



XXIV ENCUENTRO NACIONAL  
XVI ENCUENTRO INTERNACIONAL  
DE EDUCACIÓN MATEMÁTICA  
EN CARRERAS DE INGENIERÍA

# Proceso de instrucción para el análisis de caso en el campo de la ingeniería aplicando ciencias básicas.

Instruction process for case analysis in the field of engineering applying basic sciences.

Presentación:05/04/2024

**Alejandro Hossian<sup>1</sup>, Emanuel Alveal<sup>1</sup>, Mónica Bolis<sup>1</sup>, Kelly Vizcaino<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica Nacional, Facultad regional del Neuquén

[alejandrohossian@yahoo.com.ar](mailto:alejandrohossian@yahoo.com.ar), [maximilianoalveal@hotmail.com](mailto:maximilianoalveal@hotmail.com), [monicabolis17@gmail.com](mailto:monicabolis17@gmail.com), [kvizcaino@frn.utn.edu.ar](mailto:kvizcaino@frn.utn.edu.ar)

## Resumen

Esta propuesta metodológica se encuadra en el proyecto de investigación que se asienta en el departamento de Ciencias Básicas de la Facultad Regional Neuquén de la Universidad Tecnológica Nacional. Este proceso metodológico se sustenta conceptualmente en dos columnas vertebrales: el diseño instruccional y el aprendizaje basado en competencias. Desde el punto de vista operativo, el proceso refiere a cuatro fases que se desarrollan en manera progresiva, de forma tal que el estudiante esté en condiciones de abordar un análisis conceptual de un caso de estudio que se presente. Se analiza un caso de aplicación en el campo de la Ingeniería con acentuada inclinación a la exploración de las ecuaciones que conforman el modelo matemático del caso en cuestión. La idea es obtener un diseño robusto que sea alcanzable por un estudiante medio de la carrera de Ingeniería.

**Palabras clave:** Teorías prescriptivas, Modelo matemático, Diseño instruccional, Cálculo diferencial, Competencias, Optimización.

## Abstract

This methodological proposal is part of the research project that is based in the Department of Basic Sciences of the Neuquén Regional Faculty of the National Technological University. This methodological process is conceptually based on two backbones: instructional design and competency-based learning. From an operational point of view, the process refers to four phases that are developed progressively, so that the student is able to undertake a conceptual analysis of a case study that is presented. An application case is analyzed in the field of Engineering with a marked inclination to explore the equations that make up the mathematical model of the case in question. The idea is to obtain a robust design that is achievable by an average Engineering student.

**Keywords:** Prescriptive theories, Mathematical model, Instructional design, Differential calculus, Competencies, Optimization.

## Introducción

El eje central de la presente investigación es la tesis de maestría en el campo de la Ingeniería de Software desarrollada y defendida en la Universidad Politécnica de Madrid: “Sistema de Asistencia para la Selección de Estrategias Instruccionales”, cuyo núcleo principal se focalizó en el desarrollo de un sistema experto que explora estrategias y actividades de enseñanza en función de variables educativas tales como: características del estudiante, tipo de contenido a enseñar, objetivos y ambiente de aprendizaje entre otras (Hossian A., 2003). Se asume como hipótesis de partida que el estudiante medio de la carrera de ingeniería atraviesa por una serie de fases que le permite adquirir el grado de madurez suficiente para elaborar y resolver un modelo simplificado de la realidad asociada con una cierta situación problemática que se le presenta. Desde un punto de vista teórico, los autores hacen referencia a dos paradigmas que actúan a modo de soporte de la presente propuesta, tal como se ilustra en la figura 1: los aspectos centrales del aprendizaje basado en competencias y las teorías prescriptivas del diseño instruccional. Cabe señalar, que estas últimas se orientan hacia consideraciones prácticas, estimulando así el análisis crítico y reflexivo de situaciones problemáticas ingenieriles.

