

# Diseño holístico de fundamentos para el Análisis de Señales<sup>1</sup>

Javier Chincuni<sup>1</sup>, Federico Muiño<sup>1</sup>, Claudia Wieczorek<sup>3</sup>, Walter Legnani<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Av. Medrano 951, (C1179 AAQ), Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

<sup>2</sup> Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires, Centro de Procesamiento de Señales e Imágenes, Av. Medrano 951, (C1179 AAQ), Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

<sup>3</sup> Universidad Tecnológica Nacional, Instituto Nacional Superior del Profesorado Técnico, Av. Triunvirato 3174, (C1427AAR), Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

*jchincuni@frba.utn.edu.ar*

## Resumen

La pandemia 2020 aceleró el desarrollo de una serie de estrategias que se pueden dividir en tres bloques: por un lado, la base del trabajo colaborativo de los estudiantes entre sí y con los docentes; sobre este soporte están los contenidos específicos de la asignatura a los que se les suma una serie de prácticas grupales de laboratorio de informática para finalizar con su exposición ante el resto de la cohorte en modalidad de seminario. Los contenidos curriculares se ofrecen mediante clases teórico prácticas autocontenidas y respaldadas por grabaciones y videos producidos *ad hoc*, desarrollos *in vivo* de resoluciones de problemas, análisis y discusión de códigos de computadora, provisión de las guías de ejercicios resueltas y la presentación del contexto histórico de cada tema. La evaluación parcial se realiza integrando la parte práctica de resolución de ejercicios con preguntas conceptuales para pensar y analizar. El examen final es mediante un proyecto a desarrollar por los alumnos resolviendo un problema de ingeniería en base a los conceptos y las herramientas brindadas en la asignatura.

**PALABRAS CLAVE:** VISIÓN INTEGRAL - PRÁCTICA PROFESIONAL - APRENDIZAJE COLABORATIVO - DESARROLLO DE APTITUDES PROFESIONALES - PROBLEMAS ABIERTOS

---

<sup>1</sup> El 2 y el 3 de diciembre de 2021 se realizaron **las II Jornadas de Intercambio de Experiencias Docentes Innovadoras. Repensando las prácticas de Enseñanza en contextos de pandemia**, organizadas por la Secretaría Académica de la UTN.BA. Entre los objetivos de estas jornadas se destaca el de "difundir y socializar las experiencias innovadoras" que realizan las y los docentes de la Facultad Regional Buenos Aires. Un Comité científico tuvo la responsabilidad de evaluar todos los trabajos presentados y determinar cuáles obtendrían los tres primeros lugares. La premiación consistió en la publicación de dichos artículos en nuestra revista *Proyecciones*.

En el número de octubre se publica:

3<sup>o</sup> premio: **Diseño holístico de fundamentos para el Análisis de señales**. Javier Chincuni, Federico Muiño, Claudia Wieczorek y Walter Legnani

En el número de abril de 2022 se publicaron:

1<sup>o</sup> premio: **Comparación del uso de las actividades de Moodle "Tarea" y "Lección" en la práctica de soluciones-neutralización del laboratorio de química, usando simuladores**. María Fernanda Lopolito, Pablo César Vicente Sánchez, Bettina Laura Marchisio, Analía Verónica Russo, Graciela De Seta

2<sup>o</sup> premio: **Diseñando una cursada virtual: el impacto del aprendizaje invertido**. María Alicia Piñeiro, Emanuel S. Prima

## Abstract

Pandemic 2020 accelerated the development of a series of strategies that can be divided into three blocks: on the one hand, the basis of collaborative work of students among themselves and with their teachers; on this support are the specific contents of the subject to which are added a series of practices of computer laboratory to finish with his presentation to the rest of the whole cohort in a seminar mode. The curricular contents are offered through self-contained theoretical and practical classes supported by recordings and videos produced *ad hoc*, *in vivo* developments of problem solving, analysis and discussion of computer codes, provision of the guides of solved exercises and the presentation of the historical context of each subject. The partial evaluation is carried out by integrating the practical part of solving exercises with conceptual questions to think and analyze. The final exam is instrumented by means of a project to be developed by the students solving an engineering problem based using the concepts and tools provided in the course.

