

# Experiencias Sobre la Enseñanza en Grado y Posgrado Sobre el Diseño y Cálculo de Conducciones Hidráulicas

Ing. LUIS E. PÉREZ FARRÁS

Ingeniero Civil, Facultad Ingeniería Universidad de Buenos Aires (FIUBA), Av. Las Heras 2241 - Capital Federal; [lep@uolsinectis.com.ar](mailto:lep@uolsinectis.com.ar)

## RESÚMEN

*Al constituir las conducciones hidráulicas una parte fundamental de las obras de saneamiento, y dadas las necesidades de nuestro país de ese tipo de obras, se presenta el presente trabajo con el objetivo de difundir entre los colegas docentes, y someter a su consideración, lo realizado en la FIUBA por la Cátedra de “Construcciones Hidráulicas” y, sobretudo, la modalidad de enseñanza y promoción adoptada.*

*Se destaca, en el trabajo que nos ocupa, la fundamentación del contenido de la materia, orientado al diseño moderno de conducciones de agua, con una doctrina propia de la cátedra conocida como “Criterio de las Prestaciones Equivalentes”, que permite la comparativa de costos más justa y eficiente entre diferentes alternativas de proyecto.*

*Se relata la experiencia recogida de la participación, durante el cursado de la materia, de la industria especializada en la provisión de bombas y tuberías de distintos materiales, quienes nos acompañan dando charlas informativas y asistiendo a los alumnos en el desarrollo de los trabajos prácticos.*

*Se describe también el contenido de la materia, la amplia bibliografía propia publicada (en permanente perfeccionamiento), los trabajos prácticos que realizan los alumnos, y la cuidada secuencia y tiempos destinados a los distintos temas que integran el diseño y cálculo de conducciones hidráulicas de todo tipo. En especial, se presenta la metodología de enseñanza, que consideramos innovadora para este tipo de asignaturas, y el proceso de promoción basado en la presentación de un proyecto final, donde se simula una instancia real, como la de una licitación, y donde los alumnos aprenden a presentar y defender su propio proyecto.*

*Palabras Clave: innovación, herramientas modernas.*

## 1.- Introducción

El presente trabajo se describe la metodología de enseñanza de una materia optativa de la carrera de Ingeniería Civil, en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires, llamada “Construcciones Hidráulicas”.

Esta asignatura desarrolla, principalmente, los conceptos fundamentales acerca del diseño de conducciones enterradas (ya sea para el transporte de agua potable, desagües o aguas servidas). Adicionalmente, también se dictan algunos conceptos básicos acerca de los fenómenos erosivos del agua en estructuras civiles y las metodologías modernas de prevención y/o remediación.

Por otro lado, de esta asignatura se desprenden, y a su vez la retroalimentan, una serie de cursos cortos de posgrado, dictados también por la misma institución, acerca de los cuales se relatará brevemente la experiencia recogida y su influencia en el dictado de la materia principal.

## **2.- La Materia “Construcciones Hidráulicas”.**

### **2.1.- Descripción General y Limitaciones**

El dictado de la materia se realiza mediante clases teóricas y clases prácticas, brindando en ambos casos un enfoque completamente tecnológico. En las clases teóricas se dan las herramientas para resolver los problemas a los que se enfrenta, en su trabajo diario, un proyectista de este tipo de obras. Por otro lado, el desarrollo de las clases prácticas gira en torno a la elaboración de 3 trabajos prácticos, siendo uno de ellos el principal y que consiste en el Anteproyecto Integral de un Acueducto a Presión.

El objetivo es brindar a los alumnos de grado la posibilidad de profundizar conocimientos en dos especialidades de la Ingeniería Civil, de frecuente aplicación en la práctica, tales como la problemática de la “Erosión y Socavación de estructuras” (desde un punto de vista eminentemente práctico) y el “Diseño, Cálculo y Selección de Conducciones Hidráulicas Enterradas”.

Entre las condiciones de borde a tener en cuenta, se destaca que la enseñanza es impartida por cuatro docentes, Un Profesor Titular, Un profesor Asociado y dos ayudantes primeros, todos ellos con una única dedicación simple a pesar de desempeñarse en dos materias. La vocación pedagógica de los mismos permite encarar soluciones novedosas, a pesar de la limitación en el tiempo y las necesidades laborales individuales de los docentes.

Por otra parte, la cátedra difunde un cuerpo de conceptos doctrinarios tecnológicos de gran trascendencia tecno-económica y que son parte del acervo de la misma y de sus docentes.

Otra limitación importante son los cuatro créditos asignados a la materia (4 hs semanales), lo que implica condensar un amplísimo y complejo temario en tan solo 60 horas totales de clase (16 clases de 4 hs cada una).

