de la formación en ingeniería química hoy, teniendo en cuenta no sólo las opiniones de los autores y la bibliografía relacionada, sino también el marco de titulaciones español, donde deberá insertarse esta titulación. Y, dado que la Guía se basa en un diseño de plan de estudios basado en competencias, en el capítulo 3 se realiza un detallado análisis de las competencias que empleadores, docentes y recién graduados definen como competencias deseables para el graduado en Ingeniería Química.

El papel de los **procesos y sus agentes** se detalla en el capítulo 4, donde en tres apartados se presenta la secuencia de las distintas etapas que debe desarrollar un centro a la hora de diseñar e implantar el plan de estudios y de evaluar su implantación y funcionamiento.

Con respecto a los **elementos estructurales del plan de estudios**, se desprenden en parte de las directrices estatales y en parte de la visión y objetivos que la universidad y el centro definan. En esta Guía no se habla, ni tampoco en el último de los puntos, de la **planificación operativa**, que dependerá de la estructura, organización y características de cada centro. El objetivo de la presente Guía es dar pautas para que estos dos puntos se desarrollen con una metodología coherente con los planes estratégicos definidos y con los objetivos que se desprenden, de una forma rigurosa, no arbitraria y documentada; la Guía no puede entrar a detallar qué plan de estudios, qué metodología docente o qué pautas de evaluación son las que hay que implantar. Los redactores de la Guía creen que pueden existir distintos modos de planificar el plan de estudios, todos ellos válidos siempre y cuando sigan los principios anteriormente mencionados.

2

La formación en Ingeniería Química

2.1. La ingeniería química hoy

El concepto *ingeniería química* es polisémico, como otros muchos términos vinculados a enseñanzas y profesiones. Este concepto indica una parcela de saber o **disciplina**, con identidad propia y no cubierta por otras disciplinas. El mismo término se refiere también a una **profesión** o, mejor dicho, a un conjunto de profesiones que aplican de forma razonada esta parcela de saber, combinada con otras ciencias y tecnologías. La misma denominación es también una **enseñanza** reglada. Hay algunos **centros de formación** y varios departamentos universitarios que se definen con el nombre de la disciplina. Es también el nombre de una de las **áreas de conocimiento** en que se clasifican en España los docentes e investigadores.

La ingeniería química como profesión y como disciplina ha recibido muchas definiciones desde el momento en el que se identificó como diferenciada de anteriores disciplinas y profesiones, momento que fue alrededor de 1880 en la Gran Bretaña. La primera definición de la que existe constancia es la de **J. E. Davis** (1901):

La Ingeniería Química trata del conjunto completo de la química de la fabricación.

La definición amplia, descriptiva y explícita, aunque algo antigua, de la **Institution of Chemical Engineers** del Reino Unido es, para nosotros, la más útil para centrar el marco, contenidos y características de la profesión:

La Ingeniería Química es una rama de la Ingeniería implicada en los procesos en los que la materia experimenta un cambio de composición, de contenido energético o de estado físico; en los procedimientos para procesar la materia; en los productos resultantes del procesamiento, y en su aplicación para alcanzar objetivos útiles.

La Ingeniería Química se fundamenta en las Matemáticas, la Física y la Química; sus operaciones se desarrollan en base a los conocimientos aportados por estas ciencias, por otras ramas de la Ingeniería, por la Biología y por las Ciencias Sociales.

La práctica de la Ingeniería Química consiste en la concepción, el desarrollo, el diseño, la innovación y la aplicación de los procesos y de sus productos; también corresponde a la práctica de la Ingeniería Química el desarrollo económico, el diseño, la construcción, la operación, el control y la dirección de las plantas químicas, y la investigación y la docencia en todos estos campos.

Una reciente definición que introduce un matiz nuevo a la concepción del campo de la ingeniería química es la de **J. Gillet** (2000):

La Ingeniería Química es la concepción, el desarrollo, el diseño, la mejora y la aplicación de los procesos y de sus productos.

En esta definición ya no aparece la «química», sino los «procesos». Ésta es la actual visión de la mayor parte de los centros de formación en este campo. La ingeniería química es una disciplina generalista, que tiene como ámbito propio *todo tipo de procesos y productos*. Abarca, pues, los materiales metálicos y los polímeros, los productos químicos, los abonos, los alimentos, los medicamentos, los cosméticos, el papel, las fibras textiles, el caucho, el petróleo y sus derivados, los procesos de obtención de energía, los procesos para la industria nuclear, así como los procesos de tratamiento de aguas y de residuos sólidos, los procesos biotecnológicos y otros muchos. Y también todo aquello que, con un componente más o menos tecnológico, esté al servicio de dichos sectores. Se supera así la limitación que asociaba, en cierto modo, la ingeniería química a la industria química, entendida ésta como la industria de fabricación de productos químicos domésticos o industriales.

De hecho, en la vigente *Clasificación Nacional de Actividades Económicas* (CNAE-93 rev. 1, **Ministerio de Economía**, 2003) se observa que la ingeniería química es la profesión de referencia en muchas de las actividades manufactureras y de tratamiento: en el sector de la refinación (capítulo DF de la CNAE), la industria química (24), el reciclaje (37), el gas (402), la captación y depuración de agua (41), las mercancías peligrosas (63122), la recogida y tratamiento de aguas residuales (9001), de otros residuos (9002) y demás actividades de saneamiento (9003). Y comparte protagonismo con otras profesiones en otros muchos sectores, como por ejemplo la extracción de productos energéticos (CA) o de otros minerales (CB), la metalurgia (27), las ingenierías (74202) o la enseñanza (8022, 80302 y 80303), entre otros.

Este enfoque global multisectorial de la profesión y la disciplina de la ingeniería química es teorizado desde los años ochenta del siglo pasado por varios informes y artículos académicos, como por ejemplo los muy conocidos de **AICHE** (1981), **The Amundson Report** (Amundson, 1988), **The Septenary Committee** (1985), el informe para el **ECC** (1990), **Angelino** (1990) o **Charpentier** (2003), entre otros.

Los tipos de empresas donde los ingenieros químicos son más solicitados, y probablemente también lo serán en el futuro, son las *grandes empresas avanzadas* y competitivas y, sobre todo, las pequeñas y medianas *empresas de base tecnológica* y con un importante componente de investigación e innovación. En estas empresas, del sector químico o de cualquier otro sector, la diversidad de *funciones* del ingeniero químico es también considerable. En la web de AIChE se describen hasta veinte funciones distintas que un ingeniero químico puede desarrollar en la industria, en los servicios o en la Administración pública. La variedad de estas funciones incidirá en el tipo de formación que deberá proponerse en los perfiles de formación. Los datos de las dos encuestas de inserción laboral de los graduados de las universidades públicas catalanas (AQU Catalunya, 2001 y 2005) corroboran, tal y como muestra el siguiente cuadro, las anteriores valoraciones.

Cuadro 1. Datos de la encuesta de inserción laboral (2001 y 2005)

- La **tasa de empleo** es alta (95% para los ingenieros químicos y 91% para los ingenieros técnicos de la especialidad en Química Industrial). Todos los graduados encuestados han trabajado al acabar la carrera.
- La **rama de actividad** económica es muy dispersa (aún más para los ingenieros técnicos químicos industriales). Sólo el 24% de los ingenieros químicos está en la industria química o farmacéutica, y el 31% de los ingenieros técnicos químicos industriales. La mayoría de los graduados (59%) se encuentran en el sector secundario y el 41% en el sector de servicios.
- En cuanto a la **tipología de empresas**, los graduados encuentran trabajo en el sector privado (85,7% para los ingenieros químicos y 90,9% para los ingenieros técnicos químicos industriales). Sólo el 8,5% de los graduados trabajan en empresas de menos de 10 trabajadores, mientras que el 25,4% trabajan en empresas de más de 500 trabajadores. Sin embargo, la mayoría trabajan en empresas medianas, entre 11 y 500 trabajadores. Según la provincia, el número de trabajadores de las empresas en Barcelona y Tarragona es ligeramente más alto que en Girona, mientras que los graduados que trabajan fuera de Catalunya son los que lo hacen en empresas mayores.

- Con respecto a las **funciones**, a los tres años de graduarse, sólo el 9% de los ingenieros químicos se encuentran en funciones directivas, y curiosamente el porcentaje es más alto para los ingenieros técnicos químicos industriales (13%); esto ha sido así en ambos estudios de inserción realizados. Las funciones llevadas a cabo por los graduados son principalmente técnicas (43% para los ingenieros químicos y 29% para los ingenieros técnicos químicos industriales) y otras funciones cualificadas (23% para los ingenieros químicos y 39% para los ingenieros técnicos químicos industriales). En I+D encontramos al 15% de los ingenieros químicos y al 7% de los ingenieros técnicos, mientras que en funciones comerciales el porcentaje es mucho menor.

La titulación de Ingeniería Química es también una buena vía para el acceso al mundo de la alta dirección con una base técnica. Está suficientemente probado que sobre unos fundamentos científicos o tecnológicos es factible construir un currículum de gestión, pero del proceso a la inversa no suelen existir ejemplos. Mencionemos, para cerrar este aspecto, que los ingenieros químicos van a un mercado de trabajo en *concurrentia y competencia* con otras muchas titulaciones. No siempre son los conocimientos o competencias concretas lo que hacen escoger al empleador entre una titulación u otra; en muchas ocasiones es determinante la tradición de la empresa, los estudios propios del empleador u otros factores no racionales.

La estructura del mundo empresarial, especialmente de las grandes empresas, ha cambiado notablemente durante la última década. Fenómenos tales como la globalización y la focalización y especialización de las empresas las han llevado a canjear activos para centrarse en aquellas actividades para las que están más preparadas. Por otro lado, la influencia de las tecnologías de la comunicación, el nuevo mercado global europeo, las preocupaciones por el medio ambiente y el desarrollo sostenible, la seguridad laboral, la sanidad y la salud han renovado a las empresas en muchos ámbitos. Aparte de cambios en el sistema productivo y en las estructuras de personal, las empresas han hecho un esfuerzo de aproximación al cliente, que las ha llevado a más diversificación de productos, muy ligados a la evolución del mercado. Las nuevas empresas, o ciertas divisiones de las antiguas empresas, han ido haciendo hincapié en nuevos aspectos vinculados a la producción y el diseño de productos y procesos. Hay que tener en cuenta, por lo tanto, el cambio y la flexibilidad como componentes que deben llenar toda la formación.

2.2. Los objetivos de la formación en ingeniería química

La antigua idea de que es imprescindible una formación inicial completa y válida para todo tipo de situaciones futuras es hoy en día obsoleta, pese a que todavía impregne algunas mentalidades y enfoques de ciertas enseñanzas. La formación a lo largo de la vida (*Life Long Learning* o L3) es hoy una necesidad indiscutible e indiscutida, en todos los ámbitos y para todas las profesiones. Esta necesidad ha sido abordada a escala política por todas las administraciones, y tiene una concreción en las propuestas de legislación europea (la Declaración de Bolonia y todos los documentos que de ella se derivan, el *Informe Tuning* y otros) y de legislación estatal y autonómica (*Marco general para la integración europea*, AQU Catalunya, 2003).

El objetivo de la formación básica en ingeniería química es la formación de un profesional con las siguientes características:

- Creativo, versátil, adaptable, comunicador y capaz de trabajar en equipo.
- Capaz de trabajar en las industrias de proceso de cualquier sector, en empresas y organizaciones al servicio de estos sectores, o bien capaz de crear su propia empresa a través de un proceso de entrepreneurship.
- Motivado para formarse a lo largo de la vida a fin de adecuarse a un entorno industrial y social cambiante.
- Éticamente motivado para contribuir al bienestar de la sociedad, a la salud y seguridad de las personas, así como al desarrollo sostenible.

