

# Una alternativa de proyecto final para Ingeniería Química

Orlando J. Domínguez<sup>1</sup> & Raquel L. Michel<sup>1</sup>

(1) *Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta.*

*orlando@unsa.edu.ar & rmichel@unsa.edu.ar*

**RESUMEN:** La dinámica generada a partir de las adecuaciones de los planes de estudio de Ingeniería realizados en la República Argentina llevó a modificaciones sustanciales en el plan de estudio de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta. En este marco, la elaboración de un proyecto final es un tema que está presentando inconvenientes para su ejecución en tiempo y forma. Los autores presentan una propuesta alternativa a lo que actualmente se viene haciendo. El trabajo tiene un sustento teórico en áreas específicas de las ciencias de la educación: la pedagogía y la didáctica. Esta base, adaptada a la situación particular de la carrera llevó a la incorporación del concepto de procedimientos, o acciones ordenadas. La modificación sugerida se cree que conducirá a un resultado altamente positivo permitiendo que se alcance el objetivo de una duración total de la carrera de cinco años.

## 1 INTRODUCCIÓN

### 1.1 Contexto histórico

En febrero de 1995 la Comisión Académica designada, para ese propósito, por la Escuela de Ingeniería Química, finalizó con la elaboración del nuevo currículum del plan de estudio para la carrera de grado Ingeniería Química, (Universidad Nacional de Salta, 1998). El cambio realizado se hizo teniendo como guía las recomendaciones del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI), con la finalidad de la unificación curricular en la enseñanza de las Ingenierías en la República Argentina. El plan vigente hasta ese momento, (Universidad Nacional de Salta, 1985), contemplaba seis años de cursado con régimen de regularidad de treinta y seis materias, más una evaluación de idioma extranjero y la realización de una práctica profesional. Este diseño presentaba muchos inconvenientes como por ejemplo un exceso de carga horaria presencial en el cursado de materias, acumulación de materias regularizadas, la consecuencia era un paulatino atraso en la presentación de exámenes finales extendiendo la carrera, pensada originalmente para seis años, a un promedio de 11 años y con una cantidad, también promedio, de cinco egresados por año.

### 1.2 Objetivos del cambio de plan de estudio

El plan de estudios 1999 propuesto para la carrera de Ingeniería Química, (Universidad Nacional de Salta, 1998), tenía como premisa central “la

formación de Ingenieros capaces de desarrollar actividades de desarrollo de procesos y de diseño, montaje y conducción de plantas industriales, con especial orientación y enfoque hacia la resolución de problemas regionales y del uso racional de los recursos. Esta formación específica, complementada, con conocimientos de ingeniería general, le permitirán al profesional un desempeño eficaz en la resolución de problemas interdisciplinarios, aún en aquellos casos en que sea el único profesional responsable de estas actividades”. Estaba diseñado para cinco años de duración con un total de treinta y seis materias equivalentes a tres mil seiscientas horas de cursado, todas de tipo cuatrimestral y régimen promocional, dos evaluaciones de idioma inglés, un informe de ciento cincuenta horas de práctica de fábrica y la acreditación de doscientas horas de cursos complementarios optativos. Así, el cambio de plan intentaba remediar el tiempo promedio para que un alumno se reciba y adaptarse a los requerimientos de las industrias e empresas que requieren jóvenes profesionales, que posean quizás un poco menos de conocimiento general, pero sí con determinadas características o conocimientos básicos como para adaptarse y alcanzar la capacitación específica en determinadas áreas que la empresa requiera. Por otro lado existiendo la carrera de doctorado en la facultad, para profundizar e integrar los conocimientos en áreas específicas a efectos contribuir y acrecentar el saber científico y tecnológico de la universidad, por lo que los contenidos de la carrera de grado se podían reducir a lo mínimo indispensable. En este

contexto se incluyó en la currícula para el último año de la carrera y en el segundo cuatrimestre, la asignatura Proyecto Industrial.