### **2.2.- Contenidos**

Los contenidos de la materia son los siguientes:

- Erosión y Socavación: Distintas Metodologías de Clasificación y Evaluación - Erosión generalizada – Erosión Localizada en Pilas y estribos de puentes - Protección de Márgenes-Distintas Soluciones Tecnológicas.
- Conducciones Enterradas: El Criterio de las Prestaciones Equivalentes de las Tuberías de Distintos Materiales que Ofrece el Mercado – Escurrimientos a Superficie Libre (drenajes, cloacas): cálculo de la Sección Segmento de Círculo, Teoría de Camp-Shields, Conceptos de “Esfuerzo Tractivo” y “Velocidad de Autolimpieza”, Remansos y Resaltos en conducciones cloacales - Escurrimientos a Presión: Diseño de Acueductos, Válvulas de todo tipo, Selección Fina de Bombas y Principios de Diseño de Cámaras de Bombeo - Solicitaciones en Conducciones Enterradas en Zanja – Verificación Estructural de las Tuberías – Selección de alternativas de proyecto en base al Menor Valor Actual Neto.

### **2.3.- Bibliografía**

La bibliografía utilizada es propia de la cátedra, siendo sus docentes los autores de la misma. Esta bibliografía abarca 16 publicaciones propias y cubre todo el temario dictado por la materia. La mayoría de los textos pueden ser descargados directamente de la página Web de la cátedra ([www.geocites.com/construcciones\\_hidraulicas](http://www.geocites.com/construcciones_hidraulicas)), aunque también editados e impresos por el Centro de Estudiantes de la facultad (CEI). Para mayor detalle se invita a los interesados a consultar el tema “Bibliografía” en la página Web de referencia.

### **2.4.- Cronograma de Clases**

Al comienzo de cada cuatrimestre se le brinda al alumno el calendario de clases, el cual se publica en la Página Web de la cátedra y en la cartelera del Departamento. Este calendario tiene por objetivo comunicar a los estudiantes el esquema de desarrollo de la materia y no es alterado (salvo por razones de fuerza mayor), por lo que el alumno puede organizar su propio cronograma de estudio desde el principio

### **2.5.- Clases especiales**

Dado el enfoque netamente tecnológico que se le da a la asignatura, se realizan durante el curso varias clases a cargo de empresas invitadas, proveedoras de productos afines con el temario dictado (productos para control de erosión, diferentes tecnologías de tuberías, bombas, válvulas). Hemos notado que estas clases resultan de especial interés para los alumnos.

### **2.6.- Modalidad de Enseñanza y Promoción de la Materia**

Se trata de que las clases normales sean lo más amenas posible, a pesar de la aridez y complejidad del temario, utilizando para ello una gran asistencia gráfica y visual, y tratando de lograr clases lo más interactivas que sea posible.

La promoción de la materia se logra mediante una asistencia del 80% y la aprobación de un Parcial Teórico (a rendir al final del curso), de 3 Trabajos Prácticos, siendo el principal el Anteproyecto de un acueducto, y una evaluación final.

### **2.7.- Trabajos Prácticos**

Los trabajos prácticos a desarrollar por el alumno son 3 (tres), cuyo contenido varía cuatrimestre a cuatrimestre, pero que básicamente abarcan, cada uno, los siguientes temas:

- TP N°1º: Erosión y Socavación
- TP N°2 : Cálculo de Grandes Colectoras de Conducciones Cloacales
- TP N°3 : Anteproyecto de un Acueducto Importante.

El TP N°3 es el más extenso y ocupa aproximadamente el 70% del tiempo y recursos del cuatrimestre. Esto se debe al sesgo netamente integrador, que posee este tipo de proyectos,

de una gran parte de los temas analizados en el bloque relativo a Conducciones de la asignatura. En este trabajo, los alumnos deben enfrentarse a las siguientes problemáticas, tales como: Pautas Generales de Diseño, Elementos constitutivos del acueducto, Caudal de Diseño, Distintos materiales de tuberías que ofrece el mercado, Aplicación del criterio de las “Prestaciones Equivalentes”, Selección de alternativas en base al Criterio de menor Valor presente de la obra, Cálculos en Régimen Permanente e Impermanente (Golpe de Ariete), Regulación, Estaciones de Bombeo, Válvulas de Alta Tecnología, Problemática del Aire Atrapado, Instalaciones accesorias.