La formación a lo largo de la vida abarca distintas etapas:

- Formación básica infantil, primaria y secundaria.
- Formación preuniversitaria.
- Formación universitaria reglada (primer, segundo y tercer ciclos).
- Formación continua.

En cuanto a los perfiles de formación de las enseñanzas universitarias, los tres ciclos reglados que se proponen en la nueva normativa (*bachelor*, máster y doctor) son los tres de carácter profesionalizador, con salidas al mercado de trabajo desde cada nivel y con posibilidad de más formación reglada o de formación continua en cualquier momento desde la actividad laboral. En el presente trabajo nos centramos obviamente en el ámbito universitario reglado, y más específicamente en el conjunto *bachelor* + máster, sin dejar de reconocer, sin embargo, la importancia que tiene la formación preuniversitaria en el sentido que determina el nivel de entrada de los alumnos, así como la conveniencia de mayor coordinación entre las ofertas de formación continua y la formación reglada.

La formación universitaria en ingeniería química ha ido cambiando paralelamente a las necesidades industriales. Esta evolución puede resumirse en varias etapas, inseparablemente ligadas a las posibilidades de resolución de los modelos matemáticos:

- De una etapa de preingeniería, dominada por la química industrial descriptiva, se pasa a una **primera etapa de ingeniería**, en la que se empieza el modelado de las **operaciones unitarias**, inicialmente definidas por Little y Walker (1915). Se pasa así de la descripción de un número inacabable de procesos y productos al estudio de las operaciones unitarias, mediante herramientas matemáticas simples que usan las ecuaciones de conservación, las ecuaciones de estado y la ecuación de diseño, con los coeficientes globales e individuales de transferencia. Las operaciones unitarias y su estudio constituyen el **primer paradigma de la ingeniería química**. A partir de la década de los cincuenta se completa este paradigma con el **concepto de operación unitaria química** y su posterior desarrollo (Levenspiel, 1980).
- A partir de 1960 se desarrolla la aplicación de los tres **fenómenos de transporte** a escala microscópica para el diseño de operaciones y procesos. Es el **segundo paradigma** de la ingeniería química, que incluye los conceptos de modo de contacto, balances de población y perfiles de propiedad. El nivel matemático del modelado se ha incrementado considerablemente, así como la dificultad de la resolución del modelo; se ha ganado en generalidad y nivel científico, pero se ha perdido en aplicabilidad inmediata.

- El desarrollo de nuevas herramientas experimentales y teóricas ha permitido abordar el diseño a partir de principios y descripciones todavía más básicos, que entran en la descripción atómico-molecular y en el estudio de la turbulencia y la medida de las fluctuaciones de velocidad, temperatura y concentración. Se incrementa todavía más la complejidad matemática, y la aplicabilidad inmediata es más lejana, aunque la generalización permite abordar problemas inalcanzables con los anteriores niveles de descripción. Es el **tercer paradigma** de la ingeniería química, que, complementado con las técnicas adecuadas, permite la resolución de problemas complejos, tanto a micro como a macroescala, abordables actualmente con las técnicas computacionales disponibles.

Se han incorporado a la ingeniería química temas de otros campos científico-técnicos, como por ejemplo la **dinámica** y el control de procesos o la síntesis y **optimización** de sistemas, hoy ya considerados genuinamente parte de la ingeniería química.

La incorporación de la **informática** a los procesos industriales de control y adquisición de datos, y a las nuevas facilidades de cálculo y simulación, ha modificado notablemente tanto los contenidos de la formación en ingeniería química como la manera de alcanzar dichos contenidos, y ha cambiado la enseñanza y la propia profesión en muchos ámbitos. Este aspecto es tan decisivo que no puede abordarse de forma breve aquí: nos limitamos a dejar constancia de él.

El creciente grado de complejidad, conceptualización y abstracción de los sucesivos paradigmas supone el problema de la metodología pedagógica a emplear en la formación del alumno, que en términos generales no tendrá experiencia industrial y no podrá contextualizar con facilidad la enseñanza recibida. En los planes de estudios deberá tenerse muy en cuenta este aspecto.

La ingeniería química como disciplina ha tenido y tiene una vocación generalista y de amplio espectro, y participa en muchos perfiles de formación de diversas enseñanzas. Se han ido desarrollando, derivadas de la ingeniería química o con origen independiente, varias titulaciones en las que las aportaciones genuinas de ingeniería química son relevantes y que podemos imaginar formando parte de un conjunto de clústers temáticos: Biotecnología, Ingeniería Ambiental, Ciencias Ambientales, Ingeniería de los Materiales o Ciencia y Tecnología de los Alimentos serían algunas de las titulaciones actuales con un componente relevante de ingeniería química.

2.3. El perfil de formación. Ideas generales

El título de primer ciclo de **graduado en Ingeniería Química**, en la nueva nomenclatura adaptada al EEES, de características generalistas y transversales, englobará tanto a la actual titulación de Ingeniería Técnica Industrial, especialidad en Química Industrial (actualmente de primer ciclo), como a la actual titulación de Ingeniería Química (actualmente de primer y segundo ciclos). La duración de la titulación será la que determine el correspondiente marco legal. Podrá accederse a los estudios de máster con 180 créditos de la titulación, que tendrán que comprender todos los créditos obligatorios. La titulación de graduado debe tener orientación profesionalizadora, aunque se acepta que, en determinados casos y centros, exista también una orientación hacia la continuidad en un máster.

De la titulación de graduado se derivarán **másteres** (de segundo ciclo) con orientación profesionalizadora o de investigación, con posible orientación o componente temático, y de carácter avanzado, que probablemente corresponderán a temáticas que parcialmente hoy se imparten como enseñanzas de segundo ciclo o de ciertos posgrados. Algunos ejemplos a considerar, aparte de la propia titulación de Máster en Ingeniería Química, pueden ser Ingeniería de Materiales, Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Ingeniería Ambiental y quizás las licenciaturas actuales de Biotecnología y Ciencias Ambientales. Muchos de estos estudios continuarán, con el nuevo mapa de titulaciones, como titulaciones de primer ciclo o másteres. Por lo tanto, los másteres que se derivarán del primer ciclo de Ingeniería Química con estas temáticas deberán ser diferenciadores y complementarios de estos estudios, con un fuerte componente técnico y de aplicación industrial.

El programa de formación tendría que estar determinado por la definición de **competencias** profesionales y académicas, y no debería estar limitado a la tradición académica o supeditado a los temas de investigación avanzada que se desarrollen en los centros. En su definición debe hacerse intervenir necesariamente a los diversos interlocutores sociales implicados, especialmente a los empleadores, y a los graduados con trabajo, junto con la academia, correspondientes colegios profesionales y Administración.

Una de las competencias a desarrollar es la capacidad de **entrepreneurship**, el fomento del espíritu emprendedor y de la creación de empresas intensivas en conocimiento, a partir de innovaciones realizadas en la propia universidad (*spin-offs*) o aprovechando oportunidades del mercado. Tienen que potenciarse las políticas en este sentido en todos los ámbitos: universidad, patronales, colegios profesionales y administraciones públicas.

La metodología de formación debe dar gran protagonismo a tres aspectos ligados a la realidad profesional:

- El planteamiento de **problemas reales** para ser resueltos en un plazo prefijado, como proyectos, problemas industriales, trabajos final de carrera (ligados a empresa o investigación aplicada), grupos de trabajo o de discusión de situaciones reales, y otras muchas opciones a explorar.
- El contacto con la realidad industrial, con el fomento de visitas, estancias y prácticas en **empresas** de una duración apreciable, realmente supervisadas y tuteladas desde la academia, con objetivos concretos y planificación lo más rigurosa posible. Aprender las relaciones de dependencia y autoridad, el cumplimiento de plazos o la toma de decisiones en ausencia de toda la información son aspectos muy difíciles de simular en el mundo académico.
- La participación de profesionales industriales en la definición e impartición de la enseñanza, a través de profesorado asociado o figuras similares, lo que se considera imprescindible para la formación real del futuro profesional.

3

El perfil de competencias de la titulación de Ingeniería Química

La definición de un perfil de competencias es un paso clave, porque es a partir del mismo que hay que desplegar toda la serie de actividades formativas que permitirán su logro. En consecuencia, hay que determinar las competencias del perfil con el máximo rigor y objetividad, basándose en evidencias si es posible. En este caso, una gran parte de las evidencias con las que se cuenta son las opiniones sobre las habilidades y conocimientos para los que el perfil de formación debe preparar, y por ello es esencial asegurar la calidad y representatividad de los informadores.

Las consultas a la comunidad académica y al sector profesional y laboral sobre el perfil de formación hacen posible validar los programas de formación. Esta información también permitirá obtener opiniones complementarias y detectar otros aspectos que hubieran podido pasar por alto en un primer redactado. Además, la realización de una consulta es una buena ocasión para dar a conocer el perfil de formación a ambos colectivos.

3.1. El proceso de consulta

3.1.1. Colectivos a consultar

Se ha estimado necesaria la consulta a los tres principales agentes implicados (*stakeholders*): graduados, profesorado y empleadores.

- El **profesorado** debe ser el actor y agente provocador del cambio. Es el mejor conocedor del colectivo de graduados que forma, así como de los progresos y la evolución de los contenidos de las disciplinas académicas implicadas. Una primera cuestión a decidir es la posibilidad de consultar sólo al profesorado de los departamentos troncales de la enseñanza, o también al profesorado de todos los departamentos implicados en la docencia del programa de formación de la enseñanza. En el caso del grupo del programa DISSENY de Ingeniería Química, además del profesorado de los departamentos de Ingeniería Química, también se ha encuestado al profesorado de otros departamentos que estaba personalmente más implicado en la docencia de los estudios de Ingeniería Química.
- La idoneidad y la coherencia de un perfil de formación deben ser valoradas, asimismo, por quienes están fuera del sistema educativo, **graduados y empleadores**. Estos dos colectivos están en disposición de poder contrastar en qué medida el perfil de formación les es útil. Para la enseñanza de Ingeniería Química, y en general para cualquier ingeniería, el colectivo de los empleadores es especialmente relevante, puesto que las ingenierías se definen precisamente por su vocación de aplicación dentro del campo industrial. En cuanto a los graduados, se ha optado por encuestar a los recién graduados, porque tienen más presente el programa de formación cursado. Se ha distinguido entre los que son becarios, los que trabajan en la empresa y los que están en paro. También se han diferenciado las respuestas que corresponden a distintas titulaciones actuales: ingenieros técnicos industriales, ingenieros químicos e ingenieros industriales.
- No se ha consultado a los **estudiantes**, porque se considera que todavía no cuentan con una clara visión del perfil de formación global o de la idoneidad o adecuación del perfil de formación.

3.1.2. Instrumento

Se elaboró una lista de competencias y características profesionales con la que se construyó un cuestionario desglosado en tres bloques de ítems o preguntas (véase el anexo 2). A cada uno de los ítems le correspondía una escala valorativa del 1 (muy poco importante o nada relevante) al 4 (muy importante o totalmente relevante).

Cuadro 2. Dimensiones del cuestionario

Bloques del cuestionario	Número de ítems
Fundamentos científicos	6
Habilidades prácticas	15
Competencias transversales	
■ Competencias de relación	5
■ Competencias de comunicación	3
■ Competencias personales	2
Total	31

En cada uno de estos bloques se dejaron espacios en los que poder añadir competencias no consideradas.

Paralelamente, se elaboró una carta para acompañar al cuestionario en la que se explicaba el objetivo del programa DISSENY. En ella se destacaba que, con la información recibida de los resultados de la encuesta, se pretendía definir más correctamente el perfil de salida (*outcomes*) del graduado en Ingeniería Química.

3.1.3. Muestra

Cada miembro del grupo de trabajo se encargó de recoger los cuestionarios entre el profesorado y los graduados de su facultad. La consulta a empleadores fue la única que se llevó a cabo de manera centralizada.