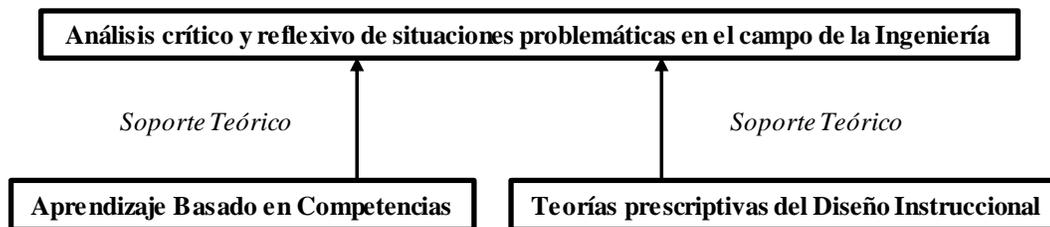


Figura 1. Soportes teóricos para el análisis crítico y reflexivo de situaciones problemáticas en el campo de la ingeniería.

Se analiza un caso de estudio en el campo de la Ingeniería con una fuerte impronta de tópicos de las Ciencias Básicas, entre los cuales se destacan contenidos curriculares pertenecientes a asignaturas tales como: Análisis Matemático I, Álgebra y Geometría Analítica y Física I; entre otras. En esta experiencia interdisciplinaria colaboran los equipos de las cátedras de las estas asignaturas, a los efectos de que los estudiantes logren un análisis robusto y satisfactorio del caso presentado. Por tal razón, es que se exhibe un escenario de cooperación entre las materias que operan en el proceso de instrucción, tal como se ve en la figura 2:

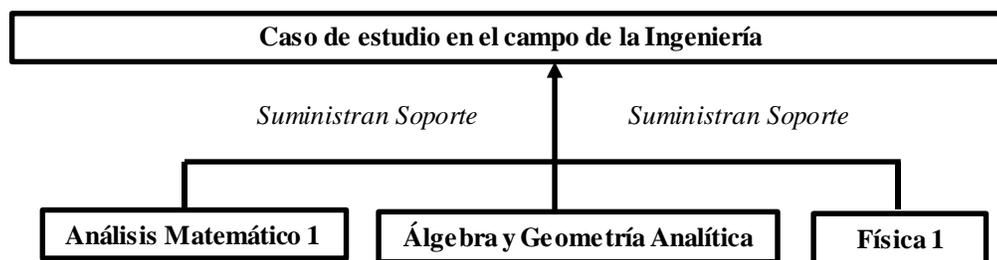


Figura 2. Asignaturas que suministran soporte para el análisis del caso de estudio en el campo de la ingeniería.

Por medio del proceso de instrucción que se propone, y con base en los aspectos centrales que proporciona el aprendizaje basado en competencias, se procura dotar al alumno de las herramientas necesarias que le permitan abordar de manera satisfactoria la tarea de construcción y resolución de modelos matemáticos que representen de forma fidedigna un problema real.

## Desarrollo

Esta sección se compone de dos partes: la primera consiste en un marco teórico donde se exponen los conceptos básicos del aprendizaje basado en competencias y del proceso del diseño instruccional; y en la segunda se desarrolla un caso de estudio.

### 1. Marco Teórico



1.1. Aprendizaje basado en competencias: este paradigma se inicia con la identificación de la destreza, habilidades y competencias específicas o actitudes. De esta manera, se procura que los educandos alcancen el dominio de estas competencias de forma gradual y a su propio ritmo. Asimismo, y en lo posible, es importante que este proceso se lleve a cabo con el soporte de un tutor. En este sentido, se espera que el estudiante esté en condiciones de identificar, formular y resolver problemas del campo de la ingeniería; haciendo uso de forma efectiva las técnicas y herramientas que se aplican dentro del campo de la ingeniería. Por otra parte, y en un estadio un poco más avanzado, también es preciso que se adquieran habilidades relacionadas con el diseño y desarrollo de proyectos de ingeniería, desarrollando criterios de tipo profesional que le permita evaluar diferentes opciones y elegir las que mejor se ajusten al contexto en cuestión. Un aspecto fundamental para que sea posible alcanzar estas habilidades por parte del educando en su proceso de formación, consiste en ir adquiriendo la capacidad de realizar un abordaje interdisciplinario, integrando los matices de las distintas formaciones disciplinares que fue adquiriendo, desarrollando y perfeccionando a lo largo de su formación universitaria.