**KEYWORDS:** HOLISTIC VISION - PROFESSIONAL PRACTICE - COLLABORATIVE LEARNING - DEVELOPMENT OF PROFESSIONAL APTITUDES - OPEN PROBLEMS

## Introducción

El presente trabajo presenta la formulación integral del dictado de Fundamentos para el Análisis de Señales mediante diversas estrategias que se han desarrollado para su implementación antes y durante la pandemia Covid19. Es una asignatura anual correspondiente al tercer nivel de la carrera de ingeniería eléctrica, que posee una carga horaria de 96 horas, se halla planificada para dictarse una vez por semana. Dentro de la Ordenanza del Consejo Superior Universitario N<sup>o</sup> 1026 que adecua el diseño curricular de la carrera según los criterios del Plan de Desarrollo Cualitativo elaborado por la Universidad Tecnológica Nacional y estándares de acreditación, ocupa el lugar 25, pertenece al área de electrotecnia, y forma parte del denominado bloque de tecnologías básicas, por lo que se halla por fuera del conjunto abarcado por ciencias básicas, y en estrecha relación con Electrotecnia II y Control Automático.

En el diseño curricular vigente el alumno de ingeniería eléctrica recibe en esta asignatura los fundamentos de cálculo con variable compleja, en este sentido se formalizan sus conocimientos previos de operaciones en el campo de los números complejos, y se aprovechan las analogías con los conceptos que le fueron provistos en las asignaturas previas como ser Análisis Matemático I y II, Álgebra Lineal, y donde se reformulan problemas estudiados previamente en Física I y II.

El otro componente fundamental de la asignatura es el estudio de los sistemas lineales e invariantes en el tiempo mediante la transformada de Laplace (en inglés *Linear Time Invariant* o LTI), esto implica el análisis de la respuesta de dichos sistemas tanto en régimen permanente como transitorio, en este último caso se resalta la significación de su estudio para determinar los criterios de diseño de sistemas en ingeniería eléctrica. Además, se hace un importante estudio de la estabilidad de esos sistemas. Entre los conceptos más relevantes de este bloque se encuentra el de convolución, no sólo con un carácter de naturaleza operativa (para resolver antitransformadas) sino para comprender en sentido amplio el concepto de “comparación entre señales” y de “respuesta de sistemas lineales”

En conjunto con la transformada de Laplace, que introduce a los alumnos en los denominados métodos operacionales para la resolución de ecuaciones diferenciales ordinarias lineales, se le brindan las herramientas básicas del análisis de Fourier. En este sentido, en base a los desarrollos en serie de Fourier para señales periódicas y a la transformada de Fourier para no periódicas, el futuro ingeniero electricista recibe así las bases para el análisis de señales y sistemas LTI que le posibilitarán efectuar el estudio de la gran mayoría de los modelos y problemas de su especialidad.

En cierto sentido es una asignatura que constituye un punto de inflexión entre lo que los estudiantes reciben en su formación matemática y física básica y la aplicación de conceptos a problemas de la carrera. En otro orden es en esta asignatura en donde deben adquirir las herramientas para resolver una gran diversidad de situaciones problemáticas de neto carácter integrador de contenidos de la especialidad. Esto es lo que ha motivado y continúa motivando la permanente incorporación de estrategias que contribuyan a la articulación de los aprendizajes (Graham, 2018).

Se postula que el pilar fundamental de la presente propuesta que es de carácter holístico dado que no se puede analizar una parte por separado (Johri and Olds, 2014), sino que para comprender en su totalidad como se desarrolla la asignatura es necesario considerar todos los componentes de la misma.

## Desarrollo de la experiencia

La integración de los recursos como su coordinación conceptual y temporal hacen

distintiva a esta propuesta. Sin ninguna duda ha de haber experiencias que hagan buen uso de los recursos que se muestran en este trabajo, pero todos ellos dispuestos en forma coordinada y tendientes a la formación académica y profesional de los estudiantes es una práctica que no es tan habitual de encontrar (Graham, 2018). El gran elemento coordinador de la presente propuesta se puede hallar en las prácticas de laboratorio y la modalidad implementada para su presentación.

Las guías de trabajos de laboratorio de informática han evolucionado en forma marcada desde que hace más de quince años se decidió incorporarlas como elemento funcional en la asignatura. Anteriormente había habido pruebas de su uso en aspectos demostrativos y de simple apoyo al dictado de la asignatura en forma tradicional.

Las guías de trabajos prácticos de laboratorio son autocontenidas, con esto se quiere decir que no solo los alumnos pueden hallar los problemas a resolver, sino que tienen un marco de explicación teórica y una orientación de cómo se debe implementar su resolución computacionalmente.

En lo que sigue para se describen las características principales del desarrollo de la asignatura en consideración.

La implementación de clases está constituida por encuentros virtuales a través de la plataforma Meet de Google Workspace®. Se emplean materiales de soporte autocontenido, implementado en presentaciones digitales, en las cuales se hace uso de recursos como ser animaciones, transiciones, resaltado de textos y adicionalmente se incorporan anotaciones manuscritas para aclarar o ampliar detalles durante la presentación ante los alumnos. Estos están almacenados en cada uno de los temas vinculados a las solapas en la sección principal del aula virtual (ver Figura 1); hallándose divididos en tres secciones: Presentaciones, Códigos y Pizarrones.