### 1.3 Proyecto industrial como asignatura

Los contenidos mínimos incluían temas tradicionales del diseño de procesos: confiabilidad y seguridad, teoría de fallas, análisis de riesgo, criterios para el diseño robusto, presentación de proyectos, operación de plantas y control de calidad. Se pedía como práctico el desarrollo de un proyecto de instalación o rediseño de un equipo industrial con todos los detalles de presentación y evaluación. La carga horaria asignada era de cuatro horas semanales, sesenta en el cuatrimestre y se cursaba con otras cuatro materias en simultáneo, las cuales en total poseían una carga semanal de veinte horas. Propuesta de esa manera y aún reduciendo al mero enunciado los temas solicitados, el objetivo era sumamente ambicioso y provocó, durante los años en que estuvo en vigencia el plan, un atraso en la concreción y presentación del proyecto que llevó a aumentar la duración de la carrera más allá de los cinco años inicialmente previstos. Las causas provenían de la falta de una delimitación clara de las tareas que debían incluirse en el desarrollo del proyecto, de la escasa carga presencial que los alumnos tenían en el cursado de la materia, durante el cual debían aprender conocimientos nuevos en paralelo a la realización de la práctica y a la falta de tiempo que los alumnos tenían para dedicarle. Si bien los alumnos lograban un conocimiento mayor y más profundo, esto era a costo de mayor tiempo de permanencia en el ámbito académico.

## 2 PLAN DE ESTUDIO 1999 MODIFICADO

### 2.1 Principales diferencias.

A cinco años de la implementación del denominado plan 1999 y luego de hacerse un análisis de los éxitos logrados, las deficiencias detectadas y los objetivos no alcanzados, en el marco de la acreditación de la carrera de ingeniería química por parte de la CONEAU, surge la modificación del plan en vigencia (Universidad Nacional de Salta, 2005; Facultad de Ingeniería, 2005). El número de materias se redujo de treinta y seis a treinta para cursarse en cinco años, equivalente a tres mil trescientas cuarenta y cinco horas de cursos regulares, la duración de todas ellas seguía siendo cuatrimestral y de régimen promocional. La práctica profesional supervisada fue llevada a

doscientas horas. El requerimiento de la acreditación de doscientas horas de cursos complementarios optativos continuó y se incluyó un curso de ingeniería y sociedad de treinta horas.

### 2.2 Proyecto industrial en el plan 1999 modificado

Con la modificación introducida, el proyecto pasó de ser una materia a la categoría de requisito curricular con una carga de doscientas veinte horas, (Facultad de Ingeniería, 2006a).”El proyecto final se debe realizar durante los últimos cuatro cuatrimestres; el trabajo comienza con la elección del tema al inicio del cursado de la materia Diseño de Procesos, primer cuatrimestre del cuarto año. El objetivo es que el alumno integre y consolide los conocimientos teóricos y prácticos que va adquiriendo durante el cursado de la carrera”.

### 2.3 Implementación de proyecto industrial como requisito curricular.

Una vez definidos los objetivos del proyecto dentro del nuevo escenario curricular se aprobó un reglamento (Facultad de Ingeniería, 2006b) para definir su objeto, su implementación (cuerpo docente, grupos de trabajo y tareas a realizar) y su aprobación. Según lo normado el proyecto comienza con todas las materias de tercer año aprobadas y para su evaluación son necesarios todas las materias y requisitos aprobados, en un término de dos años como mínimo. El cuerpo docente está integrado por un docente coordinador del requisito y por los directores de cada uno de los proyectos, las funciones de uno y otros están claramente definidas en el documento. Para la aprobación son requeridas primero la presentación de informes cuatrimestrales de avance, frente a un tribunal evaluador específico para cada etapa particular en la que se encuentre el proyecto, y luego la defensa del informe final. De esta manera el proyecto avanza en paralelo a la carrera y se rinde luego de promocionar todas las materias de manera de mantener la duración total en cinco años. Luego de la puesta en vigencia de este reglamento se empezó a trabajar dentro de un marco contenedor hasta ese momento inexistente. Sin embargo su cumplimiento ha sido bastante difícil en la práctica.