Entre los meses de diciembre de 2004 y marzo de 2005 se recogieron un total de 165 encuestas, distribuidas del siguiente modo:

Cuadro 3. Colectivos consultados

Profesorado	94	57%
Graduados	48	29%
Empleadores	23 ¹	14%
Total	165	100%

3.1.4. Análisis de los resultados

El análisis descriptivo de las respuestas cerradas mostró la alta aceptación de todas las competencias propuestas como propias del perfil, lo cual no es sorprendente, puesto que el perfil hace referencia al núcleo esencial de competencias del ingeniero químico y recoge, en gran parte, las competencias propuestas en otros recientes estudios sobre los perfiles profesionales propios de la ingeniería química recientemente ya consensuados y desarrollados, como son el de la Working Party on Chemical Engineering Education <<http://www.efce.info/wpe.html>> de la European Federation of Chemical Engineering <<http://www.efce.info/>> o el libro blanco de la Agencia Nacional de Evaluación, Calidad y Acreditación (pendiente de publicación).

En los casos en los que la media es baja pero la discrepancia entre empleadores y profesorado es elevada, se acordó considerar especialmente y hacer prevalecer la opinión de los empleadores, puesto que uno de los objetivos clave del nuevo enfoque de los perfiles de formación es lograr una mayor transferencia entre lo aprendido en las aulas y lo necesario en el mundo laboral.²

El análisis de las aportaciones a las respuestas abiertas hizo que la comisión decidiera incluir en el perfil dos competencias nuevas y modificar el redactado de otras dos. La versión definitiva del perfil es el que se muestra a continuación.

¹ De estas encuestas, 15 respuestas se obtuvieron por correo electrónico (de una base de datos de 51, es decir, el 29%) y 5 por correo postal (de un envío de 68). El correo electrónico ha sido, pues, una buena forma de contacto para el colectivo de empleadores, probablemente porque así resulta más cómodo contestar, a pesar de la pérdida de anonimato que supone.

² Éste fue el caso de «Tener suficiente conocimiento de la normativa y la legislación», que presentaba la media más baja debido a la pobre valoración entre el profesorado, pero con una media muy elevada entre empleadores y graduados. Si bien en el grupo de trabajo hay consenso en el hecho de que no tiene sentido «explicar» artículos, la opinión de los empleadores se incorpora en el sentido de que es necesario hacer ver a los futuros profesionales que la normativa determina su trabajo; es decir, no se trata de convertir la legislación en una asignatura, sino de incluirla dentro de las asignaturas como marco imprescindible para la formación.

3.2. El perfil de formación del ingeniero químico

Cuadro 4. Conocimientos científicos y competencias de laboratorio fundamentales

- Tener la capacidad de emplear los conocimientos del perfil para establecer y resolver analítica, numérica y gráficamente una variedad de problemas típicos de la ingeniería química.
- Poseer un conocimiento relevante de las ciencias básicas, y en particular de matemáticas —incluyendo estadística—, química, biología, física y principios de economía, que permita la comprensión, descripción y solución de problemas típicos de la ingeniería química.
- Tener suficientes conocimientos y criterios de química orgánica, química inorgánica y química física, de bioquímica y de ciencia de los materiales.
- Comprender los principios en los que se basan los métodos modernos del análisis químico, sus limitaciones y su aplicabilidad a los procesos químicos.
- Conocer las distintas operaciones de reacción, separación, transporte y circulación de fluidos y procesamiento de materiales involucradas en los procesos industriales de la ingeniería química.
- Comprender los principales conceptos del control de procesos de ingeniería química.

Cuadro 5. Competencias específicas

Conocimientos teóricos específicos

- Comprender los principios básicos en los que se fundamenta la ingeniería química:
 - Balances de materia, energía y cantidad de movimiento.
 - Termodinámica, equilibrios entre fases y equilibrio químico.
 - Cinética de los procesos físicos de transferencia de masa, energía y cantidad de movimiento, y cinética de la reacción química.

Competencias prácticas específicas

- Tener habilidad para diseñar procesos, equipos e instalaciones de ingeniería química.
- Tener habilidad para analizar problemas complejos en el área de ingeniería química.
- Ser capaz de juzgar la viabilidad económica de un proyecto industrial de ingeniería química.
- Tener la capacidad de emplear los anteriores conocimientos y competencias para elaborar un proyecto de ingeniería química.

El impacto de la profesión

- Comprender el rol central de la ingeniería química en la prevención y solución de problemas medioambientales y energéticos, de acuerdo con los principios del desarrollo sostenible.
- Valorar de forma estructurada y sistemática los riesgos para la seguridad, la salud y la higiene, en un proceso existente o en fase de diseño, y aplicar las medidas pertinentes.
- Ser capaz de comprender el impacto de las soluciones de ingeniería en el contexto ambiental y social.
- Tener asumidos los valores de responsabilidad y ética profesional propios de la ingeniería química.
- Tener suficiente conocimiento de la normativa, la legislación y las regulaciones pertinentes en cada situación.

Competencias de investigación

- Interpretar situaciones y hechos experimentales.
- Planificar, ejecutar y explicar experimentos en las distintas áreas de la ingeniería química, y saber informar sobre ello.
- Saber emplear la bibliografía científica y técnica y las fuentes de datos relevantes.

Cuadro 6. Competencias transversales: personales, interpersonales e instrumentales

- Ser autónomo, dinámico y organizado, con capacidad analítica y de síntesis, con capacidad de análisis crítico y con capacidad de prospectiva.
- Tener autoestima y tolerancia a la frustración.
- Estar orientado a la consecución de resultados, con habilidad para la resolución de problemas en ausencia de evidencias, con creatividad, con capacidad de iniciativa y capacidad de decisión y gestión de la información.
- Tener capacidad de autoevaluación y capacidad autocrítica constructiva.
- Ser capaz de aprender por cuenta propia. Reconocer la necesidad del aprendizaje a lo largo de la vida y poseer una actitud activa para realizarlo.
- Tener disposición a aceptar la cultura de empresa y saber adaptarse a su estructura y formas de funcionamiento (sistemas de toma de decisiones, relaciones con compañeros y directivos, predisposición a asumir riesgos, etc.).
- Estar al día de las innovaciones del propio campo profesional y saber analizar las tendencias de futuro.
- Tener capacidad de innovar, tanto para dar respuesta a las nuevas circunstancias o a los nuevos sistemas organizativos como para permitir optimizar el proceso productivo.
- Ser capaz de comunicarse de forma efectiva, clara y concisa, oralmente y por escrito, mediante presentaciones con los soportes adecuados, adaptando el estilo y contenido del lenguaje al interlocutor o al auditorio.
- Tener condiciones de liderazgo y negociación, ser capaz de emplear los recursos movilizados pertinentes para dirigir y liderar equipos de trabajo, motivar a los colaboradores, generar empatía y negociar.
- Ser capaz de trabajar en equipo y de adaptarse a equipos multidisciplinares e internacionales.
- Tener una aceptable fluidez en el uso del inglés como idioma de comunicación y relación social y conocimientos de algún otro idioma relevante en el ámbito mundial.
- Tener experiencia en el uso del software apropiado, tanto genérico como específico de la ingeniería química.

4

La guía del diseño de un perfil de formación del graduado en Ingeniería Química

En este capítulo se da la guía para el diseño de los planes de estudios de una titulación concreta en una universidad. Se inicia con un conjunto de consideraciones en las que debería basarse el diseño del currículo, y después se presentan una serie de ítems a tener en cuenta a la hora de realizar el diseño del plan de estudios. Este planteamiento presupone que su grado de desempeño da una idea de la calidad del diseño de la titulación, así como de la calidad del centro y la universidad que lo ha diseñado.

Las consideraciones previas a la hora de abordar el diseño de un perfil de formación de grado en Ingeniería Química son las siguientes:

- **Implicaciones del concepto de aprendizaje a lo largo de la vida (L3):** El aprendizaje a lo largo de la vida es asumido como un elemento estructural de la formación. La perspectiva de la formación de determinados titulados, consistente en suministrar información para enfrentarse a cualquier previsible eventualidad en cualquier situación se considera obsoleta. Desde esta nueva perspectiva, es erróneo, por lo tanto, intentar componer perfiles de formación completos y exhaustivos para el graduado; hay que formar a la persona en una perspectiva amplia y globalizadora. La perspectiva multiescala parece la más eficiente. La formación nuclear debería permitir comprender cómo funcionan y cómo se relacionan entre ellos los distintos ámbitos de descripción y de escala en ingeniería química. Por ejemplo, comprender cómo funciona una operación unitaria cualquiera, qué información adicional puede dar la descripción a escala microscópica de los fenómenos de transferencia que tienen lugar y cómo se

integra con otras operaciones a escala de una planta completa. Es imposible, sin embargo, plantearse que la formación debe permitir al graduado conocer con el mismo detalle todas las operaciones, todos los mecanismos de transferencia y la integración de todas las operaciones en un sistema complejo, con los sistemas de regulación y control incluidos.

- **Formación básica y formación aplicada:** El graduado debe tener suficientes herramientas para entrar en el mundo del trabajo. Ahora bien, eso no implica formar en recetas y aplicaciones concretas válidas para el momento actual, pero que serán obsoletas dentro de poco tiempo. Se debería dotar al estudiante de la capacidad de llevar a cabo una acción reflexiva y de la capacidad de autocrítica. Por ejemplo, y reincidiendo en el comentario del apartado anterior, no es necesario que sepa diseñar realmente un reactor, pero sí comprender las bases de su diseño.
- **Abstracción y concreción:** La limitación de tiempo, en ocasiones, hace imposible explicar todo aquello que constituye el cuerpo completo de doctrina de una determinada materia. En estas situaciones se suele aumentar un grado el nivel de abstracción de los contenidos: por ejemplo, puesto que no hay tiempo de ver todas las operaciones unitarias basadas en el equilibrio entre fases, se trabaja una secuencia de equilibrios genérica, aplicable a cualquier operación, pero sin contextualizarla en ninguna. Esta generalización, muy correcta y necesaria, no parece que responda a una buena práctica pedagógica, dado que la conceptualización debe basarse en un conocimiento previo de aquello que se quiere conceptualizar, y no puede sustituirse una cosa por otra. La capacidad de resolución mecánica de modelos matemáticos complejos que demuestran los estudiantes no necesariamente va ligada a la comprensión de la realidad descrita por el modelo matemático, que es realmente lo que debería pretenderse que aprendiera. Entre los expertos hay consenso en la opinión de que esta formación desmotiva al estudiante y le impide alcanzar la comprensión de la realidad. En línea con el comentario anterior, se propone que determinadas materias generalizadoras pero de elevada abstracción, como los fenómenos de transporte, se reserven para el máster y no para el grado.

- **Impulso de la motivación del estudiante:** La motivación es un elemento fundamental para facilitar la enseñanza, desde el primer contacto con la titulación. Para ello, se propone que el primer curso tenga una perspectiva claramente ingenieril —como la que da la asignatura de balances de materia y energía— más que de suministro de herramientas básicas —matemáticas, física— descontextualizadas. Sería muy interesante que los problemas de estas asignaturas, en especial las matemáticas, estuvieran relacionados con el mundo cotidiano de la ingeniería química, como por ejemplo planteando la resolución de ecuaciones diferenciales representativas. De todos modos, la experiencia reciente sobre la formación de los nuevos alumnos en las herramientas básicas hace que sea difícil la descontextualización total y posiblemente tendrán que convivir. La comprensión de los fundamentos es más motivadora una vez se dominan las aplicaciones de los conceptos.
- **Secuenciación teniendo en cuenta la perspectiva pedagógica:** En cuanto a la organización del currículo, se considera más adecuado un currículo que responda dentro de lo posible a las necesidades formativas de los estudiantes. Aunque el planteamiento de iniciar la enseñanza con unas fuertes bases de fundamentos que permitirían entender de manera sólida las posteriores aplicaciones es conceptualmente lógico, a escala metodológica se considera que la comprensión se facilita cuando el estudiante puede partir de las propias vivencias y cuando ve la necesidad de la utilización de unas herramientas concretas, poniendo en juego los elementos motivacionales del aprendizaje. Los fundamentos adquieren significado para el estudiante una vez ya conoce su utilidad.

