



*Ministerio de Capital Humano  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado*

**APRUEBA CURSO DE POSGRADO  
DEL DOCTORADO EN INGENIERÍA,  
MENCIÓN INDUSTRIAL Y MENCIÓN SISTEMAS DE INFORMACIÓN**

Buenos Aires, 4 de septiembre de 2024

VISTO la Resolución N° 582/24 del Decano, ad-Referéndum del Consejo Directivo de la Facultad Regional Santa Fe, a través de la cual se solicita la aprobación y autorización de implementación del Curso de Posgrado "Optimización Matemática y Aplicaciones en Programación de la Producción", para la carrera de Doctorado en Ingeniería, mención Industrial y mención Sistemas de Información, y

**CONSIDERANDO:**

Que, mediante Resoluciones N° 1524/09 y 1670/12, el Consejo Superior autorizó a la Facultad Regional Santa Fe a dictar la carrera de Doctorado en Ingeniería, mención Industrial y mención Sistemas de Información, respectivamente.

Que el curso propuesto pretende brindar a los/as participantes una visión general de las técnicas modernas disponibles para la programación de operaciones o "scheduling", desde los principios básicos de optimización, incluyendo la revisión de los conceptos fundamentales de programación matemática lineal y mixta-entera lineal, junto con las herramientas y habilidades necesarias para implementar los modelos matemáticos específicos en soluciones concretas, respondiendo a la necesidad de aportar herramientas valiosas para la resolución de problemas de programación de la producción en las organizaciones.

Que la Facultad Regional Santa Fe cuenta con un plantel de docentes de elevado nivel académico y profesional, además de una prolongada y amplia experiencia en el dictado de cursos y seminarios vinculados al propuesto.



*Ministerio de Capital Humano  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado*

Que la Comisión de Posgrado de la Universidad ha analizado los antecedentes que acompañan la solicitud y avala la presentación, y la Comisión de Ciencia, Tecnología y Posgrado recomienda su aprobación.

Que el dictado de la medida se efectúa en uso de las atribuciones otorgadas por el Estatuto Universitario.

Por ello,

EL CONSEJO SUPERIOR DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

ORDENA:

ARTÍCULO 1°.- Aprobar el currículo del Curso de Posgrado "Optimización Matemática y Aplicaciones en Programación de la Producción", para la carrera de Doctorado en Ingeniería, mención Industrial y mención Sistemas de Información, que figura en el Anexo I y es parte integrante de la presente Ordenanza.

ARTÍCULO 2°.- Autorizar el dictado del mencionado curso en la Facultad Regional Santa Fe, con el cuerpo docente que figura en el Anexo II y es parte integrante de la presente Ordenanza, en el marco de lo establecido por la Ordenanza N° 1924 y las Resoluciones C.S. N° 1524/09 y 1670/12.

ARTÍCULO 3°.- Establecer que la propuesta mencionada en el Artículo precedente quedará supeditada al cronograma de dictado de las correspondientes actividades académicas de la Facultad Regional.

ARTÍCULO 4°.- Regístrese. Comuníquese y archívese.

ORDENANZA N° 2078

UTN
p.f.d.
l.p.
m.m.m.



Ministerio de Capital Humano  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado

**ORDENANZA N° 2078**

**ANEXO I**

**CURSO DE POSGRADO**

**“OPTIMIZACIÓN MATEMÁTICA Y APLICACIONES EN PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN”**

**DOCTORADO EN INGENIERÍA,**

**MENCIÓN INDUSTRIAL Y MENCIÓN SISTEMAS DE INFORMACIÓN**

**1. FUNDAMENTACIÓN**

Los problemas de optimización pueden ser formulados con modelos matemáticos que incluyen variables de decisión continuas y discretas, las cuales deben ser seleccionadas para satisfacer restricciones de igualdad o desigualdad, mientras se busca minimizar o maximizar un dado funcional objetivo. Las aplicaciones de programación matemática abarcan una amplia variedad de problemas, desde la planificación logística y la gestión de la cadena de suministro hasta la asignación eficiente de recursos en la producción industrial, resultando así una herramienta esencial para la toma de decisiones estratégicas.

En este curso se aborda como aplicación la programación de operaciones de corto plazo o “scheduling”, un proceso de toma de decisiones que involucra la asignación de recursos limitados a tareas a realizar en el tiempo, con la meta de optimizar uno o más objetivos. Esta actividad es habitual en un amplio rango de sectores, que varían desde las prestaciones de servicios hasta los deportes, y desde la educación hasta la manufactura. En los procesos industriales aparece, entre otras áreas, en los sectores de petróleo, farmacéuticos, química fina, bebidas, alimentos, etc. En muchas industrias existe evidencia significativa indicando que el uso de métodos avanzados de programación de operaciones puede generar ahorros anuales del orden de múltiples millones de dólares.