### 2.4 Inconvenientes en la implementación de proyecto industrial.

Este trabajo está escrito por docentes que participan, en carácter de colaboradores del

profesor coordinador, en el seguimiento del proyecto, solo una de ellas está designada oficialmente por extensión de funciones en el requisito y el otro docente pertenece a la cátedra diseño de procesos. Por esta razón las tareas de estos colaboradores no están definidas en el reglamento del requisito proyecto final. No obstante la tarea que llevan a cabo es de seguimiento, lectura de informes de avance y del informe final; en paralelo se ofrecen consultas, se realizan sugerencias y correcciones y se participa de los tribunales de evaluación final. Estas tareas son las que han permitido detectar algunos inconvenientes en el curso de la elaboración del proyecto final, que lleven a que el desarrollo no sea el previsto y que se demore un tiempo demasiado prolongado para su finalización. Se decidió dividir los inconvenientes detectados en categorías para poder hacer un análisis de cada una de ellas, estudiar sus características y buscar alternativas de solución.

De las características del Proyecto final: El plantel docente debe redefinirse con tareas que realmente se vayan a llevar a cabo. Se han dado casos en que se detecta falta de dirección tal como se tiene prevista. Se debería profundizar en el detalle del procedimiento a seguir en el caso que algún integrante del grupo de trabajo no pueda seguir adelante. Las tareas que se solicitan en el proyecto exceden el tiempo que se dispone para su elaboración. El proyecto comienza con consideraciones de mercado aún cuando la materia que trata estos temas no se ha dictado en ese momento, si bien a los alumnos se les brinda una pequeña introducción al estudio de mercado, sin embargo, los alumnos no terminan de comprender desde un punto de vista integral y se les crea una pequeña confusión. Una de los requisitos de los grupos, al inicial el proyecto, es presentar un cronograma de tareas a cumplir, pero rara vez se cumple con el mismo y las evaluaciones cuatrimestrales no se llevan a cabo por atraso en el avance.

De los docentes: Se nota que son muy pocos los casos en que se lleva una dirección efectiva, en éstos se puede observar una calidad y efectividad que los distingue notoriamente de los otros. Aún existiendo la obligatoriedad para las materias de tercer año en delante de tomar exámenes integradores, sólo en dos o tres de ellas se ve la intención de colaborar con el proyecto incluyendo un tema práctico específico en ese examen.

De los alumnos: Demora excesiva en la elección del tema y director, esto conduce a que recién a finales del primer cuatrimestre del cuarto año los alumnos tengan algún esquema de trabajo planteado. En algunas ocasiones los grupos se conforman y se desarman varias veces durante la

ejecución del requisito, debido a que el reglamento establece que los alumnos que conforman los grupos deben tener las mismas cantidad de materias promocionadas, para que los integrantes posean los mismos conocimientos, y no se generen desigualdades entre los integrantes, esto lleva a la imposibilidad de realizar el seguimiento personalizado. Lo que trae aparejado, que el alumno que deja de cumplir con las condiciones, por ejemplo, queda libre en alguna materia, o tiene que abandonar el grupo por alguna razón, provoca casi la caída de proyecto pues no se verifica lo indicado en el reglamento.

Como el proyecto se trata de un requisito, cuando el alumno tiene que optar por algún motivo, le da prioridad a las materias a cursar para promocionarlas y abandona el trabajo en el proyecto.