1.2. Diseño Instruccional: desde un punto de vista conceptual, la instrucción se puede concebir como la creación intencional de condiciones en el ambiente de aprendizaje con el objeto de proporcionar la obtención de determinados objetivos educacionales (Gagné et al., ) [2, 3]. En base a un enfoque de carácter didáctico, la instrucción se sustenta en un conjunto de actividades de aprendizaje que se relacionan con todo lo que se espera que lleven a cabo los educandos con la idea de aprender, practicar, aplicar y evaluar entre otras cosas [4]. Estas actividades se articulan en determinadas estrategias de instrucción [5], las cuales ofrecen una guía explícita acerca de la forma más adecuada de implementar estas actividades. Por su parte, los fundamentos teóricos que sustentan lo expuesto se basan en las llamadas “Teorías de la Instrucción”. Estas teorías, se analizan en base a dos perspectivas fundamentales: una perspectiva “descriptiva” o “prescriptiva” [6].

1.2.1. Perspectiva Descriptiva: estas teorías de carácter descriptiva constituyen un conjunto de descripciones concernientes a qué resultados se observan como consecuencia de la aplicación de un proceso de instrucción dado y bajo ciertas condiciones del ambiente de aprendizaje. En otros términos, lo antedicho actúa a modo de soporte para describir los efectos que se producen cuando tiene lugar una determinada clase de sucesos causales.

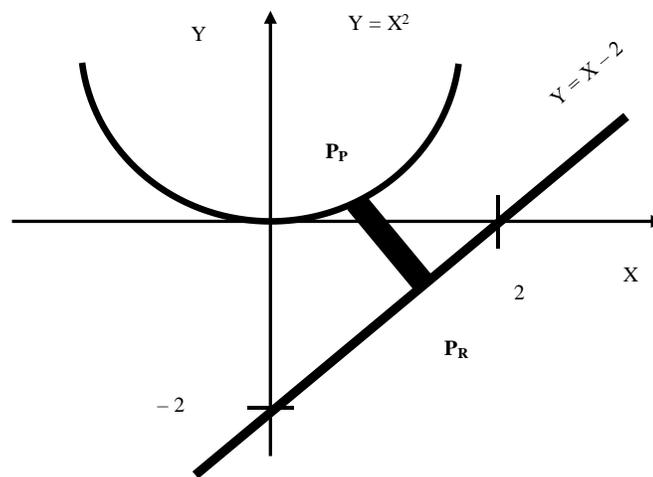
1.2.2. Perspectiva Prescriptiva: estas teorías de carácter prescriptivo pueden ser vistas como un conjunto de prescripciones tendientes a identificar cuál será el proceso de instrucción óptimo para obtener los resultados deseados bajo determinadas condiciones del ambiente educativo. A estas teorías se las llama “Teorías del Diseño Instruccional” o “Teorías de Diseño Educativo” [7, 8] y están orientadas hacia la práctica o hacia un objetivo. Por ejemplo, si se desea fomentar la retención a largo plazo de algún tipo de información nueva (un objetivo educativo), se sugiere ayudar al estudiante a que relacione esa información con otro tipo de conocimientos asociados que haya recibido con anterioridad (un método educativo).

2. Caso de Estudio: Este caso de estudio se focaliza en un proceso de instrucción que se configura en cuatro “fases”, a partir de las cuales el estudiante introduce aquellos conceptos que constituyen la base del dominio de conocimiento del problema que analiza, luego pasa a la elaboración de las asociaciones existentes entre estos conceptos [9], luego se confecciona el modelo matemático que mejor se ajusta a la realidad del caso, para después pasar a la resolución del modelo haciendo uso de una batería de tópicos de las Ciencias Básicas que dispone en esta instancia del proceso de instrucción. A continuación, se detallan cada una de las cuatro fases del proceso de instrucción propuesto.