Los materiales centrales (presentaciones del contenido curricular de la asignatura), están a disposición de los alumnos en archivos en formato PDF para que puedan ser usados tanto en modo online desde dispositivos fijos y móviles o los puedan descargar de forma tal de armar una carpeta digital con los apuntes de la asignatura.

Se complementan con materiales de síntesis conceptual en formato de archivos PDF

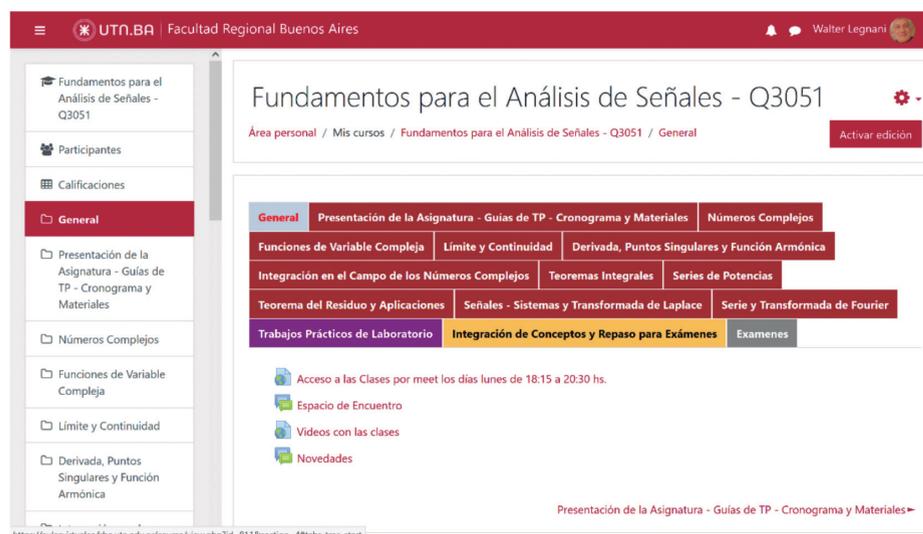


Fig. 1. Vista de ingreso al aula virtual de la asignatura

según la cantidad de conceptos y el nivel de integración que requiera. También se hace uso de mapas conceptuales y diagramas, a modo de síntesis al final de cada nodo conceptual de la asignatura.

En la sección de Códigos los estudiantes pueden encontrar los programas con los que se realizan los experimentos y demostraciones computacionales *in vivo* en las clases.

Estos experimentos de computadora tienen como finalidad: visualizar y afianzar conceptos, complementar las explicaciones de las clases teórico-prácticas, se emplean para plantear problemas abiertos y aproximan a los estudiantes a problemas de la especialidad (Chen *et al.*, 2021). También, permiten formular preguntas motivadoras o disparadoras para ser analizadas en grupo por los estudiantes. Es una herramienta, que adicionalmente, contribuye a economizar tiempo de dictado de la asignatura.

La comunicación, fuera de las video clases, es esencialmente asincrónica, mediante los recursos que ofrece la plataforma del aula virtual como ser: un foro bidireccional entre alumnos y la cátedra, a través de un foro unidireccional de novedades operado por los docentes. Y otro recurso tradicional como lo es el correo electrónico institucional.

Para la resolución de las guías de trabajos prácticos se ponen a disposición de los estudiantes las guías resueltas, indicándoles que es un recurso que debe ser empleado solo después de haber realizado el esfuerzo de resolverlo por sus propios medios y habiendo encontrado algún inconveniente, o duda que impedía continuar el trabajo.

Todas las clases teórico-prácticas y las presentaciones de los alumnos son grabadas, se las ponen a disposición del curso mediante un link en el aula virtual.

En las clases se emplean otros recursos como se el uso de preguntas motivadoras y ejemplos referidos a la especialidad que son de ejercicio real de la profesión. A esto se suma lo que se denominó Pizarrones con resoluciones *in vivo* de problemas de las guías de trabajos prácticos y otros integradores cuidadosamente seleccionados; donde los alumnos pueden interactuar y preguntar en vivo y en directo durante la resolución de problemas, y luego estos pizarrones se guardan en formato de archivo PDF y se ponen a disposición de los alumnos en el aula virtual (Hadgraft and Kolmos, 2020).

La actividad de laboratorio de informática se halla organizada en base a guías de Prácticas de Laboratorio autocontenidas (ver Figura 2) y con el apoyo de videos desarrollados *ad hoc*, como puede apreciarse un ejemplo en la Figura 4.