### 3 UNA PROPUESTA PARA EL PROYECTO

#### 3.1 *Análisis de situación y búsqueda de soluciones*

En virtud de lo expuesto en el título anterior se comenzó un trabajo de investigación principalmente en las áreas concernientes a las ciencias de la educación. Se delimitó el alcance del trabajo a realizar, eligiendo, de las tres categorías establecidas, como centro de esta presentación lo inherente a la tarea docente que les concierne a los autores dentro de la estructura de la realización del proyecto. No obstante se repasaron los otros temas con el objetivo de integrarlos a la propuesta con posibles líneas de mejoramiento. En lo concerniente a la primera categoría en la búsqueda se encontraron coincidencias en situaciones descritas por docentes de otras universidades nacionales como por ejemplo (Coraggio, 1996) que dice: “La renovación (en las universidades) suele consistir generalmente en la creación de nuevas carreras, con nuevas materias o nuevas combinaciones y permutaciones de materias. Es decir la innovación suele girar en torno a qué se enseña. De este modo se perpetúa otra inercia, menos perceptible que la de las estructuras universitarias de poder: la inercia del pensamiento sobre cómo enseñar a nivel universitario”. Surgió de inmediato una analogía con lo que se estaba observando, se había definido los objetivos, la metodología y los alcances, todo debidamente reglamentado, pero faltaba la discusión sobre cómo enseñarlo o conducirlo. Surge de forma más que evidente la urgente necesidad de revisar su reglamentación,

adaptándolo o modificándolo para que sea efectivamente positivo a la elaboración del proyecto final. Esta tarea excede lo que como grupo se puede llevar a la práctica directamente pero sí es posible elevarla como sugerencia a la comisión de escuela. Respecto de la segunda categoría, en la carrera se trabaja permanentemente en tareas de articulación tanto horizontal como vertical, será cuestión de utilizar estas herramientas para comprometer a todos los docentes de cuarto y quinto año para que incluyan un trabajo integrador funcional al proyecto. Como se mencionó el objetivo de este trabajo posee una clara frontera, y esta establece que la meta es proponer una alternativa para que la participación como docentes durante la elaboración del proyecto mejore en busca de una situación, si bien nunca óptima, altamente positiva para el alumno quién es en definitiva, el principal actor. De la búsqueda de un método, de un orden sistemático para llevar a cabo la guía de la elaboración del proyecto, es que surge la idea primero, realizar una detallada autocrítica del grupo de trabajo, de las tareas que eran propias como docentes destinados a trabajar en este requisito, cuales no eran pertinentes y en tal caso delimitar las responsabilidades auténticas y de

esta forma ahondar en la búsqueda de sustento teórico desde la pedagogía y la didáctica. La etapa siguiente fue evidente, profundizar en el análisis de los orígenes de los problemas detectados pero desde una óptica diferente, no en lo referente a los conceptos a emplear por el alumno y en cómo guiarlos, sino desde el punto de vista del alumno, de su posición frente a la tarea a realizar, un intento de contextualizarlos académica, social, psicológica e históricamente. Se buscó incorporar la idea del aprendizaje significativo, esto es, poner la información nueva en relación con los conceptos ya existentes, (Novak, 1996). El estado inicial desde el que parte cada uno de ellos no es común a todos. Por lo tanto nada puede lograrse intentando homogeneizar la conducción de los proyectos porque esta tarea compromete un actividad profesional de índole profundamente personal, inherente a cada uno de los alumnos, concebidos estos como personas íntegras. De todos los factores que influyen en el aprendizaje, el más importante consiste en lo que el alumno ya sabe, por lo tanto se debe averiguar esto y trabajar considerando este estado como punto de partida (Ausubel, 1968).