**Fase I:** *Incorporación de los conceptos base del dominio del problema a la estructura cognitiva del estudiante.*

En esta fase el estudiante incorpora los conceptos más relevantes en relación con el dominio de conocimiento. Los procesos cognitivos que se presentan con mayor frecuencia en esta fase son la adquisición de conocimientos y la comprensión. Las estrategias de enseñanza más apropiadas son: 1) Formulación de preguntas con una fluida retroalimentación acerca de las respuestas que brinda el estudiante. 2) Estrategias que promueven la asociación de los conocimientos previos que posee el estudiante con los conceptos que están presentes en el problema.

Se presenta un caso de estudio a nivel de proyecto preliminar tomando como base un caso práctico del mundo de la ingeniería, a partir del cual se muestra la necesidad de construir una cañería que comunique el cauce de 2 ríos al mínimo costo. Del estudio de campo realizado, se tiene que uno de los ríos posee una forma que se aproxima a una curva parabólica con una ecuación de 2<sup>DO</sup> grado del tipo  $y = x^2$ ; mientras que el otro río tiene un cauce en línea recta, que interceptaría al eje de simetría de esta curva a unos 2 metros del vértice pasando por debajo de ella. A partir de la consigna de hallar el trazado de la tubería de menor longitud que comunique ambos cauces, el primer interrogante que se formula el estudiante consiste en encontrar una representación del modelo físico de la situación problemática planteada. Los conceptos sustanciales que se presentan en la estructura cognitiva del estudiante en esta instancia se corresponden con las asignaturas mencionadas. Entre los más relevantes que destacan en esta fase inicial del proceso de instrucción se citan: funciones polinómicas (1<sup>RO</sup> y 2<sup>DO</sup> grado), concepto de derivada y como se aplica a problemas de optimización, y la necesidad de hallar un sistema de referencia adecuado que mejor represente la situación física del problema, a efectos de facilitar la confección del modelo matemático. De esta forma, el estudiante infiere que la ecuación de la función de 1<sup>ER</sup> grado que mejor se ajusta para el futuro modelo matemático es:  $y = x - 2$ . El estudiante identifica estos conceptos y los vincula mediante una representación gráfica que se ve en figura 3, pasando así a la siguiente fase del proceso.



**Figura 3: Situación real del caso de estudio que se analiza**

**Fase II:** *Construcción de un modelo conceptual del problema en la estructura cognitiva del estudiante.*

En la presente fase el estudiante asocia los conceptos reconocidos en la fase anterior y añade otros que le pueden ser de utilidad. Los procesos cognitivos vinculados a esta fase consisten en la aplicación de leyes y teoremas. Las estrategias que mejor se ajustan son: 1) Articulación de los contenidos. 2) Procesamiento de la información teórica. 3) Articulación de las diferentes ideas que surgen del proceso de análisis del problema. Se implementan estas estrategias con experiencias en laboratorio haciendo uso de transparencias en retroproyector que hace más ágil el proceso de instrucción. Asimismo, el estudiante incorpora al análisis del problema conceptos como el de componentes y módulo de un vector, condición de perpendicularidad entre 2 rectas (vector que representa la tubería y del cauce recto del río) y condición de mínimo de una función, la cual se debe hallar explorando el modelo. En base a las estrategias mencionadas, el estudiante vincula estos conceptos con los identificados en la fase I y va construyendo un modelo mental en el cual razona, todavía en forma intuitiva y con el soporte de la figura 3, que la recta que representa a la tubería debe ser perpendicular al cauce de río recto, y debe intersectar a la función representativa de ambos ríos en puntos tales como los  $P_P$  y  $P_R$  (que representan la intersección de la tubería con la parábola y con la recta, respectivamente). En este sentido, también asocia que se debe concebir un vector  $P_R - P_P$  cuyas componentes estarán en función



de las respectivas coordenadas de estos puntos  $P_R$  y  $P_P$ , y que debe ser perpendicular a la recta representativa de la tubería; dado que las demás líneas que unen ambos ríos, tendrán mayor longitud y, en consecuencia, costo más alto. De esta condición de perpendicularidad, surge el concepto de producto escalar nulo para que tenga lugar esta condición. De esta manera, va tomando forma en el modelo mental del estudiante que la función a minimizar será el módulo de este vector  $P_R-P_P$ , que va a estar en función de las coordenadas de estos puntos. Estas ideas presentes en la estructura cognitivas, se plasman en la confección del modelo matemático en la próxima fase del proceso.

