



Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Nacional de San Luis
Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales
Departamento: Electrónica
Area: Electrónica

(Programa del año 2026)
(Programa en trámite de aprobación)
(Presentado el 26/06/2026 19:21:03)

I - Oferta Académica

Materia	Carrera	Plan	Año	Período
PROCESAMIENTO DIGITAL DE SEÑALES	ING. EN COMPUT.	28/12	2026	1° cuatrimestre
PROCESAMIENTO DIGITAL DE SEÑALES I	ING.ELECT.O.S.D	13/08	2026	1° cuatrimestre

II - Equipo Docente

Docente	Función	Cargo	Dedicación
COSTA, DIEGO ESTEBAN	Prof. Responsable	P.Adj Exc	40 Hs
LOOR, FERNANDO	Responsable de Práctico	A.1ra Simp	10 Hs

III - Características del Curso

Credito Horario Semanal				
Teórico/Práctico	Teóricas	Prácticas de Aula	Práct. de lab/ camp/ Resid/ PIP, etc.	Total
Hs	3 Hs	1 Hs	2 Hs	6 Hs

Tipificación	Periodo
B - Teoría con prácticas de aula y laboratorio	1° Cuatrimestre

Duración			
Desde	Hasta	Cantidad de Semanas	Cantidad de Horas
12/03/2026	23/06/2026	15	90

IV - Fundamentación

El Procesamiento Digital de Señales constituye un núcleo tecnológico y científico fundamental en el ciclo superior de la Ingeniería Electrónica y la Ingeniería en Computación. La asignatura provee las bases analíticas y experimentales para el tratamiento de señales en tiempo discreto, operando como un puente crítico hacia las telecomunicaciones, el control automático y los sistemas embebidos de tiempo real.

En relación con las actividades profesionales de la Ingeniería en Electrónica, la materia aporta de manera directa a la capacidad de diseñar, proyectar y certificar sistemas de procesamiento, conversión y utilización de señales. Asimismo, tributa a las competencias del Ingeniero en Computación en lo relativo al diseño y desarrollo de sistemas embebidos, arquitecturas de hardware dedicadas y software crítico en tiempo real (firmware) destinado al procesamiento de datos digitales. Su inclusión en 4to año garantiza que el estudiante integre las herramientas matemáticas de las ciencias básicas con las restricciones físicas y de cómputo de los sistemas reales, consolidando el perfil de egreso tecnológico y aplicado de ambas carreras.

V - Objetivos / Resultados de Aprendizaje

RA1: Modelar y analizar señales y sistemas lineales e invariantes en el tiempo discreto (LTI) en los dominios temporal y frecuencial, utilizando transformadas matemáticas (Z, DTFT, DFT) y herramientas de simulación computacional, con el fin de caracterizar su comportamiento espectral y su estabilidad dinámica.

RA2: Diseñar y optimizar filtros digitales de respuesta impulsiva finita (FIR) e infinita (IIR) que cumplan con

especificaciones técnicas preestablecidas, evaluando comparativamente diferentes métodos de aproximación y estructuras de realización mediante software profesional.

RA3: Implementar algoritmos de filtrado (FIR/IIR) y análisis frecuencial en tiempo real sobre procesadores digitales de señales (DSP) y plataformas de hardware embebido, configurando adecuadamente las etapas de conversión A/D-D/A y mitigando los efectos de la longitud de palabra finita (cuantización y punto fijo).

RA4: Resolver en equipo un proyecto integrado de diseño de procesamiento de señales aplicadas, comunicando los resultados mediante informes técnicos escritos y defensas orales.

VI - Contenidos

Tema 1: Análisis de señales y sistemas con Transformada de Fourier y Transformada Z.

Señales y Sistemas en Tiempo Discreto. Convolución. Transformada de Fourier de Tiempo Discreto. Transformada Z. Análisis de señales y sistemas lineales e invariantes en el tiempo: Relación entre la convolución, ecuación en diferencias, respuesta impulsiva, función de transferencia y respuesta en frecuencia. Sistemas FIR e IIR. Respuesta natural, respuesta forzada y condiciones iniciales.

Tema 2: Transformada Discreta de Fourier.

Transformada Discreta de Fourier (DFT). Definición y propiedades. Interpretaciones: Muestreo del espectro de una secuencia o espectro de la extensión periódica de una secuencia. Relación de la DFT con otras transformadas. Método de filtrado lineal basado en la DFT. Análisis frecuencial usando la DFT. Algoritmo de la FFT.