4.1. Fase previa. Definición del marco

El diseño de cualquier perfil de formación tiene que insertarse en un marco general de titulaciones definido por la universidad y el centro, así como en el circuito de decisiones propio de la universidad y en su política docente. Por eso, y simplemente como recordatorio, se indican aquí el conjunto de acciones que, previas al diseño del plan de estudios de Ingeniería Química, sería necesario haber realizado.

- En términos generales, **corresponde a la universidad** la decisión última sobre el catálogo de titulaciones deseable. Los principales factores a tener en cuenta para el diseño de una titulación son:
 - El plan estratégico de la universidad, que se habrá basado en la perspectiva de futuro estimada, en el tipo y calidad de las relaciones externas de la universidad con su entorno sociolaboral próximo o lejano y en la misión de la universidad.
 - El mapa de titulaciones actuales evaluadas y la coincidencia con titulaciones de otras universidades.
 - Los datos de inserción laboral de los graduados en las distintas titulaciones actuales y las previsiones de la demanda de graduados de la titulación y de titulaciones afines en la sociedad catalana, española y europea.
 - El análisis detallado de los datos provenientes del entorno socioeconómico.

- **Corresponde al centro** la propuesta y decisión sobre la estructura de las titulaciones que le hayan sido asignadas. Los principales factores a tener en cuenta son:
 - Los factores indicados en el párrafo anterior, adecuados al entorno del centro, y especialmente la concreción de la misión de la universidad, teniendo en consideración los elementos sociogeográficos del entorno.
 - La aplicación y desarrollo del plan estratégico de la universidad a escala de centro.
 - La disponibilidad de recursos actuales, en términos de personal, instalaciones, *know-how* transferible, relaciones externas y previsibles carencias.

- **Corresponde al departamento** la toma de decisiones sobre contenidos y actividades de las materias que se le encarguen. Los principales factores a tener en cuenta son:
 - Los factores indicados en los párrafos anteriores, adecuados al entorno del departamento.
 - La aplicación y desarrollo del plan estratégico de la universidad y del centro a escala de departamento.

- Los recursos materiales y humanos, el *know-how* detallado.
- La explicitación de la relación entre investigación, docencia y servicios en todos los ámbitos, y el impacto de la investigación en la docencia entre los graduados.

La universidad tiene que haber definido, previamente al diseño de un nuevo plan de estudios, varios aspectos y mecanismos de tipo general. A continuación mencionamos los más fundamentales.

4.1.1. Sistema de aseguramiento de la calidad

La universidad sigue un modelo de aseguramiento de la calidad que debe prever también el diseño de las nuevas titulaciones. Nos limitamos aquí a citarlo y a indicar que en cada caso concreto hay que adaptar los contenidos y sugerencias de esta Guía a la situación y a los mecanismos aprobados e implantados en cada universidad y centro. En el punto 4.3 se volverá a hablar de este aspecto.

4.1.2. Sistema detallado de diseño general de planes de estudios

En él deberían constar:

- Las responsabilidades del centro y del departamento en la fase de diseño.
- El organigrama detallado del mecanismo de diseño.
- La definición de las estrategias y actividades aplicables, los recursos disponibles y el sistema para plantear la solicitud de nuevos requerimientos docentes debidos al nuevo plan de estudios.
- Un calendario riguroso y realista de aplicación.
- El procedimiento de modificación de un perfil de formación.
- El procedimiento de evaluación del proceso de diseño.

4.1.3. Sistema de formación del profesorado y del personal de administración y servicios

Es un aspecto inseparable del diseño de los nuevos planes de estudios, y más aún con el cambio conceptual y metodológico que implica el proceso de convergencia europea en el EEES y el sistema de transferencia de créditos europeos (ECTS). No lo trataremos en este documento, pero no está de más resaltar la necesidad de formación específica en relación con la adecuación de los trabajos prácticos, las prácticas en empresas o el proyecto final de carrera, aspectos éstos más específicos de las titulaciones científico-técnicas como la Ingeniería Química. La formación del profesorado novel es un aspecto especialmente relevante, así como la ayuda al profesorado sénior para la adaptación a nuevas metodologías y nuevos planteamientos docentes. Hay que abordar esta cuestión desde la universidad en conjunto, pero respondiendo a las necesidades de formación específicas del centro o de colectivos de profesores.

4.2. Fase de diseño

Ésta es la fase específica de toda la guía de diseño y a la que están dedicadas las reflexiones de los tres capítulos anteriores. Para que el proceso de diseño sea un proceso de calidad, adecuado a las necesidades sociales concretas, y que al mismo tiempo sea compartido por el colectivo de profesorado y el personal de administración y servicios (PAS) que tiene que implantarlo, es necesario seguir un proceso de diseño con protocolos bien definidos. En este apartado se sugieren algunos, que se pretende que sean coherentes y completos y que están inspirados por la filosofía última que subyace en todo el proceso de diseño: partir de las competencias deseadas y de los contenidos a formar para definir los planes de estudios y las estrategias docentes a utilizar.

Las diversas etapas en las que podemos considerar desglosada la fase de diseño del plan de estudios son cuatro:

- La decisión sobre la metodología a emplear en el proceso de diseño.
- La concreción de las competencias a alcanzar por parte del graduado.
- La selección y secuencia de los contenidos a cursar por el graduado (plan docente de la enseñanza).
- La decisión sobre las metodologías a utilizar por parte del profesorado (plan docente de las asignaturas).



4.2.1. La decisión sobre la metodología a emplear en el proceso de diseño

El diseño de un nuevo perfil de formación es un momento importante de la vida de la comunidad universitaria, un momento en el que afloran las esperanzas y expectativas de mejora del colectivo promotor, pero también el momento en el que afloran las reivindicaciones de incrementar contenidos específicos que sus defensores consideran de importancia y poco valorados en el plan de estudios precedente. Se trata de que la inevitable confrontación de intereses y de opiniones se convierta en una fuente de ideas creativas, y no en un permanente enfrentamiento estéril.

Por otro lado, un proceso de generación de un perfil de formación es un complicado juego de equilibrios entre las necesidades de formación, los recursos humanos y materiales disponibles y las restricciones externas —duración total, estructura y contenidos fijados por instancias superiores, número máximo y mínimo de créditos a superar en un curso o semestre, entre muchas otras—, que hacen que no pueda considerarse como acabado el proceso de diseño hasta que no está acordado casi todo y de forma simultánea. En efecto, la flexibilidad que la legislación otorga a la hora de componer materias y asignaturas da muchos grados de libertad al diseñador, lo que permite llegar a soluciones de planes de estudios satisfactorios bastante distintas unas de otras.

Esta flexibilidad es la que permite la diferenciación entre los planes de estudios de una misma titulación para distintos centros, permite la adaptación a circunstancias y condicionantes diferentes, y permite asimismo poner en juego criterios pedagógicos y organizativos también distintos. Pero es esa misma flexibilidad y libertad la que puede llevar a diseñar planes de estudios poco trabados y sin demasiada coherencia interna: demasiadas veces se usa la solución —cómoda por pactista, pero ineficiente e incoherente— de incluir materias o asignaturas reivindicadas por algún grupo o profesor simplemente reduciendo ligeramente otras materias, que aceptan la reducción para mantener la paz social.

La selección de una metodología de diseño correcta, completa y coherente es fundamental para asegurar la calidad de lo diseñado. El espíritu del diseño en el que se basa esta Guía —y todo el proceso de convergencia en el EEES— ya ha sido reiteradamente explicitado, pero no está de más recordarlo. Puede resumirse en estos cuatro puntos secuenciales:

- El perfil de formación está al servicio de la sociedad —especialmente de los empleadores— y es necesario tener su opinión explícita.
- Estas necesidades se expresan en términos de competencias a alcanzar por parte de los graduados.
- El perfil de formación debe diseñarse explícitamente para asegurar el logro de las competencias que la sociedad pide a los graduados.
- Los contenidos a impartir y las metodologías a utilizar son herramientas al servicio de las competencias que hay que formar.

El proceso de diseño, pues, deberá asegurar que se satisfaga esta secuencia, teniendo presente las limitaciones y perspectivas anteriormente indicadas. Por lo tanto, como punto previo pero fundamental a la hora de definir un perfil de formación, hay que tener definido y documentado el procedimiento global. Será necesario, en consecuencia, aprobar en el órgano oportuno, de forma explícita y documentada, la planificación detallada del proceso. El cuadro 7 es una relación de los principales aspectos a considerar.

Cuadro 7. Planificación del proceso de diseño del perfil de formación

- Quién lidera el proceso y por qué mecanismo se escoge
- Cuál es el organigrama detallado del proceso
- Cuál es el cronograma o calendario del proceso
- Qué composición tienen los equipos de trabajo o comisiones
- Por qué mecanismo se toman las decisiones
- Qué interacción existe con los ámbitos superior e inferior del proceso de diseño
- Qué interacción habría que tener con las estructuras universitarias de apoyo a la docencia y a la formación, como por ejemplo los institutos de ciencias de la educación (ICE), los gabinetes de orientación, etc.
- Qué documentación obligatoria debe generarse en cada una de las fases y etapas
- Quién custodia y quién difunde la documentación
- A quién se difunde la documentación generada
- Qué publicidad se hace del proceso a todo el profesorado, el PAS y el alumnado, y a las personas y entidades externas al centro
- Qué mecanismos de consulta y retroalimentación se arbitran para evitar cortocircuitos en la información o decisiones no consensuadas adecuadamente

Las distintas normativas, tradiciones y estilos de los centros hacen que no pueda darse una única pauta metodológica, pero en cualquier caso hay que tener presente que el diseño de un perfil de formación es un complejo proceso que debe abordarse de forma profesional, con las oportunas herramientas informáticas, de gestión y de comunicación. El uso de software estándar de gestión de proyectos y de comunicación interna, complementado con una adecuada dosificación de debates virtuales y reuniones presenciales, puede agilizar el proceso y reservar estas últimas para los momentos importantes de toma de decisiones.

4.2.2. La concreción de las competencias a alcanzar por parte del graduado

En el capítulo 3 de esta Guía se ha presentado el perfil de competencias genérico para el graduado en Ingeniería Química. Es necesario que cada centro, si lo cree conveniente, haga la **concreción de las competencias** genéricas y tome la decisión sobre qué competencias específicas tienen que alcanzar sus titulados, es decir, el **perfil propio del centro**. Las directrices oficiales sobre la titulación vendrán dadas por el Consejo de Universidades, pero son forzosamente inconcretas y hace falta una precisión superior en el ámbito de cada universidad. La decisión sobre el perfil o los perfiles deseados de los titulados, tanto desde el punto de vista académico como profesional, hay que tomarla de manera rigurosa y basándose en evidencias documentales.

La concreción de las competencias por parte del centro tiene interés al menos por tres motivos:

- Por el valor en sí mismo de la información recogida.
- Por la dinámica que genera el proceso de concreción entre los equipos de trabajo que gestionan el proceso de diseño.
- Por la imagen que el centro da de seriedad y voluntad de acercamiento del propio centro a la realidad social.

El cuadro 8 presenta un posible esquema de la planificación de la concreción de las competencias.