**Fase III: Construcción del modelo matemático representativo del problema.**

En esta fase el estudiante diseña un modelo matemático adecuado a la situación real del problema que se plantea. Los procesos cognitivos que se implementan en esta fase consisten en sintetizar e integrar los conceptos que se identificaron en las fases anteriores. Las estrategias que se aplican son: 1) Estimular en el estudiante la tarea de reflexión e inferencia. 2) Estimular en el estudiante la tarea de asociación de conceptos. Estas estrategias se pueden llevar a cabo mediante el diseño de actividades tales como experiencias más avanzadas en laboratorio y la simulación de mecanismos en gabinetes de informática haciendo uso del software apropiado. El estudiante exige su capacidad de abstracción por medio de un proceso mental que le permite sintetizar e integrar todos los conceptos identificados en las fases I y II. Para ello, considera un vector  $P_R-P_P$  que vincula un punto genérico de la función  $y = x^2$  con un punto genérico de la recta  $y = x - 2$ . Luego se establece la condición de que este vector sea perpendicular a la recta  $y = x - 2$ . Por último, se deben obtener las componentes del vector  $P_R-P_P$  que den el mínimo módulo. El objetivo es conocer desde que punto del río de cauce parabólico la distancia al otro río de cauce rectilíneo adopta su mínimo valor. El punto  $P_R$  pertenece a la recta  $y = x - 2$ , cumpliéndose:  $y_r = x_r - 2$ ; por lo que sus coordenadas son  $P_R(x_r, x_r - 2)$ . Para el punto  $P_P$ , que pertenece a la parábola  $y = x^2$ , se cumple que:  $y_p = x_p^2$ ; por lo que sus coordenadas son  $P_P(x_p, x_p^2)$ . El estudiante elabora la ecuación (1), la cual expresa 3 cuestiones: las componentes del vector  $P_R-P_P$ , las componentes del vector  $\mathbf{V}$  que contiene a la recta  $y = x - 2$  del cauce del río rectilíneo y la condición de perpendicularidad entre estos vectores por medio del producto escalar.

$$\overline{P_R-P_P}(x_p-x_r, x_p^2-(x_r-2)); \vec{V}(1,1); (\overline{P_R-P_P}) \cdot (\vec{V}) = 0 \Rightarrow (x_p-x_r) \cdot 1 + (x_p^2-(x_r-2)) \cdot 1 = 0 \Rightarrow$$

$$(\overline{P_R-P_P}) \cdot (\vec{V}) = (x_p-x_r) + (x_p^2-x_r+2) = 0 \Rightarrow x_p-x_r+x_p^2-x_r+2=0 \Rightarrow 2x_r=x_p^2+x_p+2=0 \Rightarrow x_r = \frac{x_p^2+x_p+2}{2}$$

Obtenida la dependencia entre las componentes de ambos puntos  $P_R(x_r, x_r - 2)$  y  $P_P(x_p, x_p^2)$  aplicando la nulidad del producto escalar entre los vectores  $P_R-P_P$  y  $\mathbf{V}$ , se sustituye la expresión obtenida en (1) en la expresión del vector  $P_R-P_P$ , obteniendo la ecuación (2) en la cual las componentes de este vector se expresan en una sola variable  $x_p$ . El estudiante aplica un mecanismo típico en la resolución de modelos de optimización, que consiste en colocar una variable de decisión en función de la otra.

$$\overline{P_R-P_P}(x_p-x_r, x_p^2-(x_r-2)) \Rightarrow \overline{P_R-P_P}\left(\left(x_p-x_r\right), \left(x_p^2-x_r+2\right)\right) \Rightarrow \overline{P_R-P_P}\left(x_p-\underbrace{\left(\frac{x_p^2+x_p+2}{2}\right)}_{x_r}, x_p^2-\underbrace{\left(\frac{x_p^2+x_p+2}{2}\right)}_{x_r}+2\right) \Rightarrow$$

$$\overline{P_R-P_P}\left(\left(\frac{2x_p-x_p^2-x_p-2}{2}\right), \left(\frac{2x_p^2-x_p^2-x_p-2+4}{2}\right)\right) \Rightarrow \overline{P_R-P_P}\left(\left(\frac{-x_p^2+x_p-2}{2}\right), \left(\frac{x_p^2-x_p+2}{2}\right)\right)$$