Tema 3: Muestreo y reconstrucción.

Muestreo en el dominio del tiempo. Teorema del muestreo. Representación y muestreo de señales paso banda. Procesado discreto de señales continuas. Conversión A/D y D/A. Muestreo y retención. Retenedor de primer orden. Cuantización.

Tema 4: Estructura de filtros.

Estructuras para sistemas FIR: Estructura en forma directa, en cascada, de muestreo en frecuencia, en celosía. Estructuras para sistemas IIR. Estructuras en forma directa, en cascada, en paralelo, en celosía escalonada. Transposición.

Tema 5: Filtros FIR.

Diseño de Filtros digitales. Causalidad y sus implicancias. Diseño de filtros FIR de fase lineal: Método de las ventanas, de muestreo en frecuencia y óptimo con rizado constante. Análisis comparativo de los métodos.

Tema 6: Filtros IIR.

Diseño de filtros IIR a partir de filtros analógicos: Mediante la transformación invariante al impulso, por transformación bilineal y por aproximación de derivadas. Transformación de frecuencia. Diseño de filtros digitales basado en el método de mínimos cuadrados.

Tema 7: Implementación de sistemas para el procesamiento digital de señales.

Descripción y comparación de los diferentes sistemas o plataformas para el procesamiento digital de señales: Procesador Digital de Señales (DSP), Arreglo de Compuertas Programables en el Campo de Trabajo (FPGA), Sistemas en Chip (SoC), Circuitos Integrados de Aplicación Específica (ASIC), microprocesadores y computadoras. Desarrollo de ejemplos de aplicación.

VII - Plan de Trabajos Prácticos

A. PRÁCTICAS DE EJERCICIOS DE CÁLCULO Y SIMULACIÓN:

1. Transformada Discreta de Fourier.
2. Muestreo y reconstrucción.
3. Estructura de filtros.
4. Filtros FIR.
5. Filtros IIR.

B. PRÁCTICAS DE EJERCICIOS DE LABORATORIO

1. Análisis frecuencial con Transformada Discreta de Fourier.
2. Muestreo y reconstrucción. Cuantización. Introducción al kit del DSP. Uso del ensamblador y depurador.
3. Filtros FIR.
4. Filtros IIR.

C. INTEGRACIÓN, ABORDAJE Y EVALUACIÓN DE EJES TRANSVERSALES EN LOS TRABAJOS PRÁCTICOS.

En el desarrollo de las prácticas de aula, simulación y laboratorio, se abordan y evalúan de manera explícita los siguientes Ejes Transversales (Nivel 2 - Medio) definidos por el estándar nacional:

Eje Transversal: Identificación, formulación y resolución de problemas de ingeniería.

Cómo se aborda: En cada guía de trabajos prácticos de cálculo y simulación se presentan problemas basados en escenarios reales (ej. eliminación de interferencias de red en señales o atenuación de ruido de alta frecuencia en canales de comunicación). Cada estudiante debe aislar las variables del problema, proponer el modelo matemático y simular la solución analítica preliminar antes de la instancia física.

Cómo se evalúa: Monitoreo directo en el aula durante la resolución y mediante la entrega y corrección de las simulaciones computacionales, validando el criterio técnico adoptado para la solución.

Eje Transversal: Concepción, diseño y desarrollo de proyectos de ingeniería.

Cómo se aborda: Se canaliza centralmente a través del Trabajo Final Integrador (Aprendizaje Basado en Proyectos). Cada estudiante recibe un pliego de especificaciones técnicas (frecuencias de corte y ancho de banda de transición, rizado admisible, atenuación en banda de rechazo, y eventualmente, requisitos respecto a los recursos o a las técnicas de diseño a utilizar) y debe concebir el flujo completo del sistema: calcular los coeficientes, elegir la estructura de realización (directa, cascada, etc.), simular el comportamiento con palabra finita y programar el procesador DSP. Asimismo, debe realizar la implementación en bloques de simulación y realizar la comprobación del modelo.

Cómo se evalúa: Mediante una rúbrica específica aplicada a la entrega de un Informe Técnico del Proyecto y la demostración funcional del hardware en el laboratorio, contrastando las especificaciones de partida con los resultados medidos.

Eje Transversal: Gestión, planificación, ejecución y control de proyectos de ingeniería.