El equipo docente realiza una presentación de las guías en fechas perfectamente coordinadas con el desarrollo del dictado de los contenidos del programa de la asignatura. Los alumnos trabajando en grupos y fuera del horario de clase deben resolver estas guías en forma grupal e independiente, con la asistencia permanente del equipo docente, mediante los canales de comunicación antes mencionados

Las guías de trabajos de laboratorio cubren la totalidad de los temas del programa de la asignatura, éstas son a saber:

Trabajo práctico 1: Números complejos.

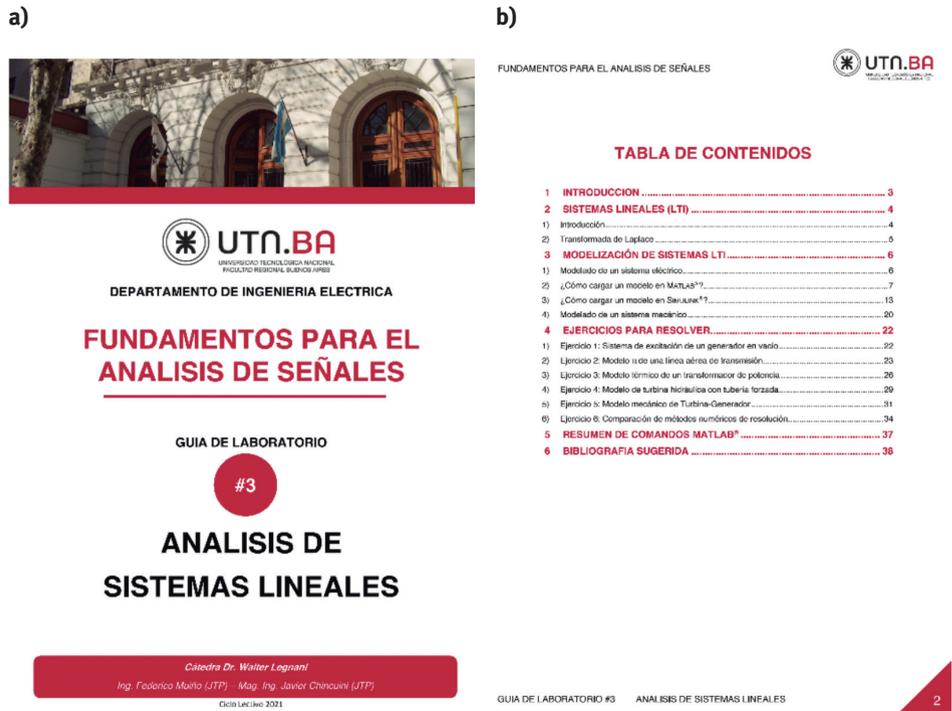
Trabajo práctico 2: Singularidades e integración en el campo de los números complejos.

Trabajo práctico 3: Análisis de Sistemas Lineales.

Trabajo práctico 4: Series de Fourier.

Trabajo práctico 5: Transformada de Fourier.

Como puede apreciarse en la Figura 2b) las guías de trabajos prácticos de laboratorio se hallan constituidas por:



**Fig. 2. Guía de trabajos prácticos de laboratorio: a) Carátula, b) Índice**

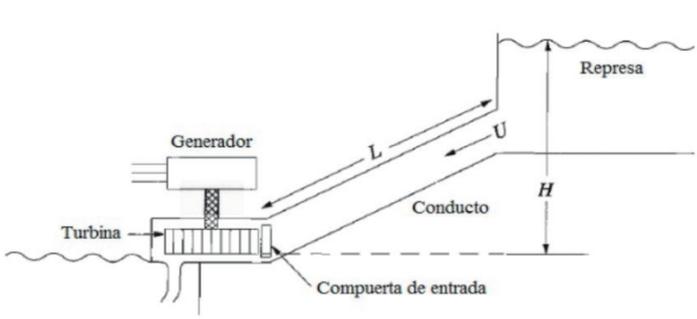
- Una introducción con los conceptos y el marco teórico de la misma.
- Los enunciados de los problemas a resolver, con fuerte vinculación con la carrera de los estudiantes.
- Un resumen de comandos necesarios para implementar la resolución por computadora.
- Bibliografía sugerida.

A los estudiantes se les brindan los conceptos teóricos y los rudimentos informáticos básicos para resolver los ejercicios y problemas de las guías. En muchos casos se trata de problemas que no poseen solución única, sino que deben formular un criterio para adoptar una solución. En otros casos se deja librada la interpretación de lo que se obtiene como resultado, en relación con las características intrínsecas del problema. En ningún caso se les entrega un mecanismo para la solución detallada. Tanto los procedimientos, mecanismos y algoritmos como su implementación, para lograr la solución debe surgir del trabajo grupal. En la Figura 3 se muestra un ejemplo típico del enunciado de una actividad de las guías de trabajos prácticos de laboratorio.