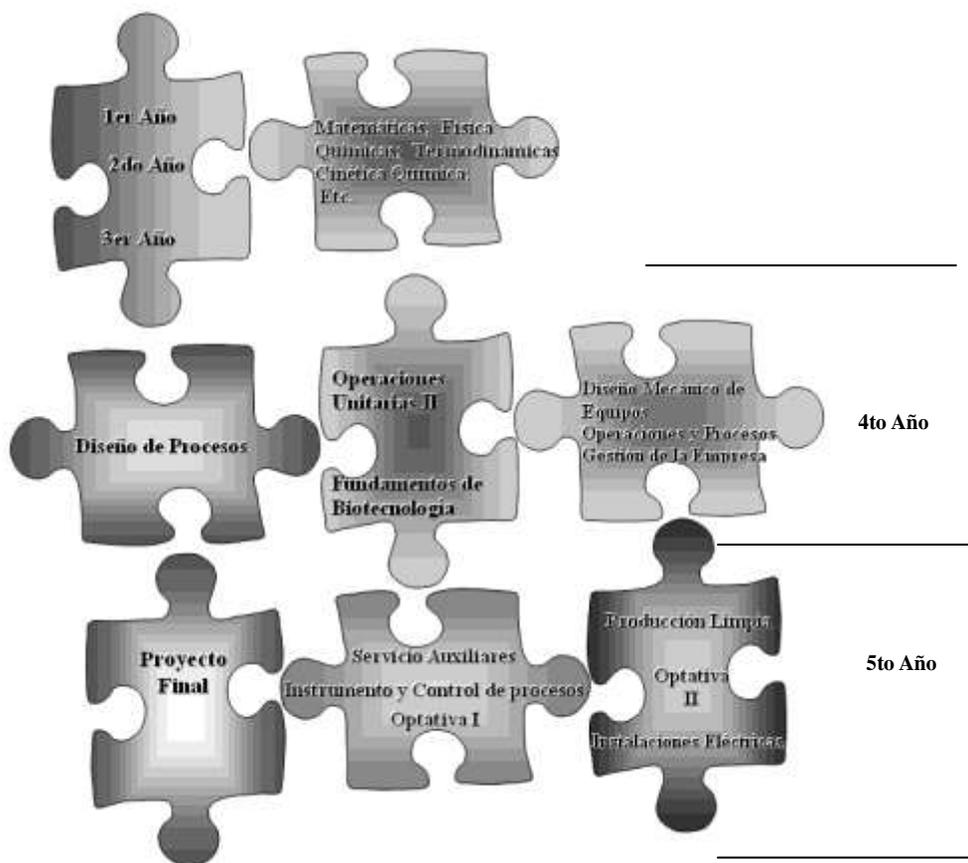


Figura 1. Esquemas de las contribuciones de las distintas materias a proyecto final

Si bien la didáctica universitaria evidencia una trayectoria muy reciente se la puede reconocer como una disciplina específica dentro del campo didáctico; en este sentido es entendida como una didáctica especializada cuyo objeto es el análisis de lo que sucede en el aula universitaria, desde donde estudia el proceso de enseñanza que un equipo docente organiza en relación con los aprendizajes de los estudiantes y en función de un contenido científico, tecnológico o artístico, altamente especializado y orientado hacia la formación de una profesión (Lucarelli, 2000).

Se puede definir procedimiento como un conjunto de acciones ordenadas, orientadas a la consecución de metas (Ministerio de Educación y Ciencia, 1989), es común confundir este término con la metodología que pueda emplear el profesor para guiar a sus alumnos.

Los procedimientos se proponen como contenidos que el alumno ha de hacer suyos en el proceso de construcción de los aprendizajes, estos contenidos son: saberes preexistentes, aquellos que permiten el desarrollo de determinadas capacidades para los cuales se reclama una apropiación significativa y con sentido por parte de los alumnos. Finalmente se refieren a un curso de acción, a un camino, un proceso, una secuencia, una operación o serie de operaciones, con un orden que asegure que los pasos se vayan tomando de acuerdo a determinados criterios, en función de obtener un resultado con éxito (Valls, 1989). La fig 1 presenta las contribuciones de las distintas materias del plan al proyecto final.

### 3.2 Alternativa

Dado que el requisito está pensado para hacerse durante los dos últimos años de la carrera, empezando en el primer cuatrimestre del cuarto año, sería bueno que el tema ya estuviera definido. Para poder hacer esto, y dado que optar por un tema no implica tener que conocer de forma precisa su proceso.