Cuadro 8. Planificación de la concreción de las competencias

- Decisión sobre la necesidad o no de una concreción superior de las competencias
- Recogida de información disponible, en contacto con los pertinentes organismos universitarios y externos (referentes nacionales e internacionales)
- Digestión y resumen de la información anterior, y difusión de los resultados según la planificación
- Redacción de la propuesta de concreción de las competencias específicas y transversales deseadas para los graduados
- Diseño del proceso de consulta a empleadores, profesorado y recién graduados, con la adecuada selección representativa
- Evaluación de las respuestas obtenidas y redacción de conclusiones
- Difusión de los resultados según la planificación, especialmente entre los consultados
- Redacción final del perfil de competencias deseado para los graduados

Las evidencias documentales pueden ser de distintos tipos, como por ejemplo los datos de inserción laboral de graduados de titulaciones similares, los documentos de evaluaciones de alguna titulación similar anterior que la nueva titulación sustituirá, entrevistas formales con los empleadores, expresiones de interés por parte de empresas y de gabinetes de inserción laboral, o cualquier otro dato válido pertinente. La reproducción del proceso descrito en el capítulo 3 en el ámbito del centro, o la consulta al consejo social o patronato de la universidad, al consejo asesor del centro, a antiguos alumnos, a colegios profesionales afines o a asociaciones empresariales vinculadas, pueden suministrar datos de utilidad, aunque hay que ponderar su representatividad.

En titulaciones como la que nos ocupa, una salida profesional para la persona recién graduada puede ser la de seguir, al menos durante un tiempo, la carrera académica por la vía grado-máster-doctorado. El profesor, por lo tanto, no es sólo formador, sino también empleador, en el sentido de que un porcentaje significativo de graduados formarán parte, poco tiempo después, de los equipos de investigación que el propio profesor dirige. La doble condición de formador y empleador del profesor puede darle una perspectiva de las competencias a alcanzar demasiado desviada hacia los aspectos más teóricos o de investigación, y hay que evitar ese sesgo. La mejor manera de evitarlo es explicitar esta salida profesional del titulado y tratarla como las demás, con las competencias específicas requeridas y las oportunas necesidades de formación y metodológicas, y con el peso en el global de la titulación que se estime oportuno.

4.2.3. La selección de los contenidos a alcanzar por parte del graduado

Los contenidos de las titulaciones, e Ingeniería Química no es una excepción, han sido, en una visión clásica, los elementos casi únicos de los planes de estudios. La «materia a explicar» partía de la concepción de la enseñanza universitaria como transmisora de contenidos mediante las clases magistrales en la pizarra, y la memorización y comprensión de los contenidos eran la principal base de la evaluación.

En una concepción actual de perfil de formación, la definición de los contenidos es igualmente importante, puesto que los contenidos pueden considerarse como el lenguaje específico de la titulación y de las profesiones para las que la titulación forma: el conjunto de conceptos, términos, datos y relaciones entre todos ellos que el titulado debe conocer de manera significativa. Es evidente que el simple conocimiento enciclopédico no implica la capacidad de saber usar de forma adecuada esos conocimientos, y por eso no basta con una concepción de la enseñanza como simple transmisión de contenidos, si de lo que se trata es de formar a graduados competentes en su especialidad.

En las titulaciones de Química y de Ingeniería Química, entre otras titulaciones experimentales y tecnológicas, tradicionalmente han tenido importancia las clases de problemas —consideradas también formando parte de los contenidos— y las clases prácticas de laboratorio, único momento en el que, además de contenidos, se pretendía que el titulado desarrollara habilidades de forma explícita. Las clases sobre uso de las herramientas informáticas o sobre documentación persiguen lo mismo.

Las directrices generales comunes de las titulaciones son listas de contenidos mínimos a impartir. Siguiendo las pautas de anteriores planes de estudios, estos contenidos vendrán organizados en materias, con una cierta flexibilidad en la planificación de las asignaturas que se deriven. Por parte del centro, pues, habrá que determinar los contenidos complementarios a impartir, en consonancia con las distintas orientaciones del perfil de formación deseado. La adecuada secuenciación de contenidos basada en el nivel y complejidad de los conceptos es importante para asegurar una enseñanza basada en la comprensión.

La decisión sobre contenidos no puede tomarse independientemente de la decisión sobre metodologías, estrategias y actividades docentes, y todos dependen de las competencias a alcanzar.

4.2.4. La decisión sobre las metodologías, estrategias y actividades docentes a utilizar

Desde el punto de vista terminológico, suele emplearse el término *metodología docente* para referirse a grandes enfoques teóricos a partir de los que se organizan los recursos y actividades. Serían ejemplos de ello el sistema ECTS, el aprendizaje práctico o la enseñanza expositiva. Las *estrategias docentes* son los medios con los que se desarrollan las metodologías. Serían ejemplos la estrategia de trabajo por proyectos, la clase magistral o el laboratorio. Por último, las *actividades* son los elementos concretos con los se desarrollan las estrategias y que comportan un trabajo para el profesor y un trabajo para el alumno. La elaboración de un informe de visita de fábrica, la lectura de artículos o el planteamiento de problemas para resolver en clase serían ejemplos de actividades.

La variedad de prácticas docentes es considerable y la mayor parte se usan de forma habitual en las titulaciones experimentales y tecnológicas, aunque de manera no lo suficientemente sistemática. La tarea de elaboración del perfil de formación consiste en combinar adecuadamente las competencias a alcanzar, los contenidos a impartir y las estrategias y actividades disponibles. El objetivo final es obtener una propuesta de currículo secuenciado y estructurado en asignaturas o unidades didácticas, cada una descrita en términos de contenidos formativos, actividades a realizar y procedimiento de evaluación.

Son posibles dos aproximaciones al diseño. La primera, y más clásica, consiste en estructurar los contenidos en materias y asignaturas y decidir las estrategias y actividades pertinentes y los procedimientos de evaluación. Un posterior análisis de la estructura obtenida permitirá juzgar qué competencias genéricas, específicas y transversales permiten alcanzar el diseño realizado. La comparación con las competencias que se pretendían lograr permitirá detectar las carencias del diseño llevado a cabo y, por lo tanto, corregirlo modificando las oportunas estrategias en determinadas materias para acercarse al perfil de competencias deseado.

Una segunda aproximación, menos habitual, consiste en partir de la lista de las competencias deseadas, determinar cuáles son las estrategias óptimas para lograr cada una de ellas y, por último, componer las asignaturas combinando las estrategias y actividades docentes con los contenidos a alcanzar. Esta segunda vía puede dar como resultado un perfil de formación y un currículo con disfunciones, de difícil implantación en términos horarios y de calendario, que requerirá también posteriores ajustes para hacerlo viable.

En ambas vías hay que tener claramente explicitada la idoneidad de cada tipo de actividad y estrategia para la formación de ciertas competencias genéricas, específicas o transversales.

En términos generales, pueden distinguirse dos grandes tipos de estrategias y actividades: las que se fundamentan en la transmisión de contenidos, como por ejemplo las clases magistrales, y las que son más sintéticas, como el trabajo por proyectos, el trabajo final de carrera (TFC), el laboratorio integrado, el debate, la tutoría, el prácticum o las visitas de fábricas, que permiten formar las competencias más transversales. El diseño del perfil de formación debe combinar adecuadamente las actividades, en términos de créditos ECTS, a fin de asegurar el desarrollo armónico de contenidos de creciente dificultad y competencias transversales cada vez más próximas a las que deben ponerse en juego en el mundo profesional.

Las estrategias y actividades docentes más habituales en el área de ingeniería química y las competencias que desarrollan de forma más destacada son las siguientes:

Cuadro 9. Estrategias, actividades y competencias

Estrategias de aprendizaje	Actividad del alumno
Clase magistral, a fin de transmitir la estructura básica de una materia	Tomar apuntes, esquemas, resúmenes Resolución individual de tests y cuestiones
Seminario o debate de trabajo en grupo	Análisis de casos Preparación de tema o exposición para los compañeros
Análisis de textos	Lectura de textos de libros, revistas, catálogos, normativas, con comentario oral o escrito
Resolución de problemas previamente planteados	Resolución de problemas
Resolución dirigida de problemas o miniproyectos abiertos en grupo	Comprensión del alcance del problema Búsqueda de información Resolución de problemas Análisis de casos Uso de documentación en inglés
Prácticas de laboratorio específicas, con guión detallado	Preparación de la actividad Realización de la actividad Realización del informe y presentación

Principales competencias (además de los contenidos específicos)

Captación de información oral y posterior estructuración

Estudio individual reflexivo sistemático

Memorización y asimilación de conceptos básicos

Capacidad deductiva, analítica

Estructuración de la información disponible

Capacidad de transmisión de contenidos

Capacidad de debate y síntesis

Comprensión lectora

Capacidad de resumir o sintetizar

Expresión oral o escrita

Desarrollo de estrategias de resolución de problemas

Sentido de la realidad de los resultados

Liderazgo

Búsqueda de información bibliográfica externa

Capacidad de planteamiento de hipótesis

Desarrollo de estrategias de resolución de problemas

Sentido de la realidad de los resultados

Trabajo en equipo

Manipulación, observación, aprendizaje de técnicas

Toma de muestras; recogida, tratamiento e interpretación de datos experimentales

Hábitos de seguridad, higiene y gestión de residuos

Estrategias de aprendizaje

Actividad del alumno

Laboratorio integrado sobre problemas abiertos, en grupo

Planteamiento de estrategia de realización

Diseño de experimentos

Realización y presentación de informe escrito y oral

Uso de documentación en inglés

Realización de informe sobre un tema, individualmente o en grupo

Búsqueda de información

Redacción

Principales competencias (además de los contenidos específicos)

Manipulación, observación, aprendizaje de técnicas

Toma de muestras; recogida, tratamiento e interpretación de datos experimentales

Diseño de experimentos

Elaboración de informes técnicos

Hábitos de seguridad, higiene y gestión de residuos

Liderazgo

Búsqueda de información

Organización y orden

Gestión del tiempo

Creatividad

Trabajo en equipo

Comunicación oral, escrita y gráfica

Compromiso entre precisión, coste y tiempo

Comunicación escrita

Elaboración de informes técnicos

Idiomas

Documentación académica e industrial

Estrategias de aprendizaje

Desarrollo de un proyecto o trabajo dirigido en grupo (puede ser multidisciplinario entre equipos de distintos centros)

Actividad del alumno

Comprensión del alcance del proyecto

Distribución de tareas del grupo

Búsqueda de información

Posible colaboración con alumnos de otras especialidades

Desarrollo del trabajo específico

Síntesis de los trabajos individuales

Redacción y presentación de los resultados

Visita de fábricas

Asistencia

Realización de informe

Principales competencias (además de los contenidos específicos)

Liderazgo

Documentación industrial, normativa, legislación

Idiomas

Sentido de la realidad y de la economía de los procesos

Creatividad

Trabajo en equipo entre iguales o multidisciplinario

Gestión del tiempo

Comunicación oral, escrita y gráfica

Uso de software real de organización, de gestión de proyectos y de información compartida

Práctica de estimaciones, hipótesis simplificadoras y *rules -of-thumb*

Responsabilidad y ética profesionales

Contextualización de los conocimientos

Captación de información no estructurada

Observación

Búsqueda de información

Conocimiento de la realidad industrial y profesional

Elaboración de informes técnicos

Estrategias de aprendizaje

Actividad del alumno

Prácticas en una empresa o en la Administración

Inserción en un equipo

Realización de actividad

Preparación de informe

Programas de intercambio y movilidad

Programas Erasmus-Sócrates, Séneca

Trabajo final de carrera (TFC) en otro país

Actividades académicas diversas

Conferencias

Coloquios

Cursos diversos

Principales competencias (además de los contenidos específicos)

Orientación hacia resultados. Obtención de resultados aplicables

Gestión de la propia responsabilidad y de la presión ambiental debida a las restricciones en tiempo, recursos y ritmo de trabajo