## **2.8.- Evaluación de la Cursada**

La nota de la cursada surge de un seguimiento muy personalizado de cada alumno, mediante una ficha que se lleva para cada uno. En dicha ficha se asientan las notas correspondientes a la aprobación de cada trabajo práctico, las notas del parcial y sus recuperatorios (si corresponde), y una nota de concepto. Este tipo de seguimiento es posible gracias a la relación favorable entre la cantidad de alumnos y docentes.

El único parcial de evaluación teórica tiene la posibilidad de dos recuperaciones. El alumno puede presentarse a rendir este examen sólo si tiene los Trabajos Prácticos 1 y 2 aprobados y si ha presentado los 4 módulos correspondientes al Trabajo Práctico N°3. Los trabajos prácticos son evaluados con nota en función del cumplimiento de las fechas de entrega, la correcta aplicación de los conceptos enseñados en la materia para la resolución de los problemas y, no menos importante, la presentación del trabajo (soporte gráfico, memorias descriptivas, memorias de cálculo, conclusiones).

La nota de cursada resulta de un promedio ponderado entre la nota del parcial, las notas de los trabajos prácticos y una nota de concepto mencionadas.

## **2.9.- Modalidad de la Evaluación Final**

La modalidad de la evaluación final dependerá del desempeño de cada alumno durante el cuatrimestre: si éste tiene una nota promedio de la cursada superior a 7 (siete) se le brinda la oportunidad de aprobar la materia mediante la exposición (y defensa) del proyecto de acueducto elaborado, sino deberá rendir un Coloquio Integrador.

La clasificación final del alumno, que surge de los datos de su ficha personal y de la nota de la evaluación final, es consensuada con el personal docente de la Cátedra y la decide el profesor a cargo de la evaluación final como ponderación de toda su actuación.

El coloquio integrador consiste en un examen oral, tomado por alguno de los profesores de la cátedra. Tal como su nombre lo indica, tiene el propósito de lograr que el alumno “integre” sus conocimientos, sobretodo en lo relativo a la interconexión entre todo el temario y las aplicaciones tecnológicas de los temas estudiados y siempre en relación a los objetivos de la materia.

La eventual Presentación Final del Proyecto de Acueducto que presenta el alumno (en caso de cumplir con los requisitos) para promocionar la materia resulta muy novedosa desde el punto de vista pedagógico, ya que se simulan condiciones similares a las que ocurren en la

realidad (un llamado a licitación, la presentación del trabajo ante el comitente, la defensa de objeciones técnicas al proyecto, etc.) y el alumno se enfrenta por primera vez a una situación que luego será muy frecuente en su vida profesional. Aquí, se aplica fuertemente la filosofía de la cátedra en cuanto a que un buen ingeniero no solo es quién realiza un proyecto adecuado, sino también aquel que es capaz de “venderlo” y defenderlo en todas las situaciones, por lo que se evalúa fuertemente la modalidad de la presentación y cuán bien logra el alumno cumplir este objetivo.

Algunas características de esta presentación son las siguientes:

- La fecha es inamovible, imitando muchos aspectos de un llamado a licitación, y la no presentación en término implica que el alumno pasa automáticamente a la modalidad de promoción por “Coloquio integrador” impuesta reglamentariamente.
- Se trata a los alumnos como profesionales que deberán defender su proyecto.
- Ésta modalidad es aceptada por los alumnos, y deseada por el personal docente, a pesar que es muy laboriosa su organización.
- El 95 % del alumnado promociona la materia por éste sistema, y los trabajos quedan archivados en CD, integrando así la bibliografía de la cátedra.

Se estima que, entre otras motivaciones, el contenido, la forma de evaluación y el trato recibido como de jóvenes profesionales, hace que un elevado número de alumnos elija ésta materia a pesar de su carácter de optativa y la baja cantidad de créditos que ésta aporta.

### **3.- Cursos Cortos de Postgrado Derivados**

Los conceptos desarrollados por la materia “Construcciones Hidráulicas” son de gran importancia y el enfoque que se les da a los mismos resultan bastante novedosos. Es por esto que la cátedra también tiene como tarea la difusión de estos conceptos en instituciones y empresas afines. Para esto, desde hace más de 6 años se dictan cursos cortos, dados por los docentes de la cátedra, con muy buen resultado.

La propuesta presenta como novedad el hecho que los cursos no sólo pueden ser realizados, como tradicionalmente se hacen, en nuestra sede, sino que además, pueden ser realizados, en nombre de la FIUBA, en Universidades o Instituciones interesadas del país o del extranjero. Con este proceder se incrementa significativamente el número de eventuales participantes y la acción de extensión buscada.