Como la actividad de laboratorio de informática se halla totalmente sincronizada y articulada con las clases teórico-prácticas, la introducción teórica, de las guías de laboratorio, se puede utilizar como material de estudio independiente por parte de los estudiantes. La interpretación y las conclusiones de los resultados refuerzan y extienden conceptos en forma integradora.

La cátedra ha desarrollado un video tutorial para cada uno de los trabajos prácticos arriba listados como material complementario de la presentación de las guías.

Pasados quince días de las respectivas presentaciones de cada uno de trabajos prácticos de laboratorio y habiendo respondido a la totalidad de dudas y consultas formuladas por los estudiantes; los mismos deben presentar un informe escrito con la resolución de las guías el cual es corregido y respecto de este tienen su correspondiente devolución. A la vez deben realizar la presentación de las resoluciones, que han reportado en sus informes, siguiendo la modalidad de seminario. El orden de las presentaciones sigue el orden de los enunciados de los problemas en las guías de trabajos prácticos, mientras

<p>a)</p>	<p><b>4) Ejercicio 4: Modelo de turbina hidráulica con tubería forzada</b></p> <p>El comportamiento de la variación de la potencia mecánica <math>\Delta P_m</math> de una turbina hidráulica (en la cercanía de su punto de operación) respecto al grado de apertura de los álabes de su distribuidor <math>\Delta G</math> puede aproximarse mediante la función transferencia que se muestra a continuación:</p> $\frac{\Delta P_m}{\Delta G} = \frac{1 - T_w s}{1 + \frac{1}{2} T_w s}$ <p>El parámetro <math>T_w</math> se denomina "constante de tiempo del agua" y representa el tiempo necesario para acelerar el fluido en la tubería. Este valor es característico de cada aprovechamiento hidroeléctrico y se determina mediante:</p> $T_w = \frac{L u_0}{g h_0}$ <p>donde <math>L</math> es la Longitud total del conducto forzado en m, <math>u_0</math> es la velocidad nominal del agua en el conducto forzado en m/s, <math>g</math> es la aceleración de la gravedad en m/s<sup>2</sup>, <math>h_0</math> es el salto neto nominal de agua en m. A su vez, el valor de la velocidad del agua en el conducto forzado <math>u_0</math> se determina mediante el cociente entre el caudal nominal y el área de la sección transversal del conducto:</p> $u_0 = \frac{q_0}{A}$ <p>donde <math>q_0</math> es el caudal de referencia para el 100% de potencia entregada en m<sup>3</sup>/s, y <math>A</math> es el área de la sección transversal del conducto en m<sup>2</sup>.</p>
<p>b)</p>	<p>Se pide, para la central hidráulica asignada a su grupo, armar el modelo en SIMULINK® utilizando funciones transferencia con condiciones iniciales a fin de simular:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) La respuesta de la turbina hidráulica a una señal de entrada tipo escalón partiendo de un valor inicial <math>G_0 = 0,9</math> (apertura del 90% del distribuidor), hasta la apertura máxima, es decir, <math>G = 1</math> (apertura 100%).</li> <li>b) Debido a que los actuadores que mueven los álabes del distribuidor no pueden generar un movimiento instantáneo, se propone reemplazar la función escalón de entrada por una función rampa utilizando los mismos valores inicial y final del inciso anterior. Considere un tiempo de 1 segundo para abrir los distribuidores desde su posición de cierre hasta su apertura total.</li> <li>c) Obtenga conclusiones sobre la respuesta de la potencia mecánica debido a cambios en la apertura del distribuidor para las simulaciones efectuadas en el inciso anterior.</li> </ul>
<p>c)</p>	 <p>El diagrama ilustra un sistema de energía hidroeléctrica. A la izquierda, una turbina está conectada a un generador. El agua entra a través de una compuerta de entrada y fluye a lo largo de un conducto de longitud <math>L</math> hacia una represa. La altura del salto neto es <math>H</math>. La velocidad del agua en el conducto es <math>U</math>.</p>

d)

Grupo N°	Turbina Hidráulica	$q_0$ [m³/s]	A[m²]	$h_0$ [m]	L[m]
1	Yacyretá	794	42	17,3	15
2	Salto Grande	600	22,1	25,3	17
3	Alicurá	240	33,18	116	189
4	El Chocón	389	78,54	58,4	221
5	Futaleufú	352	36,69	155	1532
6	Cabra Corral	43,76	7,07	83	185
7	Piedra del Águila	350	63,62	108	103,75
8	Pichi Picún Leufú	240	25	20,65	110