Obtenidas las componentes del vector  $P_R-P_P$  en una variable ( $x_p$ ), el estudiante pasa a obtener la función a optimizar, que es el módulo del vector  $P_R-P_P$  en una variable ( $x_p$ ), y que representa el modelo matemático simplificado, dado por la expresión (3). También detecta que, a los fines algebraicos, es más sencillo operar con el cuadrado del módulo en la resolución del modelo.

$$|P_R - P_P| = \sqrt{\left(\frac{-x_p^2 + x_p - 2}{2}\right)^2 + \left(\frac{x_p^2 - x_p + 2}{2}\right)^2} \Rightarrow |P_R - P_P|^2 = \left(\frac{-x_p^2 + x_p - 2}{2}\right)^2 + \left(\frac{x_p^2 - x_p + 2}{2}\right)^2 = \frac{(-x_p^2 + x_p - 2)^2 + (x_p^2 - x_p + 2)^2}{4} \quad (3)$$

Luego:  $(-x_p^2 + x_p - 2)^2 = (-x_p^2 + x_p - 2)(-x_p^2 + x_p - 2) = x_p^4 - x_p^3 + 2x_p^2 - x_p^3 + x_p^2 - 2x_p + 2x_p^2 - 2x_p + 4 = x_p^4 - 2x_p^3 + 5x_p^2 - 4x_p + 4$

y:  $(x_p^2 - x_p + 2)^2 = (x_p^2 - x_p + 2)(x_p^2 - x_p + 2) = x_p^4 - x_p^3 + 2x_p^2 - x_p^3 + x_p^2 - 2x_p + 2x_p^2 - 2x_p + 4 = x_p^4 - 2x_p^3 + 5x_p^2 - 4x_p + 4 \Rightarrow$

$$|P_R - P_P|^2 = \frac{(-x_p^2 + x_p - 2)^2 + (x_p^2 - x_p + 2)^2}{4} = \frac{2x_p^4 - 4x_p^3 + 10x_p^2 - 8x_p + 8}{4} = |P_R - P_P|^2 = \frac{1}{2}x_p^4 - x_p^3 + \frac{5}{2}x_p^2 - 2x_p + 2$$

**Fase IV:** Resolución del modelo matemático y análisis crítico y discusión de los resultados obtenidos.

En esta fase el estudiante resuelve el modelo matemático al que arribó en la fase III. Los procesos cognitivos asociados a esta fase consisten resolver el modelo matemático en función de los parámetros que establece el problema y con las herramientas matemáticas disponibles; y, de esta forma, realizar un análisis crítico y discusión de los resultados que se obtienen. En esta fase del proceso de instrucción, se espera que el estudiante desarrolle modelos mentales acerca de la situación que analiza con una mayor flexibilidad cognitiva. Posibles estrategias para esta fase consisten en el empleo de técnicas de comunicación que activen formas de pensamiento cooperativo y el trabajo grupal. Las actividades a implementar para operativizar estas estrategias, se basan en el uso de software de matemática para agilizar los cálculos y el manejo de las funciones que se ajusten al caso. De esta forma, y buscando el equilibrio en la destreza del cálculo, lo que se intenta es que el estudiante se focalice en el análisis de los resultados. Continuando con el caso de estudio, el estudiante comienza sintetizando el primer proceso cognitivo asociado a esta fase: *Resolución del modelo matemático*. De esta manera, se comprende que una vez obtenida la expresión a minimizar (cuadrado del módulo del vector  $P_R - P_P$  en la variable  $(x_p)$ ), se deben hallar los valores de  $x_p$  y  $x_r$  que minimizan dicho módulo por medio del procedimiento típico de anular la primera derivada, tal como se ve en la expresión (4).