Cómo se aborda: En el Trabajo Final Integrador, los equipos deben administrar el tiempo acotado del cuatrimestre, planificar las etapas secuenciales (diseño teórico, simulación y posterior programación del hardware) y controlar los desvíos temporales para llegar a la fecha de entrega.

Cómo se evalúa: Mediante el seguimiento docente en las ventanas de consulta técnica y la evaluación del cumplimiento de los hitos intermedios de ejecución del proyecto plasmados en el informe.

Eje Transversal: Utilización de técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería.

Cómo se aborda: Durante los Laboratorios 2, 3 y 4, el estudiantado interactúa obligatoriamente con herramientas de nivel profesional: entornos de desarrollo integrado (IDE) para el DSP, depuradores por hardware, etc., e instrumental como generadores de señales, osciloscopios y analizadores de espectros, además de software de simulación numérico.

Cómo se evalúa: Mediante la observación del desempeño en la práctica y metodología de cada estudiante en la mesa de trabajo del laboratorio (uso correcto del instrumental y optimización del código), plasmado en la aprobación de los Informes Técnicos de Laboratorio.

Eje Transversal: Generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas.

Cómo se aborda: Al introducir en el Laboratorio 2 y en las clases especiales las restricciones físicas reales de los sistemas (ruido de cuantización, desborde en punto fijo, optimización del lazo de procesamiento en tiempo real), se estimula al estudiantado, a proponer soluciones algorítmicas eficientes y adaptaciones de hardware o alternativas que van más allá de la teoría.

Cómo se evalúa: Evaluación del grado de optimización del código fuente entregado y la resolución de contingencias de desborde/saturación en la implementación práctica.

Eje Transversal: Fundamentos para una comunicación efectiva.

Cómo se aborda: El estudiantado debe estructurar la documentación técnica (informes de laboratorio y del proyecto final) respetando el vocabulario preciso de la especialidad, diagramas de bloques normalizados y gráficos de respuesta en frecuencia. Asimismo, debe abordarse la comunicación interpersonal técnica dentro del equipo de trabajo.

Cómo se evalúa: Mediante rúbricas de evaluación aplicadas a la redacción del informe escrito y a la Exposición Oral de la defensa colectiva del Proyecto Final.

Eje Transversal: Fundamentos para el aprendizaje continuo.

Cómo se aborda: A través del uso de la plataforma Moodle (Aula Virtual), donde se proveen hojas de datos de los componentes, manuales de referencia de la arquitectura del DSP (Application Notes), guías de ejemplo para el aprendizaje guiado y continuo, y guías con resultados numéricos de autocorrección, promoviendo la autonomía en la búsqueda de información técnica complementaria, el desarrollo de las técnicas de diseño y solución de problemas por comparación con ejemplos, y la práctica guiada con mecanismos de autocorrección que promueven una actitud activa durante la resolución de problemas.

Cómo se evalúa: Monitoreo del avance autónomo en las actividades no presenciales preparatorias obligatorias requeridas antes de ingresar al laboratorio físico.

Eje Transversal: Fundamentos para el desarrollo de una actitud profesional emprendedora.

Cómo se aborda: Se promueve que el Trabajo Final Integrador no sea una mera réplica de ejercicios de clase, sino una solución proactiva donde el grupo asume el rol de una consultora de ingeniería frente a una necesidad de procesamiento de señales específica, evaluando la factibilidad técnica, la comparación de las diferentes soluciones posibles, los recursos disponibles, la viabilidad, y la justificación técnica y económica de la plataforma elegida.

Cómo se evalúa: Evaluación de la justificación de ingeniería realizada por el grupo durante la defensa oral al argumentar por qué su diseño y la arquitectura seleccionada (DSP) es la solución óptima frente a otras alternativas tecnológicas.

VIII - Regimen de Aprobación

RÉGIMEN DE PROMOCIÓN CON EXAMEN FINAL

Condiciones para obtener la regularidad:

Asistencia mínima del 80% a las clases de práctica (de cálculo, simulación y laboratorio).

Aprobación de la parte práctica de las evaluaciones parciales (calificación igual o superior a 7/10). Cada examen parcial tendrá las recuperaciones establecidas por la normativa de la UNSL.

Realización de las experiencias de laboratorio y aprobación de sus informes.

Aprobación del trabajo final de diseño, con informe, exposición oral e implementación práctica.