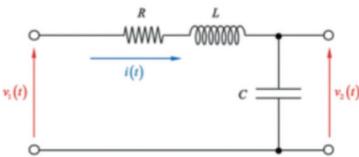
e)



Fig. 3. Problema ejemplo de la Guía de Laboratorio del trabajo práctico 3, sobre sistemas LTI y transformada de Laplace, a) y b) Planteo del problema, c) Esquema de este, d) Datos individualizados para cada grupo necesarios para la resolución, cabe destacar que se trata de todos datos reales que los estudiantes pueden encontrar en el ejercicio de su profesión, e) Fotografía de una turbina real y su conducto correspondiente

FUNDAMENTOS PARA EL ANÁLISIS DE SEÑALES

### Modelado de un sistema eléctrico y simulación



$$V_1(s) = I(s) \left[ R + Ls + \frac{1}{sC} \right] \quad V_2(s) = \frac{1}{sC} I(s)$$

$$H(s) = \frac{V_2(s)}{V_1(s)} = \frac{1}{LCs^2 + RCs + 1}$$

Ejemplo de caso real: Línea 132 kV de 106 km  $r = 0,1179 \frac{\Omega}{\text{km}}$   $l = 1,2398 \frac{\text{mH}}{\text{km}}$   $c = 9,3928 \frac{\text{nF}}{\text{km}}$



Fig. 4. Captura de pantalla de uno de los videos tutoriales producidos en la cátedra para cada uno de los trabajos prácticos

que los grupos y los integrantes que deben exponerlos son sorteados al azar durante el seminario, esto asegura dos aspectos que han sido muy importantes para el diseño de la estrategia: por un lado, estimular que todos los miembros del grupo tengan pleno conocimiento de la resolución, y por otro lado asegurar la participación mejor distribuida que se pueda.

Clases FAS (2021-09-20 at 14:20 GMT-7)

DESARROLLO:

$$T_w = \frac{L \cdot h_0}{\beta \cdot h_0} = \frac{L \cdot \beta_0}{\beta \cdot h_0}$$

$$T_w = 9,676 \text{ s}$$

PARA LOS VALORES CORRESPONDIENTES AL GRUPO 5 SE CALCULO LA CONSTANTE DE TIEMPO DEL AGUA TW, SENDO:

L: LONGITUD DEL CONDUCTO FORZADO [m]  
 U<sub>0</sub>: VELOCIDAD NOMINAL DEL AGUA EN EL CONDUCTO FORZADO [m/s]  
 G: ACCELERACION DE LA GRAVEDAD [m/s<sup>2</sup>]  
 H<sub>0</sub>: NIVEL DE REFERENCIA PARA EL 100% DE POTENCIA ENTREGADA [m<sup>2</sup>/s]  
 A: AREA DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL CONDUCTO [m<sup>2</sup>]

LA FUNCION TRANSFERENCIA ES:

$$\frac{\Delta P_m}{\Delta G} = \frac{1 - T_w \cdot s}{1 + \frac{1}{2} T_w \cdot s}$$

ENTONCES  $\rightarrow \frac{\Delta P_m}{\Delta G} = \frac{-9,676s + 1}{\frac{1}{2} \cdot -9,676s + 1}$

MARTIN ETZQUEJEL RUGGIERI

a)

Clases FAS (2021-09-20 at 14:20 GMT-7)

SIMULINK

SCOPE  
 STOP  
 TRANSFER FUNCTION WITH INITIAL OUTPUTS  
 MUX

LA SEÑAL DE ENTRADA VIOLETA APLICA UN ESCALON EN t=1S DESDE EL VALOR 0.9 HASTA 1.

LA SEÑAL DE SALIDA DECRECE INSTANTANEAMENTE HASTA UNA POTENCIA DEL 70%.  
 A LOS 25 SEGUNDOS ALCANZA EL 100%.

MARTIN ETZQUEJEL RUGGIERI

b)

La cargabilidad de los transformadores de potencia está determinada por las temperaturas alcanzadas por sus distintas partes. De esta manera, un transformador que se encontraba a baja carga puede ser sobreexigido durante varios minutos.