Como solución a este aspecto se propone armar una base de datos de posibles temas de proyectos, ya sea a partir de materias primas no convencionales, o convencionales de la región, de productos o procesos novedosos, solicitando la colaboración de los docentes de la cátedra, de las materias optativas (petroquímica, alimento y benéfico de minerales) en especial y del plantel docente de la carrera en general, además de sumar inquietudes personales de parte de los alumnos. Los proyectos propuestos solo deberían tener como requisito, que en su proceso de producción intervengan procesos de transformación y transferencia. También debe ser aprobado para su realización por el director coordinador y la

escuela de ingeniería química, siguiendo el procedimiento establecido para tal fin.

Esta cartera, base de dato de proyectos, sería ofrecida a los alumnos de tercer año para que disponiendo de ella tuviesen la oportunidad de adoptar un título de los ofrecidos o bien ampliar su panorama de lo que se puede hacer y así adelantar el tiempo que esta tarea insume. De ser así se habría comenzado con el procedimiento, por lo menos en la mente del alumno. Una vez seleccionado el tema se debería evaluar la elección del director, el que podría ser un profesor o un auxiliar de la docencia de la carrera, o un profesor de otra carrera, siempre que tengan amplios conocimientos en el tema a desarrollar.

Al comenzar el cuarto año y por ende el trabajo en el proyecto, el alumno ya dispondría de tema y director. Respecto de este año de la carrera lo ideal sería que se produjera un cambio, que la asignatura gestión de la empresa pasase al primer cuatrimestre y diseño de procesos al segundo cuatrimestre, observando que este cambio no tiene mayores inconvenientes. No obstante la alternativa presentada aquí no pierde validez de no producirse este cambio. Al comenzar el cursado de cuarto año y mientras el primer cuatrimestre sea cursado, se avanzaría en todo lo referente a propiedades físico químicas de materias primas y productos tales como capacidades caloríficas, densidades, entalpías, viscosidades; esto se puede hacer ya que las materias físico-química, fenómenos de transporte y cinética química ya han sido promocionadas. Así el alumno comenzaría su trabajo partiendo de conocimientos preexistentes y se produciría así la coordinación con lo ya visto en la carrera.

El requisito proyecto tiene asignadas horas de trabajo, la idea es que éstas se dicten con asistencia obligatoria para poder discutir acerca de los inconvenientes que se van presentando a la par de ir proporcionando elementos tales como: estructura y contenidos del proyecto y búsqueda de información, esto está pensado para que se dicten en diez horas, distribuidas a lo largo del primer cuatrimestre.

Una vez que se comience a cursar gestión de la empresa y ya que es uno de los primeros temas que se imparten, debería comenzar el estudio de mercado para el producto seleccionado.

Una vez comenzado el segundo cuatrimestre ya se tendrían los elementos necesarios para comenzar hacer diseño del proceso y por ende el diseño óptimo de los equipos y posteriormente al final del cuatrimestre poder realizar el diseño óptimo del proceso, ya que se habrán visto hasta aquí la mayoría de los equipos de procesos en operaciones unitarias II.

Al estar en este período la materia operaciones y

procesos, al finalizar el cuarto año se podrá haber completado todo lo referente a balances de materia y energía y en consecuencia de dimensionamiento de equipos. Se propone para esta etapa también el dictado de diez horas de asistencia obligatoria para tratar la elaboración del primer informe de avance y proporcionar elementos de teoría de toma de decisiones para entre otras cosas seleccionar la localización o ubicación de la planta. Aquí se presenta una diferencia importante con lo que se venía haciendo, el primer informe de avance se presentaría antes de comenzar el quinto año, este debería contener todo lo enunciado anteriormente más el planteo preliminar de los análisis económico y financiero. En la primera etapa del quinto año se incorporarán el control de al menos un equipo del proceso y la selección y cálculos de consumos de servicios auxiliares. Al finalizar el primer cuatrimestre se presentaría el segundo informe de avance con estos ítems incorporados al proyecto. Todos los informes de avance deberán presentarse por escrito, con el visto bueno y corregidos por el director del grupo de proyecto y luego expuestos en forma oral y pública. Quedaría para el último cuatrimestre de la carrera el análisis de producción limpia. Durante este año se distribuirían diez horas más de encuentros obligatorios para analizar y discutir el avance de los mismos.