$$\frac{d\left(|P_R - P_P|^2\right)}{dx_p} = 0 \Rightarrow \frac{d\left(\frac{1}{2}x_p^4 - x_p^3 + \frac{5}{2}x_p^2 - 2x_p + 2\right)}{dx_p} = 0 \Rightarrow 2x_p^3 - 3x_p^2 + 5x_p - 2 = 0 \Rightarrow x_{p1} = \frac{1}{2}; x_{p2} \& x_{p3} \notin \mathbb{R} \quad (4)$$

Se observa que la ecuación cúbica obtenida en 1<sup>RA</sup> derivada presenta una solución real ( $x_p = 1/2$ ), siendo las otras 2 complejas conjugadas. En el marco de este proceso cognitivo, el estudiante procede a verificar que  $x_p = 1/2$  corresponde a un mínimo valor para la función cuadrado del módulo (sustituyendo el mismo en la 2<sup>DA</sup> derivada y verificando que esta es positiva). Luego calcula la componente  $x_r$ , los puntos  $P_R$  y  $P_P$ , y el Se obtiene así el valor mínimo del módulo del vector  $P_R - P_P$ , lo que proporciona la longitud mínima de la tubería de comunicación entre ambos cauces de los ríos. Se completa este cálculo en la expresión (5).



$$\begin{aligned} \text{La derivada } 2^{\text{DA}} \text{ de } |P_R - P_P|^2 \text{ es: } & \frac{d(2x_p^3 - 3x_p^2 + 5x_p - 2)}{dx_p} = 6x_p^2 - 6x_p + 5; \text{ en } x_p = \frac{1}{2} \text{ es: } 6\left(\frac{1}{2}\right)^2 - 6\left(\frac{1}{2}\right) + 5 = \frac{3}{2} - 3 + 5 = \frac{7}{2} > 0 \Rightarrow \\ x_p = \frac{1}{2} \text{ es un mínimo. Siendo: } & x_r = \frac{x_p^2 + x_p + 2}{2} \Rightarrow x_r = \frac{(0,5)^2 + 0,5 + 2}{2} = \frac{11}{8}; \text{ como } P_R(x_r, x_r - 2) \Rightarrow P_R\left(\frac{11}{8}, \frac{11}{8} - 2\right) \Rightarrow P_R\left(\frac{11}{8}, -\frac{5}{8}\right) \text{ (5)} \\ \text{Siendo: } P_P(x_p, x_p^2) \Rightarrow & P_P\left(\frac{1}{2}, \left(\frac{1}{2}\right)^2\right) \Rightarrow P_P\left(\frac{1}{2}, \frac{1}{4}\right) \Rightarrow |P_R - P_P|_{\text{MIN}} = \sqrt{(x_p - x_r)^2 + (x_p^2 - (x_r - 2))^2} \Rightarrow \\ |P_R - P_P|_{\text{MIN}} = & \sqrt{\left(\frac{1}{2} - \frac{11}{8}\right)^2 + \left(\frac{1}{4} - \left(-\frac{5}{8}\right)\right)^2} = \sqrt{\frac{49}{64} + \frac{49}{64}} = \sqrt{2 \frac{49}{64}} = \sqrt{2} \sqrt{\frac{49}{64}} \Rightarrow |P_R - P_P|_{\text{MIN}} = \frac{7}{8} \sqrt{2} \approx 1,237 \text{ m} \end{aligned}$$

Concluida la fase de resolución del modelo, el estudiante sintetiza el segundo proceso cognitivo asociado a esta fase: *Análisis crítico y discusión de los resultados obtenidos*. En una aproximación a las tareas de diseño que debe afrontar el futuro ingeniero, el estudiante infiere que cualquier otra longitud que vincule ambos ríos será mayor que la obtenida en la expresión (5), y por lo tanto de mayor costo. Asimismo, aplicando cálculos cinemáticos, el tiempo que insuma el recorrido del líquido por cualquier otra tubería, será mayor que el que se obtenga por una tubería de 1,237 metros. También en el marco de las actividades de diseño, es importante que el estudiante identifique la necesidad de estudiar la función cuadrado del módulo que alcanza su valor mínimo para  $x_p = 0,5$ ; dado que puede darse el caso de no ser posible construir la tubería conectando esos puntos. Entonces el estudio en detalle de la función, hace que se pueda obtener otros valores de  $x_p$  que proporcionen longitudes de tubería cercanos al mínimo.