Hay normas que ofrecen métodos para determinar el perfil de temperaturas dentro de transformadores de potencia, y además la temperatura final F depende de la carga del transformador y de la temperatura ambiente.

$$\theta_F(t) = \tau_0 + \frac{d\theta(t)}{dt} - \theta(t) \quad \theta_F = \Delta\theta_N + \frac{R\theta^2 - 1}{R+1} + \theta_{AMB}$$

A partir de esto obtenemos la función transferencia del sistema, y el modelo construido en SIMULINK queda de la siguiente forma:

Transferencia del sistema

PEDRO ALEJANDRO SOTO MAJAN

c)

Clases FAS (2021-09-20 at 14:20 GMT-7)

Diagrama de bloques de un sistema de control con un controlador PID y un sistema de segundo orden.

Controlador PID: Proporcional, Derivativo, Integral.

Sistema de segundo orden:  $\frac{1}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$

JUAN DE LA VEGA

d)

Fig.5. Ejemplo de los diferentes formatos seleccionados por los alumnos para realizar la presentación en los seminarios de los resultados de los trabajos prácticos de informática: a), b), y c) presentaciones multimediales, d) resultados de la resolución que se presentan a partir del informe escrito

Los recursos que pueden disponer los alumnos para sus presentaciones se dejan librados a su exclusiva creatividad, la cátedra no orienta de ninguna manera este aspecto. De esta forma los alumnos pueden bien mostrar la resolución de un problema de la guía en base a la ejecución de un código de computadora y el análisis de los correspondientes resultados y gráficos, o bien realizar presentaciones multimediales, empleando plataformas a su elección, conteniendo los resultados, como se puede apreciar en la Figura 5.

Durante la exposición se hace hincapié en que presenten las dudas y discusiones que surgieron durante la resolución de los problemas. Una vez finalizada cada presentación el equipo docente entabla un breve coloquio con el fin de organizar el análisis de los resultados y de plantear preguntas que den lugar a una mejor comprensión de los conceptos involucrados. Cabe destacar que la mayoría de los problemas con los cuales se trabaja en las guías de laboratorio poseen más de una solución correcta y eso implica que los grupos deban desarrollar criterios propios para adoptar una solución u otra. En este sentido es que la modalidad de trabajo que se plantea en Fundamentos para el Análisis de Señales tiene como objetivo, además del curricular específico, el de preparar a los estudiantes en la modalidad de trabajo en el cual deberán desenvolverse en su vida profesional.

Con respecto a la evaluación, esta se realiza mediante tres formas: en progreso mediante guías para discutir y analizar en forma grupal, mediante la corrección los informes de los trabajos de laboratorio (cabe destacar que deben estar presentes y si son seleccionados exponer, en caso de estar ausente, en el día del seminario, deben recuperar el trabajo en fecha a consensuar);

Parciales: Dos parciales individuales, de un mismo nivel.

Cada examen parcial se compone de:

- a) Una parte práctica basada en la resolución de problemas con calificación de 0 a 6 puntos.
- b) Una sección de preguntas conceptuales, con calificación de 0 a 4 puntos.
- c) Cada examen por consiguiente tiene una calificación de 0 a 10 puntos, tiene una primera instancia de recuperación durante la cursada en el año de inscripción que de aprobarse con 8 o más puntos continúa habilitando la promoción. La nota del recuperatorio reemplaza a la del parcial. De no lograrse la aprobación en estas dos primeras instancias se pierde la posibilidad de promoción
- d) Durante febrero-marzo del año siguiente se fija una segunda instancia de recuperación de cada uno de los dos parciales, para lograr la regularización de la asignatura (firma de libreta).

Una vez aprobadas las instancias de evaluación parcial, ya sean estas de trabajos prácticos de problemas como así también los informes de laboratorio, los alumnos están en condiciones de presentarse a rendir el examen final. En esta instancia se les ofrecen dos opciones, por un lado, un examen teórico-práctico escrito y oral de formato tradicional, y por otro lado se les ofrece la posibilidad de realizar un proyecto final de la asignatura con seguimiento tutorial por parte del profesor y el equipo docente de la cátedra.

Entre los objetivos del trabajo práctico final, se busca que los alumnos sean capaces de:

- integrar conceptos de la asignatura.
- expresar en forma rigurosa y análoga a aquella que les será habitual en su futura actividad de graduado.
- analizar señales y sistemas LTI lo más próximos posibles a su vida profesional.
- adquirir la capacidad de búsquedas bibliográficas en forma autónoma.
- aplicar alguna herramienta informática para el estudio y/o resolución de problemas y su correspondiente presentación de resultados.
- adquirir la avidez de efectuarse preguntas a la hora de indagar sobre el comporta-

miento de un sistema ante distintas señales de entrada, siendo capaces de inferir el comportamiento de sus correspondientes salidas.

De ninguna manera los trabajos deben ser desarrollos originales, sino más bien, buenas aplicaciones e integraciones de conocimientos vinculados con la asignatura.