El desarrollo de los cursos que nos ocupa, está pensado en base al conocimiento de lo dificultoso que les resulta a los asistentes el estudio posterior al desarrollo del mismo. Por ello la transmisión y asimilación de los conocimientos tiene lugar en el mismo curso, con una metodología de “Estudio Guiado”, que, a la vez de resultar ameno y rico en imágenes de alto contenido didáctico, sea factible de ser asimilado por los asistentes, en los siempre escasos tiempos disponibles que lo hacen factible.

Entendemos haber logrado plenamente estos objetivos en los contenidos de los cursos, en su material bibliográfico de apoyo y en la modalidad de enseñanza adoptada.

### **3.1.- Conceptos Generales de la Modalidad de Enseñanza**

Un condicionamiento importante para la modalidad de enseñanza, lo constituye el tiempo asignado, el que necesariamente debe ser relativamente pequeño para que pueda asistir personal en funciones de las instituciones interesadas.

Las particularidades de la metodología, distintiva de cada curso, se destaca en la transmisión de conocimientos a través de clases sumamente participativas, con técnicas especiales para adultos, con la idea de lograr un proceso de aprendizaje ameno.

En apretada síntesis, en las primeras dos horas, se desarrollan los temas y posteriormente se llevan a cabo las clases de estudio guiado tipo "taller", en las que los asistentes realizan los trabajos prácticos. Se recurre a la técnica pedagógica de "teatralizaciones" de gran utilidad para simular situaciones y comprenderlas cabalmente.

La condición imperante es que el aprendizaje se realiza durante el curso, sin considerar estudio alguno fuera del horario asignado al mismo. Ello no obstante, se alienta un eventual estudio "a posteriori", luego de la finalización y promoción del curso, para analizar y profundizar el material especialmente diseñado que se les entregará a los asistentes. Este material tiene un contenido que, además de posibilitar el desarrollo del curso, posibilita su uso posterior como "Material de cabecera" para el futuro.

Cada curso tiene un texto y una Guía de Trabajos Prácticos. La guía está desarrollada y relacionada íntimamente con el texto de base de manera de facilitar la adquisición de los conocimientos expuestos en una forma clara y amena. Para ello se han utilizado al máximo los recursos que brindan el software más actualizado y técnicas pedagógicas que estimamos adecuadas.

Los invariablemente elogiosos términos de los asistentes, en las encuestas que han contestado a pedido de las autoridades de las instituciones contratantes, nos han motivado a presentar el presente trabajo, como una experiencia pedagógica de interés.

### **3.2.- Cursos Dictados**

#### **3.2.1.- Curso: "Conceptos de gran importancia económica en el diseño de conducciones hidráulicas - Su optimización con criterios modernos".**

El curso está pensado para personal profesional, de Nivel Gerencial de perfil técnico y que se desempeña en las Instituciones Prestatarias de Servicios de Saneamiento Básico u otras afines, con poder de decisión en la adopción de nuevos criterios de diseño y optimización de conducciones de agua a presión y cloacas. Obviamente también para los encargados de realizar los proyectos.

El objetivo central de este curso es el de hacer conocer criterios modernos de diseño de gran incidencia en las inversiones a ser realizadas, y la consecuente optimización de las mismas, en Obras de Aprovechamiento de Agua y de Desagües Cloacales.

A la modalidad general de enseñanza se le agrega al presente curso la realización de un debate final acerca de la forma de proceder en las licitaciones, teniendo en cuenta las ofertas

en base al “Criterio de las Prestaciones Equivalentes” y la evaluación de la economía resultante con una mejor prestación tecnológica, acorde con los conceptos desarrollados durante el curso.

Las implicancias económicas de este curso pueden ser muy grandes, puesto que el personal capacitado podrá consecuentemente propiciar la optimización económica de las obras a su cargo.

### **3.2.2.- Curso de “Optimización de Tuberías” (Criterio de Prestaciones Equivalentes)**

Este curso pretende la divulgación en general, y sobre todo entre los encargados de la Selección y Compra de tuberías, de los conceptos modernos que conllevan a la mejor solución tecno-económica de los distintos materiales que ofrece el mercado. La aplicación de los conceptos a ser desarrollados llevará inexorablemente a una reducción considerable en las inversiones en conducciones, con mejora de la prestación técnica de las mismas.

El curso se fundamenta en el desarrollo profundo de los conceptos relativos a la prestación equivalente de tuberías de los distintos materiales que ofrece el mercado. Se desarrolla el tema con rigurosidad conceptual pero dejando los aspectos de cálculo para los proyectistas. Es aconsejable para los encargados de decidir compras de materiales, responsables de la redacción de especificaciones, vendedores técnicos de tuberías, evaluadores de proyectos e incluso proyectistas.