En este sentido, un ejercicio cognitivo de interés consiste en suponer que luego de este análisis, la compañía encargada del trazado de la tubería establezca que la misma debe tener una longitud mínimo de, por ejemplo, 2 metros. La idea se focalizaría en que el estudiante determine que valor, o valores, de  $x_p$  se corresponden para satisfacer este requisito. Una vez más, el estudio en detalle de la función objetivo permitiría explorar cuáles serían estos valores. El soporte de actividades basadas en el uso de software de matemática para agilizar los cálculos y el manejo de las funciones, le permite al estudiante optimizar esta tarea.

## Conclusiones

Teniendo en cuenta que el presente proyecto se encuentra en pleno desarrollo, tanto las conclusiones como los futuros lineamientos a considerar son de carácter parcial. Respecto a las conclusiones se puede afirmar que: 1) El desarrollo del proceso de instrucción en fases, se adapta al estadio del desarrollo cognitivo que posee el estudiante. 2) Se observan las siguientes características vinculadas al proceso de instrucción: ligero incremento de la maduración cognitiva de los estudiantes cuando logran comprender el significado de las expresiones analíticas obtenidas; un aumento en el nivel de motivación de los estudiantes con el análisis de situaciones vinculadas al diseño; y que ciertos estudiantes intentan superarse para ubicarse en niveles cognitivos similares a otros que se encuentran en un nivel más elevado. Respecto a futuras líneas de investigación se puede afirmar que se espera: 1) Potenciar el grado de interacción con asignaturas del ciclo básico, logrando así una instrucción más integral. 2) Se halla en desarrollo una V fase cuyo objetivo consiste en la elaboración de una base de casos de análisis, los cuales no se almacenan como entidades aisladas, sino que se relacionan y se integran dando lugar a la conformación de ciertos “patrones” de análisis. 3) Promover una mayor articulación con los ciclos superiores para realizar un seguimiento adecuado del proceso en dichos ciclos. 4) Incorporar casos con espíritu crítico y analítico de manera gradual en el curso de ingreso/nivelación a la facultad de ingeniería.

## Referencias

3. Adler, M. *The Paedeia proposal: An Education manifesto.*, Ed. Nueva York: Mc Millan., 1982.



Gagné R. M., Briggs L. J. & Wager W. W. (1992) "Principles of Instructional Design". Ed. Wadsworth/Thomson Learning. Belmont, CA. USA.

4. Merrill, M. D., *Instructional Transaction Theory: Instructional Design Based on Knowledge Objects.*, Ed. Educational Technology, 36, 30-37., 1996.

Hossian A. (2003) "Sistema de Asistencia para la Selección de Estrategias Instruccionales". Tesis de Máster en Ingeniería del Software. Universidad Politécnica de Madrid. España.

5. Hossian Alejandro A., Cejas Lilian., *Una propuesta de diseño instruccional para su aplicación en carreras de ingeniería. Un caso de estudio en asignaturas del ciclo básico.* Jornada de enseñanza de la ingeniería. Facultad Regional Buenos Aires. Universidad Tecnológica Nacional. Buenos Aires. 2011.

6. Reigeluth, Charles. M. *Instructional design theories and models: a new paradigm of instructional theory.*, Ed. Lawrence Erlbaum Associates., 1999.

7. Jonassen, D. H. Certainty., *Determinism and Predictability in Theories of Instructional Design: Lessons from Science.*, Ed. Educational Technology., 1997.

8. Perkins, D. N. Smart schools: *Better thinking and learning for every child.*, Ed. Nueva York: The Free Press., 1992.

9. Schuel, T. J., *Cognitive Conceptions of Learning.*, Ed. Review of Educational Research., Vol 56 (4) pp. 411-436., 1996.