La estructura obligatoria del informe del proyecto final se compone de las siguientes secciones:

- Introducción
- Marco teórico
- Fuentes de datos
- Metodología de trabajo
- Resultados
- Conclusiones
- Referencias y bibliografía

El cuerpo del informe no debe incluir listas extensas de datos, su extensión no debe ser inferior a 40 páginas, los anexos se contabilizan por separado.

Todas las expresiones matemáticas, figuras y tablas deben ir numeradas en orden correlativo según corresponda, y en el caso de tablas y figuras deben estar acompañadas de su correspondiente pie explicativo.

Una vez que los alumnos concluyen el informe final de su proyecto, que ha sido seguido en forma personalizada por los docentes de la cátedra, lo presentan a modo de coloquio en donde deben realizar su defensa en las fechas de final correspondientes que fijen las autoridades de la UTN.BA. Esta instancia es de aproximadamente 45 minutos de duración, es oral e individual en base a su informe, en ella el alumno deberá demostrar su autoría y todos los objetivos propuestos tanto a nivel de contenidos como de procedimientos.

La calificación final es un promedio ponderado de los tres parciales con un peso de 1, una nota de referencia de laboratorio, y la nota del final, con un peso de 3. Para los alumnos que promocionan, hasta ahora, el sistema de notas de la FRBA calculaba directamente los promedios.

## **Análisis de Resultados**

Mediante la presente propuesta, se ha podido ofrecer a los estudiantes un conjunto más completo e integrado de conceptos pertinentes a la asignatura.

El hecho de analizar los problemas planteados en las prácticas de laboratorio como así también en las guías de análisis grupales, contribuyen a estimular el desarrollo habilidades que necesitarán los futuros ingenieros en el momento de su ejercicio profesional.

La modalidad de seminario para la presentación de los trabajos de laboratorio ha contribuido al intercambio no solo entre los integrantes de un mismo grupo sino de todos los de la cohorte en general. Esta modalidad para los trabajos de laboratorio permite además evaluar el grado y profundidad del avance de los aprendizajes de los estudiantes, dado que se establece un intercambio muy rico entre todos los participantes.

Los alumnos han mostrado un destacado grado de originalidad en alguno de los análisis y soluciones propuestas.

Hay que destacar que desde su aprendizaje individual les permite personalizar el ritmo de estudio.

Adicionalmente, dada la libertad brindada para las presentaciones en los seminarios, se ha podido detectar la posible presencia de problemas en el proceso de aprendizaje de los estudiantes, como así también la manifestación de errores recurrentes. Estos si bien han sido muy escasos han posibilitado implementar estrategias para corregirlos.

La modalidad del examen final para los que no alcanzan la promoción ha contribuido rotundamente a que la cantidad y la calidad de los exámenes no se vean menguadas por la pandemia, lo que ha sido de gran ayuda para los estudiantes.

## Conclusiones

Por las consideraciones anteriores se infiere que el diseño de la presente asignatura es holístico, es decir no se puede analizar una parte separada del resto de las estrategias y actividades dado que están todas ellas estrechamente vinculadas.

Adicionalmente los alumnos se familiarizan con una actividad que los prepara para el *home office* que se ha acelerado de manera contundente con la emergencia de la pandemia.

La principal fortaleza de la presente implementación es la articulación entre sus partes y la relación dinámica entre ellas. Si bien todos los recursos y estrategias puestas en uso no son novedosas por sí mismos, la forma de integrarlas y de articularlas con conceptos muy actuales en la formación en ingeniería la hacen meritoria de consideración.

Finalmente, se puede afirmar que la modalidad de trabajo implementada durante la pandemia podrá continuar cuando se retorne a la presencialidad completa o formatos híbridos intermedios.

Como una línea de trabajo para mejorar lo que se ha presentado en esta experiencia, se puede proponer la gestión de recursos para mejorar los aspectos visuales de las presentaciones de las clases teórico-prácticas, para hacerlas no solo más amigables con los estudiantes sino para que puedan integrarse de forma digital con diversas fuentes de recursos educativos y de información.

## Referencias

- JOHRI, A., and OLDS, B. M. (Eds.), (2014). Cambridge handbook of engineering education research. Cambridge University Press.
- GRAHAM, R., (2018). The global state of the art in engineering education. Massachusetts Institute of Technology (MIT) Report, Massachusetts, USA.
- HADGRAFT, R. G., and KOLMOS, A., (2020). Emerging learning environments in engineering education. *Australasian Journal of Engineering Education*, 25(1), 3-16.
- CHEN, J., KOLMOS, A., and DU, X., (2021). Forms of implementation and challenges of PBL in engineering education: a review of literature. *European Journal of Engineering Education*, 46(1), 90-115.