Se prevé una discusión final y evaluación, para las que se dedican las 4 últimas horas del curso (tarde de la última jornada) a las mismas. Durante las 2 primeras hs. se discute, mediante una técnica de “teatralización”, las aplicaciones de los conceptos vertidos, simulando la situación de dependencia del asistente, como proyectista, comprador, redactor de pliegos de licitación, consultor, vendedor de tuberías, etc.

### **3.2.3.- Curso: “Hidráulica de las Conducciones”**

Ha sido diseñado para hacer conocer los Conceptos Básicos de Aplicación inmediata de la Hidráulica de las Conducciones, y está dirigido al personal que, trabajando en tareas relacionadas con la temática descripta, no tiene al cálculo como su función, y además, no ha tenido Hidráulica en su formación profesional. En particular, es muy beneficioso para personal técnico o profesional, de las Instituciones Prestatarias de Servicios de Saneamiento Básico u otras afines, que no ha tenido Hidráulica en su formación profesional y que requiere de sus conceptos básicos para el desempeño de su función.

En general los asistentes presentan una importante diversidad de formaciones y experiencias. Por ello se los agrupa en “grupos solidarios de estudio” cuidando expresamente que jóvenes inexpertos con importante formación profesional, intercambien conocimientos con personas mayores, de menor formación intelectual pero de vasta experiencia laboral. También se integran los grupos con personal afectado a tareas disímiles, como encargados de plantas, de estaciones de bombeo, inspectores y ejecutores de obras. En general se busca un líder para encabezar las tareas del grupo, que sea el portavoz de las inquietudes generales del mismo, que no pueden ser resueltas en forma solidaria, por los integrantes del mismo, las que se tratarán durante la etapa de estudio “guiado” .

Los temas de mayor importancia son expuestos al conjunto por los integrantes, durante las clases de Estudio Guiado y realización de trabajos Prácticos, y se alienta el debate enriquecedor de conceptos, en un clima de camaradería.

#### **4.- Conclusiones**

##### **4.1.- De la Materia de Grado Construcciones Hidráulicas**

- 1- A pesar de las limitaciones en el tiempo y de dedicaciones de los docentes, se ha logrado una metodología de enseñanza que satisface a los alumnos y al cuerpo docente.
- 2- La cátedra difunde un cuerpo de conceptos doctrinarios tecnológicos de gran trascendencia tecno-económica.
- 3- Los alumnos se sienten tratados como jóvenes profesionales y eso redundará en beneficio del proceso de enseñanza y aprendizaje.
- 4- Se usan las técnicas modernas de transmisión de conocimientos lo más dinámicas y ricas en imágenes y contenidos posibles.
- 5- Se prioriza el conocimiento de las aplicaciones por sobre el de la teorización.
- 6- La metodología de enseñanza utilizada es innovadora frente a las técnicas convencionales tradicionales, sin que se pierda por ello rigor académico.
- 7- La promoción tiene lugar en forma automática, sin ataduras ni exigencias traumáticas, sin que se pierda por ello nivel de exigencia y muy por el contrario mejorando ostensiblemente el aprendizaje.
- 8- El proyecto final integrador (acueducto importante) constituye una experiencia con gran similitud a la que les que los espera a los alumnos en el ejercicio de la profesión.
- 9- Los conceptos doctrinarios tecnológicos desarrollados por la cátedra, son motivo de los cursos cortos que se trataron en el numeral correspondiente, y que son de gran trascendencia tecno-económica.
- 10- La modalidad de la enseñanza y promoción se ajusta y a los escasos tiempos disponibles de los alumnos y docentes y optimiza los mismos.
- 11- Es muy valorada por los alumnos y a pesar de ser optativa cuenta con una matrícula que supera holgadamente (más que triplica) la media de las mismas.

##### **4.2.- De Cursos Cortos**

- 1- Tienen gran importancia tecno-económica y posibilitan divulgar hacia el medio, que puede utilizarla con ventaja, la “doctrina” de “Construcciones Hidráulicas”.
- 2- Se nutren de los conceptos doctrinarios insertos en las materias de grado “Construcciones Hidráulicas” e “Hidráulica General” (en menor grado).
- 3- La metodología de enseñanza es un todo que incluye textos y guías de trabajos prácticos interactivos, clases guiadas de estudio tipo taller, teatralizaciones, paneles, promoción guiada y no traumática, y estudio durante el desarrollo de los cursos.
- 4- Se utilizan los más modernos métodos de edición y proyección.
- 5- Cuenta con imágenes ricas tanto conceptualmente como en color y atracción visual.
- 6- Las realizaciones han sido exitosas y valoradas por los entes contratantes y asistentes.