RÉGIMEN DE PROMOCIÓN SIN EXAMEN FINAL

Condiciones para obtener la promoción:

Cumplir con los requisitos para obtener la regularidad.

Aprobación de la parte teórica de las evaluaciones parciales (calificación igual o superior a 7/10). Cada examen parcial tendrá las recuperaciones establecidas por la normativa de la UNSL.

Aprobación del coloquio integrador.

EXAMEN LIBRE

Se admite la inscripción en condición de alumno libre. Se requiere la realización y aprobación de la parte práctica (ejercicios, simulaciones y laboratorios) y trabajo final.

IX - Bibliografía Básica

- [1] Lyons, R. G. (2010). Understanding Digital Signal Processing (3rd ed.). Prentice Hall.
- [2] Proakis, J. G., & Manolakis, D. G. (2007). Tratamiento digital de señales: Principios, algoritmos y aplicaciones (4ta ed.). Pearson Educación.
- [3] Oppenheim, A. V., & Schafer, R. W. (2000). Tratamiento de señales en tiempo discreto (2da ed.). Prentice Hall.

X - Bibliografía Complementaria

- [1] Gan, W. S., & Kuo, S. M. (2007). Embedded Signal Processing with the Micro Signal Architecture. John Wiley & Sons.
- [2] Welch, T. B., Wright, C. H. G., & Morrow, M. G. (2017). Real-Time Digital Signal Processing from MATLAB to C with the TMS320C6x DSPs (3rd ed.). CRC Press.
- [3] Crockett, L. H., Northcote, D., Ramsay, C., Robinson, C., & Stewart, R. W. (2014). The Zynq Book: Embedded Processing with the ARM Cortex-A9 on the Xilinx Zynq-7000 All Programmable SoC. Strathclyde Academic Media.
- [4] Meyer-Baese, U. (2014). Digital Signal Processing with Field Programmable Gate Arrays (4th ed.). Springer.
- [5] Soria Olivas, E., Martínez Sober, M., Francés Villora, J. V., & Camps Valls, G. (2003). Tratamiento digital de señales: Problemas y ejercicios resueltos. Prentice Hall.

XI - Resumen de Objetivos

Brindar las bases teóricas y prácticas con señales y sistemas de tiempo discreto, muestreo en el tiempo y la frecuencia, y diseño de filtros FIR e IIR.

XII - Resumen del Programa

1. Análisis de señales y sistemas Lineales e Invariantes en el tiempo con Transformada de Fourier y Transformada Z.
2. Transformada Discreta de Fourier: propiedades y aplicaciones.
3. Muestreo y reconstrucción de señales. Teorema del muestreo.
4. Implementación de sistemas en tiempo discreto. Estructuras para sistemas IIR y FIR.
5. Diseño de Filtros Digitales FIR.
6. Diseño de Filtros Digitales IIR.
7. Descripción de un procesador digital de señales (DSP) básico y desarrollo de ejemplos de aplicación para la implementación de sistemas para el procesamiento digital de señales.

XIII - Imprevistos

XIV - Otros

Metodología de la enseñanza

La metodología de la enseñanza se sustentará en un enfoque de construcción conceptual participativa. Las clases se inician con la exposición de los fundamentos conceptuales y leyes básicas a cargo de quienes integran el equipo docente. A partir de este marco inicial, mediante el planteo de interrogantes y escenarios de discusión teórica, se promueve la transformación del aula en un espacio de análisis colectivo y debate guiado, posicionando al estudiantado como sujeto activo y preparando el camino para el trabajo en equipo que requiere el ejercicio profesional. Mediante el planteo de problemas, preguntas dinamizadoras y la discusión grupal, se orientará la deducción, articulación y desarrollo de los conceptos derivados y de mayor complejidad, fomentando el pensamiento crítico y la autonomía cognitiva.

Las clases teóricas abordan los marcos analíticos y fundamentos conceptuales esenciales para el desarrollo de los contenidos de la asignatura, las herramientas de representación matemáticas y el modelado de las señales y los sistemas digitales,

promoviendo el análisis de los conceptos teóricos que sustentan los métodos de cálculo y diseño de sistemas de procesamiento de señales digitales. También se presentarán y resolverán ejemplos de integración de los conceptos teóricos con la práctica concreta. Para el desarrollo de las clases, se adoptará una estrategia de guiado para el descubrimiento de los nuevos conceptos contenidos en el programa, fomentando el aprendizaje colaborativo. La dinámica áulica partirá de la presentación de los núcleos teóricos esenciales para luego articular instancias de construcción colectiva. A través de la interacción activa del estudiantado, el análisis de ejemplos y la deducción lógica, se promoverá el avance grupal hacia la formulación de las aplicaciones y derivaciones conceptuales, transformando el aula en un taller de co-diseño colaborativo del conocimiento.