Responsabilidad y ética profesionales. Balance social de las actividades

Asunción de los valores del trabajo jerarquizado

Documentación industrial, normativa, legislación

Idiomas

Sentido de la realidad y de la economía de los procesos

Creatividad

Trabajo en equipo multidisciplinario

Conocimiento de la realidad industrial y profesional

Gestión del tiempo

Comunicación oral, escrita y gráfica

Apertura internacional

Idiomas

Comprensión de otras culturas y estilos de vida

Apertura a otras realidades extraacadémicas

Promoción cultural

Estrategias de aprendizaje	Actividad del alumno
Uso de programas de autoaprendizaje y trabajo no presencial dirigido	Resolución de tests y cuestiones propuestas Uso de software estándar
Tutoría Portafolio de aprendizaje	Recopilación de información
Trabajo final de carrera (TFC)	Comprensión del alcance del proyecto Búsqueda de información Desarrollo del trabajo específico Redacción y presentación de los resultados Posible colaboración con alumnos de otras especialidades Si se realiza de forma colectiva: <ul style="list-style-type: none"> ■ Distribución de tareas del grupo ■ Síntesis de los trabajos individuales

Principales competencias (además de los contenidos específicos)

Autonomía y gestión del propio tiempo

Responsabilidad del propio aprendizaje

Técnicas de documentación *on line*

Aprendizaje del trabajo en red

Autocrítica

Orden y sistematización

Autoestima

Planeamiento a medio-largo plazo

Aprendizaje a lo largo de la vida (*Life Long Learning, L3*)

Responsabilidad individual

Relación directa personalizada con el director

Esta actividad puede englobar la mayor parte de las competencias alcanzadas en las demás actividades, dependiendo del tipo de TFC que se desarrolle

El conjunto de créditos ECTS de la titulación deben repartirse en asignaturas de modo proporcional al esfuerzo del alumno. Por lo tanto, en esta metodología es necesario que la planificación detallada de las asignaturas se haga globalmente, sobre todo con respecto a la aprobación de las actividades a desarrollar. La iniciativa individual del profesorado tiene, en este sistema, un sentido distinto al que podía tener en un sistema menos coordinado, pero no por eso debe quedar descartada. Hay que fomentar la promoción de nuevos contenidos, nuevas actividades y nuevos procedimientos de evaluación de acuerdo con los mecanismos de innovación docente que cada universidad tenga establecidos, pero siempre contando con la coordinación necesaria de todas las actividades propuestas al alumno.

A continuación se comentan algunas de estas estrategias y actividades:

- Las **clases magistrales** son una herramienta clásica que hay que mantener, pero en menor número y más estructuradas, con el suministro de la información requerida en papel o por vía electrónica. Son un método eficaz de transmisión de las ideas básicas, de debate de los conceptos y de suministro de la estructura de los temas. El **aprendizaje basado en problemas (*problem-based learning, PBL*)** es una estrategia indiscutible de aprendizaje en la ingeniería química desde siempre. La **resolución de problemas en grupo**, previamente preparados, puede sustituir una buena parte de las clases magistrales con más eficacia de aprendizaje. El trabajo desde los primeros cursos sobre problemas actuales, reales y, por lo tanto, abiertos puede permitir el desarrollo del sentido ingenieril de forma progresiva, adecuada a los conocimientos que se vayan teniendo en cada nivel, motivadora y entusiasta.
- El **trabajo de laboratorio**, en sus dos facetas de aprendizaje de técnicas básicas y de planteamiento y resolución experimental de problemas abiertos que requieran experimentación, es un importante aspecto del aprendizaje, pero costoso de tiempo, de recursos de profesorado y de material. Por eso hay que diseñarlo habiendo reflexionado detenidamente sobre los objetivos que se persiguen, y procurando ser selectivo y eficaz. El laboratorio no debe ser la visualización de fenómenos explicados en las clases magistrales, ni el lugar de aprender a realizar el tratamiento de datos, sino el lugar y el momento de recoger los datos experimentales que hacen falta para un diseño determinado o para el aprendizaje de la manipulación de determinados equipamientos o procedimientos. Una opción óptima en niveles avanzados del aprendizaje sería la disponibilidad de un **laboratorio integrado**, con diverso equipamiento que

permitiera la realización de secuencias de operaciones de separación, acondicionamiento y reacción, para obtener un producto a partir de materias primas o para efectuar el tratamiento de un efluente.

- Es muy conveniente la redacción, para cada estrategia de aprendizaje, de un **manual de buenas prácticas**, en cualquiera de sus formas posibles. Por ejemplo, en el caso del equipamiento de laboratorio, los **procedimientos normalizados de trabajo (PNT)**, tanto de la operación de los equipamientos como de la gestión de residuos o de la seguridad en el laboratorio. El manual de buenas prácticas tiene la ventaja de facilitar la organización de las actividades por parte de distintos profesores, permite el seguimiento y mantenimiento del estilo y manera de trabajar propia del centro o departamento, y facilita la tarea de evaluación de la eficacia de la estrategia.
- La **tutoría** es una herramienta esencial del sistema ECTS y del diseño propuesto. Tanto la tutoría académica de una materia específica que el profesor encargado desarrolla con los alumnos como la tutoría transversal de seguimiento a lo largo de los estudios adquieren una importancia mucho más significativa que en anteriores modelos. Puesto que se trata, finalmente, de acreditar competencias, el conocimiento personal del alumno y su progreso personal en una materia y globalmente, es imprescindible para orientarlo continuamente, desde antes de la primera matrícula hasta después de la obtención del último crédito. Efectivamente, no se trata de hacer al terminar todo el proceso un control de calidad final, sino de asegurar la calidad de cada una de las actividades de cada momento del proceso y de la constante medida del progreso del alumno, de forma que él mismo asuma la responsabilidad del propio proceso de formación, bajo la tutela y orientación del tutor. Herramientas tales como el **portafolio de aprendizaje** personal, las técnicas de **gestión del tiempo** y otras similares deben formar parte del perfil de formación, porque contribuyen de modo notable a la constatación del progreso por parte del alumno, lo que incrementa significativamente su autoestima y le ayuda a diseñar su propio futuro de acuerdo con sus capacidades y expectativas personales.

- El **proyecto final de carrera** o **trabajo final de carrera** es una de las estrategias clásicas de la formación de los ingenieros, absolutamente consolidada y que se mantendrá en el futuro, tanto por razones pedagógicas como legales. Las modalidades de realización son muy variadas: individual o en grupo, a propuesta del alumno o por designación del profesorado, relacionado con algún trabajo de investigación que se desarrolle en el centro, o sobre un diseño de planta, o desarrollando un trabajo industrial en la propia empresa. En todo caso, y respetando cualquier modalidad y estilo, la característica común es la necesidad de que el proyecto tenga nivel profesional y sea real, tanto con respecto al planteamiento como al desarrollo, realización y presentación. La formación alcanzada en esta actividad puede ser comprensiva de competencias específicas y transversales variadas, y debería ser uno de los momentos culminantes del proceso de formación del alumno. Deberían desarrollarse protocolos y normas de buenas prácticas específicas para que su realización sea lo máximo de rigurosa y exigente.
- La **evaluación** forma parte del proceso de formación y, por lo tanto, es parte constituyente del diseño del perfil de formación. Los sistemas de evaluación son tan variados como las actividades formativas. Del mismo modo que hay que programar las actividades formativas de manera global, hay que programar la evaluación globalmente. Cualquier actividad formativa debe ser evaluada, ya sea de modo individualizado o comprensivo. Y éste es un campo en el que puede desarrollarse mucha innovación. Las evaluaciones orales en distintos momentos de los estudios (exposiciones, presentación de informes, defensa de proyecto o TFC) mejoran la comunicación oral, que es una de las carencias habituales del alumnado. La **evaluación entre alumnos** es una técnica que, bien llevada, es útil no sólo para la evaluación, sino para la propia formación del alumno, porque le proporciona sentido crítico, independencia de criterio, discernimiento y sentido de la justicia, de la responsabilidad y de la ética profesional.

- No debe olvidarse, en coherencia con los objetivos últimos del perfil de formación, que de lo que se trata es de asegurar que los graduados del perfil de formación alcanzan las competencias para las que se han formado. Es, pues, imprescindible desarrollar no sólo sistemas de evaluación de contenidos y habilidades, sino mecanismos fiables de **acreditación de competencias** genéricas, específicas y transversales. Los sistemas clásicos de evaluación no lo hacen más que en una pequeña parte, porque estaban diseñados mayoritariamente para la medida del éxito en la transmisión de contenidos. Por otro lado, las estrategias de evaluación basadas exclusivamente en las metodologías tradicionales (exámenes finales) no son compatibles con buena parte de las metodologías propuestas en este documento, y se hace necesario desarrollar adecuados mecanismos de **evaluación continua**.

Cuadro 10. Competencias y estrategias evaluativas

Competencias transversales	Pruebas susceptibles de medirlas
Conocimientos disciplinarios	Pruebas objetivas, preguntas abiertas, resolución de problemas
Competencias disciplinarias específicas	Evaluación de productos (pósteres, dictámenes, informes), evaluación de ejecuciones (parrillas valorativas, laboratorio, prácticas en empresas, etc.), proyectos de investigación
Pensamiento crítico	Proyectos de investigación, estudio de casos, simulaciones, portafolios de aprendizaje, evaluación en el laboratorio
Resolución de problemas	Colección de problemas, trabajo en grupo, tesina/proyecto, evaluación en el laboratorio
Expresión escrita	Trabajos de curso, portafolios (ensayos) de aprendizaje, informes de investigación, libreta de laboratorio
Comunicación oral	Presentaciones, debates, entrevistas simuladas, respuestas/preguntas en el laboratorio
Trabajo en equipo	Trabajo en grupo, evaluación entre iguales, autoevaluación
Búsqueda de documentación	Trabajos bibliográficos, proyectos de investigación, estudio de casos

Competencias transversales	Pruebas susceptibles de medirlas
Razonamiento ético y valores	Indirectamente por medio de ejecuciones (proyecto final de carrera, prácticum, estudio de casos, etc.), o bien más directamente por medio de instrumentos de medida cualitativos (debates, entrevistas, <i>focus groups</i> con estudiantes, etc.) o cuantitativos (escalas de actitudes, encuestas)
Aprendizaje a lo largo de la vida	Autoevaluaciones, evaluación de los compañeros, portafolios de aprendizaje
Iniciativa	Evaluación de ejecuciones, autoevaluaciones, prácticas en empresas

Fuente: Prades, 2005

- La redacción de los **planes docentes** de la enseñanza y de cada materia o asignatura es la concreción de las ideas anteriores. En cada plan docente de asignatura se detallarán, en la forma que cada universidad o centro decida, los objetivos generales y específicos, las estrategias y actividades docentes a realizar y la evaluación pormenorizada de las actividades. Cada uno de estos planes docentes es el compromiso o contrato entre el alumno, el centro y cada uno de los profesores que imparten la docencia. Por este compromiso el centro se obliga ante los alumnos a suministrar los recursos materiales, intelectuales y humanos necesarios para que el alumno alcance las competencias descritas en el perfil. Por su parte, el alumno se compromete a poner su esfuerzo y su tiempo para trabajar de acuerdo con la planificación propuesta. Y el profesor se compromete a participar en la parte que se le asigne al éxito del proyecto común, tanto con respecto a la concreción, impartición y evaluación de las materias que se le encomienden como a las actividades más transversales, como por ejemplo la adecuación del diseño del perfil de formación, la evaluación global y la tutorización de los alumnos.

- Por último, no hay que olvidar que algunas de las competencias que deben alcanzarse se adquieren de forma difusa en múltiples actividades y por la simple presencia en el centro. La puntualidad, el respeto a las personas y las cosas, la puntualidad, el orden, la comunicación ágil o la relación amable y con espíritu de colaboración entre personas son valores que deben respirarse en la atmósfera del centro y en cada uno de los momentos y actividades. Es responsabilidad de los equipos directivos del centro y de cada uno de los miembros del personal contribuir a la creación y mantenimiento de este clima, que es un elemento formativo de primer orden.