Bajo estas condiciones el proyecto seguiría un curso natural con el dictado de estos dos últimos años y sería efectiva la coordinación con las materias de los tres primeros años. De esta manera, al llevar el trabajo con tiempo suficiente para su elaboración y con las presentaciones y correcciones parciales, el informe final podría ser defendido a lo sumo luego del receso de verano posterior al quinto año y se llegaría al objetivo de una duración real de la carrera de cinco años. Finalmente sería de sumo interés implementar la organización de jornadas periódicas de proyectos ya aprobados, por parte de egresados. El objetivo sería realizar divulgación entre los alumnos y ante la comunidad académica. A estas jornadas sería interesante invitar a organismos gubernamentales y privados, como secretaria de la producción, producción Pyme, consejo federal de inversiones, cámara de empresarios, etc.

#### 4 CONCLUSIONES

Docentes del requisito Proyecto Final de Ingeniería Química detectaron inconvenientes en su realización, en tiempo y forma, los cuales fueron compilados.

Los objetivos planteados fueron, por un lado, detectar los orígenes y la naturaleza de los

problemas que se presentaban y por otro elaborar una propuesta superadora para su realización. Así fue posible identificar diversas fuentes y se llegó a clasificarlas. Tomando como base lo existente en cuanto a normativas, teorías extraídas de las ciencias de la educación y la experiencia recogida durante seis años de trabajo docente en el tema se presenta en este artículo una alternativa.

Los cambios propuestos apuntan a una mejor programación, ejecución y presentación de los Proyectos realizados por los alumnos, permitirán involucrar a los mismos en los posibles temas de proyecto, que según la evaluación realizada hará posible llegar exitosamente a cumplir con las metas que el plan de estudio en vigencia contempla para este punto.

#### 5 REFERENCIAS

- Ausubel, D. *Educational Psychology: A cognitive view*. Hott, Rinehart and Winston, New York, 1968.
- Coraggio, J. L., *Reforma pedagógica: eje del desarrollo de la enseñanza superior*, Universidad Nacional de General Sarmiento, Documento interno, pág. 1, 1996.
- Facultad de Ingeniería. Consejo Directivo, Res. 1022/05, Exp. 14.163/98, 2005.
- Facultad de Ingeniería, Consejo Directivo, Resolución 573/06, Exp. 14.163/98, 2006a.
- Facultad de Ingeniería, Consejo Directivo, Res. 898/06, Exp. 14.326/06, 2006b.
- Lucarelli, E. (comp.) *El asesor pedagógico en la universidad. De la teoría pedagógica a la práctica en la formación*. Paidós Educador, Buenos Aires, 2000.
- Ministerio de Educación y Ciencia de España *Diseño Curricular Base*, Madrid 1989.
- Novak, J. *Teoría y práctica de la educación*. Alianza Editorial, Madrid, 1996.
- Universidad Nacional de Salta. Consejo Superior, Res. 157/85, 1985.
- Universidad Nacional de Salta. Consejo Superior, Anexo I, Res. 422/98, Exp. 14.163/98, 1998.
- Universidad Nacional de Salta. Consejo Superior, Anexo I, Res. 556/05, Exp. 14.163/98, 2005.
- Valls, E. *Los procedimientos: Aprendizaje, Enseñanza y Evaluación*. Editorial Horsori, Barcelona, 1989.