Las clases prácticas abordarán la resolución de problemas: espacios dedicados a la aplicación de la teoría mediante guías de ejercicios de cálculo, modelado y simulación, así como actividades experimentales para la manipulación de instrumental y la implementación de los sistemas de procesamiento calculados, modelados y simulados previamente.

Las Guías de Ejercicios de Cálculo contienen problemas para resolver que requieren la aplicación de la teoría a casos concretos. El objetivo es brindar entrenamiento para el análisis de señales y sistemas digitales y afrontar los distintos casos de diseño de filtros. En las clases de práctica se explica la resolución de algunos ejemplos típicos que pueden servir de guía para el trabajo individual sobre los ejercicios. Los resultados de los ejercicios se publicarán para autocorrección.

Las evaluaciones parciales contienen problemas de cálculo para resolver. Tienen por objetivo verificar el cumplimiento individual de los objetivos planteados en cada unidad temática.

Las Guías de Ejercicios de Simulación proponen la confección de programas para hacer cálculos complejos típicos de diseño, que pueden ser útiles en la vida profesional. Estos permiten predecir el comportamiento de los ejercicios de laboratorio o pueden ser aplicados a ejemplos propuestos en la misma guía para comprobación. Los problemas de simulación se realizan en las clases de práctica. Los resultados de los ejercicios se publican para autocorrección.

El aprendizaje basado en proyectos y problemas permite alcanzar los objetivos de la asignatura en torno a un proyecto integrador que el estudiantado debe resolver a lo largo del cuatrimestre, trabajando en equipo de manera más autónoma, con la guía docente. El proyecto consiste en un trabajo de diseño de filtros digitales que permite integrar los conocimientos adquiridos. Debe presentarse un informe escrito con detalles de cálculo del proyecto, la forma de resolución, gráficas, diagramas, el archivo de simulación y la presentación de la implementación práctica del sistema para demostrar su funcionamiento según las especificaciones.

Las Guías de Ejercicios de Laboratorio contienen experiencias que permiten verificar el comportamiento de las señales analizadas y los sistemas calculados, abordando los distintos problemas y situaciones reales que se presentan en la implementación, como los errores de medida e inserción de instrumentos, limitaciones físicas, manejo del hardware y software, etc. La ejecución de las experiencias de laboratorio se realiza en las clases de práctica. Los resultados de las experiencias deben presentarse para su revisión al finalizar la clase.

Las guías están confeccionadas para aprovechar al máximo las prácticas con el tiempo, el plantel docente y el instrumental disponible, y requieren la realización previa de los ejercicios de cálculo y simulación, ya que se necesitan coeficientes o valores obtenidos previamente para realizar el laboratorio.

El uso de entornos virtuales permite la articulación de las clases presenciales con el aula virtual utilizando la plataforma Moodle, donde se alojan los materiales elaborados con resúmenes de teoría, guías de ejercicios, repositorios de códigos de simulación y laboratorio, aplicaciones de código abierto para la instrumentación virtual, y la comunicación de información, calificaciones, entrega y corrección de trabajos didácticos, etc.

A continuación, se detalla la instancia o actividad práctica asociada, y el instrumento de evaluación de evidencia directa para cada Resultado de Aprendizaje (RA).

RA1 (Análisis y Modelado): Prácticas de Ejercicios 1 y 2. Evaluación mediante Examen Parcial 1, e informe técnico del Laboratorio 1.

RA2 (Diseño de Filtros): Prácticas de Ejercicios 3, 4 y 5 y Laboratorios 3 y 4. Evaluación mediante Examen Parcial 2, informe técnico del Laboratorio 3 y 4.

RA3 (Implementación DSP): Laboratorios 2, 3 y 4. Evaluación mediante informe técnico de los Laboratorios 2, 3 y 4.

RA4 (Proyecto Integrador): Trabajo Final de Diseño. Evaluación mediante informe escrito y exposición oral grupal del

ELEVACIÓN y APROBACIÓN DE ESTE PROGRAMA	
	Profesor Responsable
Firma:	
Aclaración:	
Fecha:	