4.3. Fase de evaluación del diseño

El proceso del diseño del perfil de formación, como cualquier otro proyecto que se desarrolle, debe tener el seguimiento del sistema de aseguramiento de la calidad que la universidad y el centro hayan decidido. Los modelos de aseguramiento de la calidad pueden ser muchos, y todos ellos pueden ser pertinentes.

A lo largo del desarrollo del plan de estudios, hay que establecer mecanismos para efectuar un seguimiento e introducir los pertinentes cambios cuando sea necesario. Así, a través de entrevistas, grupos de discusión con estudiantes, tutores académicos, etc., hay que analizar si se producen solapamientos entre materias o asignaturas, si la secuencia es la idónea (y, por ejemplo, no se producen dificultades por falta de conocimientos previos), si el nivel académico es el adecuado (ni demasiado fácil ni demasiado difícil), etc. En el contexto de los ECTS, debe velarse especialmente para que la carga y la distribución de trabajo del estudiante sean las adecuadas.

La evaluación del diseño debe hacerla un comité externo del centro o universidad. En este ámbito, hay que validar especialmente la correcta planificación de todo el perfil de formación, y sobre todo que la carga de trabajo del alumno sea equilibrada y que queden compensadas las distintas modalidades de actividades a lo largo de un curso y de un curso a otro.

La evaluación formal realizada por un comité externo es también muy interesante, pero probablemente sea más relevante para evaluar los resultados del diseño, es decir, para evaluar a los graduados del sistema una vez que se haya puesto en práctica. Así se tiene información sistemática periódica sobre las necesidades de modificaciones del perfil de formación y sobre las nuevas necesidades sociales, en un continuo proceso de mejora. Esta evaluación externa periódica debe formar parte también del proceso de diseño. Son especialmente pertinentes las consultas a los colectivos externos:

- Encuesta de satisfacción a los recién graduados.
- Encuesta a los graduados al cabo de cinco años de haber terminado sus estudios.
- Encuesta a los empleadores sobre el rendimiento, las carencias y los puntos fuertes de los titulados.
- Encuesta al profesorado del ciclo de máster o doctorado sobre los graduados provenientes del perfil de formación.

En la fase de diseño es conveniente tener presente los mecanismos de evaluación o acreditación a los que se someterá el futuro plan de estudios o titulación. Son ejemplos de ellos los documentos provenientes de las agencias de evaluación de la calidad como ANECA o AQU Catalunya, tales como los *Estándares de acreditación de las pruebas piloto* (AQU Catalunya, 2005). Además, son especialmente interesantes para una titulación de ingeniería los sistemas de acreditación externos internacionales, como la acreditación ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology) o la EFQM (European Foundation for Quality Management). Un proceso de acreditación externa es costoso en recursos humanos y en recursos económicos, pero tiene la ventaja de que las pautas de evaluación ya están decididas por el mismo sistema y libera al centro de la necesidad de definir pautas propias.

La homologación internacional de la calidad de una titulación ofrece una gran credibilidad e incrementa la autoestima del centro y de sus profesores, a la vez que incita a una permanente mejora y a un continuo seguimiento para ir corrigiendo las disfunciones que puedan aparecer con el tiempo. La imagen externa de la titulación —tanto ante los alumnos y sus familias como ante los empleadores— sale muy beneficiada y el prestigio de los graduados de la institución aumenta.

Anexo 1

Carta dirigida a los ocupadores

Apreciado/a señor/a,

Como sabe, el sistema universitario europeo está en pleno proceso de creación del denominado Espacio europeo de educación superior (EEES) para ir hacia una situación en la que se facilite la movilidad de estudiantes y titulados, así como la homologación e intercambio de titulaciones entre los estados participantes.

Una de las novedades más notables del nuevo sistema es la creación de dos niveles de titulación, la de graduado (o *bachelor*) y la de máster, que puede cursarse a continuación. Ambos tienen voluntad de salida profesional, aunque, lógicamente, en niveles y competencias diferentes. En el momento de redactarse la presente carta, el Ministerio todavía no ha decidido la duración de las titulaciones, que puede oscilar entre tres o cuatro años y uno o dos años, respectivamente.

Desde la Agència per a la Qualitat del Sistema Universitari de Catalunya (AQU Catalunya) se está trabajando para llevar a cabo el proceso de revisión y cambio en Catalunya de la forma más rigurosa y coordinada posible. La titulación de Ingeniería Química es una de las tres que AQU Catalunya ha escogido para que forme parte del programa DISSENY, que tiene por objetivo desarrollar métodos y procedimientos de elaboración de planes de estudios de titulaciones de grado de una manera sistemática, basándose en las necesidades de la demanda más que en la capacidad de la oferta del sistema. Una de las fases de la elaboración es la consulta a personas significativas de los distintos estamentos y organismos implicados directa o indirectamente en la contratación de los futuros graduados.

El motivo de esta carta es solicitar su colaboración para que cumplimente la encuesta adjunta. Ha sido elaborada por un grupo de trabajo creado en el seno de AQU Catalunya, con representantes de todas las universidades que actualmente tienen titulaciones de Ingeniería Química (de ciclo largo) o de Ingeniería Técnica Industrial, especialidad en Química Industrial (de ciclo corto): UB, UAB, UPC, UdG, URV y URL.

Se trata, pues, de que valore con un número del 1 al 4 (1: nada relevante; 2: poco relevante; 3: bastante relevante; 4: muy relevante) la relevancia o interés para la formación de salida que un graduado (*bachelor*) debería alcanzar en cada uno de los ítems indicados. Le ruego que tenga muy presente que no se trata de valorar las competencias y capacidades que ya tiene un ingeniero químico sénior en el ejercicio de su profesión o las de un titulado con un máster especializado, sino las que serían de desear que tuviera el graduado que se incorpora al mundo del trabajo.

Como puede comprobar con la lectura de la encuesta, la mayor parte de los elementos a evaluar no corresponden a contenidos de formación, sino a competencias o capacidades de salida del graduado. El programa DISSENY se basa en concretar primero las capacidades y competencias deseadas, a partir de las cuales se decidirán después los contenidos y metodologías formativas adecuadas para alcanzarlas.

Puede añadir todos los comentarios que crea convenientes para aclarar aquellos puntos que piense que lo requieren, o añadir nuevas competencias o capacidades. Si por el motivo que sea considera mejor que la encuesta sea cumplimentada por alguna otra persona de su entorno, puede hacerlo con entera libertad. También le agradecería que, en caso de que no considere oportuno o no pueda responder a la encuesta, la devuelva a la dirección del encabezamiento.

En nombre de la directora de AQU Catalunya, Dra. Gemma Rauret, y de los miembros del grupo de trabajo, le agradezco de antemano su colaboración.

Claudi Mans

Coordinador del grupo de trabajo de Ingeniería Química del programa DISSENY

Barcelona, 14 de diciembre de 2004

Anexo 2

Cuestionario

Fundamentos científicos

Tener la capacidad de emplear los siguientes conocimientos para establecer y solucionar analítica, numérica y gráficamente una variedad de problemas típicos de la ingeniería química

	Importancia para el grado				
		1. Nada relevante	2. Poco relevante	3. Bastante relevante	4. Muy relevante
1. Tener conocimiento relevante de las ciencias básicas, y en particular de matemáticas, química, biología, física y principios de economía, que permita la comprensión, descripción y solución de problemas típicos de la ingeniería química		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Tener suficientes conocimientos y criterios de química orgánica, química inorgánica y química física, de bioquímica y de ciencia de los materiales		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Comprender los principios en los que se basan los métodos modernos del análisis químico, sus limitaciones y su aplicabilidad a los procesos químicos		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Importancia para el grado

	1. Nada relevante	2. Poco relevante	3. Bastante relevante	4. Muy relevante
Comprender los principios básicos subyacentes en la ingeniería química:				
4. Balances de materia, energía y cantidad de movimiento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Termodinámica y ecuaciones de los equilibrios entre fases y químicos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Ecuaciones cinéticas de los procesos físicos de transferencia (de masa, energía y cantidad de movimiento) y cinética de la reacción química	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Otras: ¿cuáles?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Otras: ¿cuáles?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Otras: ¿cuáles?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Habilidades disciplinarias

	Importancia para el grado			
	1. Nada relevante	2. Poco relevante	3. Bastante relevante	4. Muy relevante
1. Conocer las distintas operaciones de reacción, separación, transporte y circulación de fluidos y procesamiento de materiales involucradas en los procesos industriales de la ingeniería química	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Comprender los principales conceptos del control de procesos de ingeniería química	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Tener habilidad para analizar problemas complejos en el área de ingeniería química	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Interpretar situaciones y hechos experimentales	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Planificar, ejecutar y explicar experimentos en las distintas áreas de la ingeniería química, y saber informar sobre ello	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Tener un conocimiento de la bibliografía científica y técnica y de las fuentes de datos relevantes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Tener habilidad para diseñar procesos, equipos e instalaciones de ingeniería química	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Ser capaz de juzgar la viabilidad económica de un proyecto industrial de ingeniería química	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Tener suficiente conocimiento de la normativa, la legislación y las regulaciones pertinentes en cada situación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Tener experiencia en el uso del software apropiado, tanto genérico como específico de la ingeniería química	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Importancia para el grado

	1. Nada relevante	2. Poco relevante	3. Bastante relevante	4. Muy relevante
11. Comprender el rol central de la ingeniería química en la prevención y solución de problemas medioambientales y energéticos, de acuerdo con los principios del desarrollo sostenible	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. Valorar de forma estructurada y sistemática los riesgos para la seguridad, la salud y la higiene, en un proceso existente o en fase de diseño, y aplicar las medidas pertinentes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. Ser capaz de comprender el impacto de las soluciones de ingeniería en el contexto ambiental y social de ámbito general	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. Tener asumidos los valores de responsabilidad y ética profesional propios de la ingeniería química.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. Tener la capacidad de emplear los anteriores conocimientos y competencias para elaborar un proyecto de ingeniería química	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. Otras: ¿cuáles?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17. Otras: ¿cuáles?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18. Otras: ¿cuáles?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Competencias transversales generales

Importancia para el grado

4. Muy relevante
3. Bastante relevante
2. Poco relevante
1. Nada relevante

Competencias personales

- | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1. Ser autónomo, dinámico y organizado, con capacidad analítica y de síntesis, con capacidad de análisis crítico y con capacidad de prospectiva | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2. Tener autoestima y tolerancia a la frustración | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3. Estar orientado a la consecución de resultados, con habilidad para la resolución de problemas en ausencia de evidencias, con creatividad, con capacidad de iniciativa y capacidad de decisión y gestión de la información | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4. Tener capacidad de autoevaluación y capacidad autocrítica constructiva | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5. Ser capaz de aprender por cuenta propia. Reconocer la necesidad del aprendizaje a lo largo de la vida y poseer una actitud activa para realizarlo | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6. Otras: ¿cuáles? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Competencias de comunicación

- | | | | | |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1. Ser capaz de comunicarse de forma efectiva, oralmente y por escrito, mediante presentaciones con los soportes adecuados | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2. Tener una aceptable fluidez en el uso del inglés como idioma de comunicación y relación social y conocimientos de algún otro idioma relevante en el ámbito mundial | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3. Otras: ¿cuáles? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Importancia para el grado

4. Muy relevante

3. Bastante relevante

2. Poco relevante

1. Nada relevante

1 2 3 4

Competencias de relación

1. Ser capaz de trabajar en equipo y de adaptarse a equipos multidisciplinares e internacionales a distintas escalas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Tener condiciones de liderazgo, ser capaz de emplear los recursos de la inteligencia emocional para liderar equipos de trabajo, motivar a los colaboradores, generar empatía y negociar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Tener disposición a aceptar la cultura de empresa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Otras: ¿cuáles?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Anexo 3

Resultados de la consulta pública del perfil de formación de Ingeniería Química a empleadores y graduados

Fundamentos científicos

Tener conocimiento relevante de las ciencias básicas, y en particular de matemáticas, química, biología, física y principios de economía, que permita la comprensión, descripción y solución de problemas típicos de la ingeniería química

Tener suficientes conocimientos y criterios de química orgánica, química inorgánica y química física, de bioquímica y de ciencia de los materiales

Comprender los principios en los que se basan los métodos modernos del análisis químico, sus limitaciones y su aplicabilidad a los procesos químicos

Comprender los principios básicos subyacentes en la ingeniería química: balances de materia, energía y cantidad de movimiento

Comprender los principios básicos subyacentes en la ingeniería química: termodinámica y ecuaciones de los equilibrios entre fases y químicos

Comprender los principios básicos subyacentes en la ingeniería química: ecuaciones cinéticas de los procesos físicos de transferencia (de masa, de energía y de cantidad de movimiento) y cinética de la reacción química

Habilidades disciplinarias

Conocer las distintas operaciones de reacción, separación, transporte y circulación de fluidos y procesamiento de materiales involucradas en los procesos industriales de la ingeniería química

Comprender los principales conceptos del control de procesos de ingeniería química

Tener habilidad para analizar problemas complejos en el área de ingeniería química

Interpretar situaciones y hechos experimentales

Planificar, ejecutar y explicar experimentos en las distintas áreas de la ingeniería química, y saber informar de ello

Tener un conocimiento de la bibliografía científica y técnica y de las fuentes de datos relevantes

Resultados de la consulta pública del perfil de formación de Ingeniería Química a empleadores y graduados

PROFESORADO			OCUPADORES			GRADUADOS		
N	Media	Desv. est.	N	Media	Desv. est.	N	Media	Desv. est.
94	3,70	0,48	23	3,39	0,78	47	3,64	0,53
93	3,28	0,71	23	3,13	0,81	48	3,13	0,73
93	2,80	0,73	23	2,61	0,78	48	3,08	0,71
93	3,87	0,40	23	3,39	0,84	48	3,52	0,68
93	3,77	0,45	23	3,13	0,92	48	3,23	0,66
93	3,67	0,56	23	3,22	0,80	48	3,17	0,72
92	3,62	0,51	23	3,26	0,81	44	3,52	0,70
92	3,36	0,62	23	3,30	0,56	44	3,30	0,79
92	3,26	0,68	23	3,22	0,80	44	3,11	0,69
92	3,37	0,67	23	3,35	0,65	44	3,59	0,54
91	3,09	0,72	23	3,26	0,75	43	3,12	0,70
93	3,12	0,69	22	2,95	0,79	43	3,02	0,74

Tener habilidad para diseñar procesos, equipos e instalaciones de ingeniería química

Ser capaz de juzgar la viabilidad económica de un proyecto industrial de ingeniería química

Tener suficiente conocimiento de la normativa, la legislación y las regulaciones pertinentes en cada situación

Tener experiencia en el uso del software apropiado, tanto genérico como específico de la ingeniería química

Comprender el rol central de la ingeniería química en la prevención y solución de problemas medioambientales y energéticos, de acuerdo con los principios del desarrollo sostenible

Valorar de forma estructurada y sistemática los riesgos para la seguridad, la salud y la higiene, en un proceso existente o en fase de diseño, y aplicar las medidas pertinentes

Ser capaz de comprender el impacto de las soluciones de ingeniería en el contexto ambiental y social de ámbito general

Tener asumidos los valores de responsabilidad y ética profesional propios de la ingeniería química

Tener la capacidad de emplear los anteriores conocimientos y competencias para elaborar un proyecto de ingeniería química

Competencias transversales

Ser autónomo, dinámico y organizado, con capacidad analítica y de síntesis, con capacidad de análisis crítico y con capacidad de prospectiva

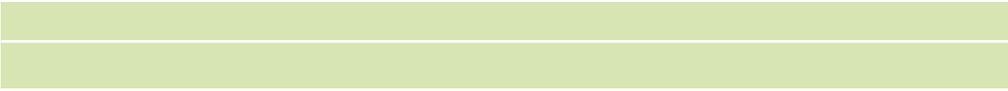
Tener autoestima y tolerancia a la frustración

Estar orientado a la consecución de resultados, con habilidad para la resolución de problemas en ausencia de evidencias, con creatividad, con capacidad de iniciativa y capacidad de decisión y gestión de la información

Tener capacidad de autoevaluación y capacidad autocrítica constructiva

Resultados de la consulta pública del perfil de formación de Ingeniería Química a empleadores y graduados

PROFESORADO			OCUPADORES			GRADUADOS		
N	Media	Desv. est.	N	Media	Desv. est.	N	Media	Desv. est.
93	3,25	0,76	23	3,04	0,77	43	3,26	0,88
92	3,08	0,77	23	3,00	0,67	44	3,41	0,73
93	2,65	0,76	23	3,00	0,67	44	3,00	0,89
93	3,10	0,63	23	3,04	0,77	44	3,32	0,71
93	3,24	0,65	23	3,17	0,72	44	3,23	0,77
92	3,40	0,59	23	3,57	0,59	44	3,32	0,71
91	3,11	0,66	23	3,22	0,67	44	3,16	0,81
93	3,39	0,64	22	3,36	0,73	44	3,14	0,85
93	3,31	0,69	23	3,26	0,62	44	3,48	0,76
94	3,52	0,56	23	3,57	0,51	48	3,69	0,55
94	3,06	0,67	23	2,96	0,64	48	3,29	0,77
93	3,35	0,69	23	3,35	0,65	48	3,60	0,68
94	3,27	0,61	23	3,17	0,78	48	3,50	0,58



Ser capaz de aprender por cuenta propia. Reconocer la necesidad del aprendizaje a lo largo de la vida y poseer una actitud activa para realizarlo

Ser capaz de comunicarse de forma efectiva, oralmente y por escrito, mediante presentaciones con los soportes adecuados

Tener una aceptable fluidez en el uso del inglés como idioma de comunicación y relación social y conocimientos de algún otro idioma relevante en el ámbito mundial

Ser capaz de trabajar en equipo y de adaptarse a equipos multidisciplinarios e internacionales a distintas escalas

Tener condiciones de liderazgo, ser capaz de emplear los recursos de la inteligencia emocional para liderar equipos de trabajo, motivar a los colaboradores, generar empatía y negociar

Tener disposición a aceptar la cultura de empresa

Resultados de la consulta pública del perfil de formación de Ingeniería Química a empleadores y graduados

PROFESORADO			OCUPADORES			GRADUADOS		
N	Media	Desv. est.	N	Media	Desv. est.	N	Media	Desv. est.
94	3,53	0,62	23	3,48	0,67	48	3,63	0,53
94	3,47	0,62	23	3,43	0,66	48	3,33	0,69
94	3,48	0,52	23	3,48	0,67	48	3,40	0,74
92	3,62	0,51	23	3,83	0,39	48	3,63	0,64
94	2,89	0,73	23	3,09	0,67	48	2,90	0,78
92	2,98	0,80	23	2,96	0,64	48	2,88	0,70

Bibliografía y documentación

Esta bibliografía comprende no sólo las citas que aparecen en la Guía y las referencias usadas en la preparación del texto, sino también varias referencias generales sobre la ingeniería química, su historia, su evolución y su enseñanza. Las páginas web indicadas están operativas en el momento de cerrar este texto.

American Institute of Chemical Engineers. AIChE (2003) [en línea].
[Consulta: 13 de junio de 2006]. Disponible en: <<http://www.aiche.org>>.

AMUNDSON, N. R. (chairman) (1988) «Frontiers in Chemical Engineering: Research Needs and Opportunities» En: *National Academic Press*. Washington DC.
[Conocido como *The Amundson Report*].

ANGELINO, H. (1990) «L'Avenir du Génie Chimique... vers le Génie des Procédés». Separata entregada en la 5th Mediterranean Chemical Engineering Conference. Barcelona, 5-7 de noviembre.

AQU CATALUNYA (2002) *Marc general per al disseny, el seguiment i la revisió de plans d'estudis i programes*. Barcelona: Agència per a la Qualitat del Sistema Universitari a Catalunya.

AQU CATALUNYA (2003) *Marc general per a la integració europea*. Barcelona: Agència per a la Qualitat del Sistema Universitari de Catalunya.

AQU CATALUNYA (2003) *Marco general para la integración europea* [en línea]. Barcelona: Agència per a la Qualitat del Sistema Universitari de Catalunya.
[Consulta: 13 de junio de 2006]. Disponible en:
<<http://www.aqucatalunya.org/uploads/publicacions/arxiu%20pdf/MGIIntegracioEuropeacast.pdf>>

AQU CATALUNYA (2005) *Inserció laboral dels graduats* [en línea]. Dentro: web de AQU Catalunya [Consulta: 13 de junio de 2006].
Disponible en: <<http://www.aqucatalunya.org>>.

AQU CATALUNYA (2005) *Eines per a l'adaptació dels ensenyaments a l'EEES* [en línea]. Barcelona: Agència per a la Qualitat del Sistema Universitari de Catalunya. [Consulta: 13 de junio de 2006]. Requiere Adobe Acrobat Reader. Disponible en: <http://www.aqucatalunya.org/uploads/publicacions/arxiu%20pdf/Eines_cat.pdf>.

DAVIS, G. E. (1901) *Handbook of Chemical Engineering*. Manchester: David Bros ed. Citado por Scriven (1991). [La primera edición fue en forma de fascículos en la revista *Chemical Trade Journal*, en 1888. La 2ª ed. del libro es de 1904].

DURSI (2003) *Què vols estudiar i per què? El web de les sortides professionals als estudis de les universitats catalanes* [en línea]. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació. [Consulta: 13 de junio de 2006]. Disponible en: <<http://www10.gencat.net/dursi/sortides.htm>>.

ECC; DE RYCK VAN DER GRACHT, E. J. (chairman) (1990) «Ciencia y tecnología químicas: necesidades europeas para los años noventa». Informe preparado para la Comisión de las Comunidades Europeas, bajo la responsabilidad del Comité de Química de las Comunidades Europeas. Traducción de I. Rasines para *Química e Industria*, 36 (7-8), pág. 637-646.

GILLET, J. (2000) *The education of Chemical Engineers in the Third Millennium* [en línea]. Dentro: web de la European Federation of Chemical Engineering. [Consulta: 13 de junio de 2006]. Disponible en: <http://www.efce.info/wpe_educationchemeng.html>.

GONZÁLEZ, J.; WAGENAAR, R. (coord.) (2003) *Tuning Educational Structures in Europe. Informe final. Proyecto Piloto Fase 1*. Bilbao: Universidad de Deusto.

LEVENSPIEL, O. (1980) «The Coming-of-age of Chemical Reaction Engineering». En: *Chem. Eng. Sci.*, 35, pág. 821-1839.

LITTLE, A. D.; WALKER, W. H. (1915) *Informe a la corporación del MIT*. Citado por A. B. Newman. «Development of Chemical Engineering Education in the United States». En: *Trans. AIChE*, 34 (3a), suplemento de 25 de julio de 1938.

MANS, C. (2003) «Disseny de programes de formació: Enginyeria Química» En: *El disseny de programes de formació*. Barcelona: Agència per a la Qualitat del Sistema Universitari de Catalunya, pág. 57-71.

PRADES, A. (2005) *Les competències transversals i la formació universitària*. Director: Sebastián Rodríguez Espinar. Barcelona: Universitat de Barcelona. Departament de Mètodes d'Investigació i Diagnòstic en Educació. Tesis doctoral.



Agència
per a la Qualitat
del Sistema Universitari
de **Catalunya**