La programación de operaciones aplicada a procesos industriales y químicos es un área



*Ministerio de Capital Humano  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado*

relativamente nueva. Aunque los primeros artículos que presentan métodos sistemáticos al respecto datan de la década del 70, esta temática tomó impulso dentro de la Ingeniería de Sistemas de Procesos (PSE – Process Systems Engineering) recién a finales de los 90. Su rol, ya más consolidado en la academia, va dando lugar a un mayor número de experiencias de transferencias exitosas a la industria. Dado que las compañías industriales se enfrentan a requerimientos cada vez mayores de diversificación y personalización de su cartera de productos, es de esperar que la demanda de soluciones eficientes para la programación de operaciones siga aumentando.

Un rasgo distintivo de los problemas de “scheduling”, en general, es que aparecen en muchos tipos de plantas o ambientes productivos, y están sujetos a una amplia variedad de características del proceso y restricciones operativas, resultando, por lo tanto, en una extensa variedad de clases de problemas. Considerando las características y complejidad de resolución particulares para los múltiples problemas, en lugar de contar con modelos generales, se han propuesto y estudiado una variedad de metodologías matemáticas que resultan aplicables a subconjuntos de problemas.

## **2. JUSTIFICACIÓN**

La resolución de problemas de programación de la producción resulta una capacidad crítica para las organizaciones que desean adaptarse y competir en un contexto global de progreso tecnológico cada vez más acelerado, con constante demanda de nuevos productos y mayores expectativas de los clientes. Comenzando con los principios básicos de optimización, incluyendo la revisión de los conceptos fundamentales de programación matemática lineal y mixta-entera lineal, este curso brindará al alumno una visión general de las técnicas modernas disponibles para la programación de operaciones o “scheduling”, junto con las herramientas y habilidades necesarias para implementar los modelos matemáticos específicos en soluciones concretas.



*Ministerio de Capital Humano  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado*

### **3. OBJETIVOS**

El objetivo del curso es el estudio, comprensión y aplicación de técnicas de optimización matemática a la resolución de problemas de programación de operaciones de producción, considerando los distintos tipos de plantas, ambientes productivos, características del proceso y equipamiento disponible.

Al finalizar el curso se pretende que el/la estudiante sea capaz de:

- Comprender los conceptos teóricos de la optimización matemática, en particular la programación matemática mixta-entera lineal y sus métodos de solución.
- Desarrollar modelos matemáticos que requieran variables de decisión discretas e involucren condiciones lógicas, identificando alternativas para simplificar las representaciones y reducir la complejidad de resolución.
- Identificar las características de los problemas de programación de operaciones en casos de estudio reales, y decidir las formulaciones, ya sea clásicas o proponiendo alternativas, aplicables según la situación.
- Implementar formulaciones matemáticas para problemas de programación de operaciones de plantas industriales, ya sean académicos o industriales, utilizando adecuadamente los lenguajes de modelado o de programación especializados, y obteniendo soluciones óptimas o de buena calidad en tiempos competitivos.
- Proponer la solución a un problema real o académico desarrollando modelos propios que combinen o son adaptaciones de las técnicas aprendidas, identificando los límites de complejidad de resolución y proponiendo estrategias de descomposición del problema para enfrentar dicha limitación.

### **4. CONTENIDOS MÍNIMOS**

**Unidad 1.** Repaso de conceptos básicos de optimización. Ecuaciones no lineales. Condiciones de optimalidad. Condiciones de Karush-Khun-Tucker. Programación matemática lineal y mixta-



*Ministerio de Capital Humano  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado*

entera lineal. Métodos simplex y de punto interior. Algoritmo branch-and-bound y planos cortantes. Solvers académicos y comerciales. Modelado de decisiones discretas y condiciones lógicas. Modelado de disyunciones. Programación disyuntiva generalizada. Programación con restricciones. Programación mixta-entera no-lineal. Optimización global.

**Unidad 2.** Introducción a la Programación de Operaciones, definición y aplicaciones. Rol en el proceso jerárquico de decisiones de la organización y en la cadena de suministro. Tipos de ambientes de producción. Manufactura discreta. Ambientes de producción secuenciales y con estructura de red. Receta de procesamiento, representaciones. Caracterización de los recursos de producción: unidades de procesamiento, recursos renovables y no-renovables, dispositivos de almacenamiento. Funciones objetivo. Metodologías de resolución. Clasificación de complejidad del problema. Métodos exactos y aproximados. Caracterización general de los modelos MILP para “Scheduling”.

**Unidad 3.** Formulaciones matemáticas para procesos secuenciales. Ambientes de producción monoetapa. Modelos continuos: ranuras de tiempo (time-slots), precedencia inmediata y general, grilla de tiempo continua. Modelos de tiempo discreto. Ambientes de producción multietapa multiproducto/multipropósito. Adaptación de modelos continuos y discretos. Tiempos de transición o changeover. Restricciones topológicas. Restricciones de recursos compartidos, tanques de almacenamiento de productos intermedios y finales. Batching o selección y dimensionamiento de lotes.

**Unidad 4.** Formulaciones matemáticas para procesos con estructura de red. Problema monolítico: batching + scheduling. Representaciones de recetas de procesamiento: STN y RTN. Modelos de tiempo discreto. Modelos de grilla de tiempo continua, general o dependiente del equipo/recurso. Producción y consumo de material durante el procesamiento. Restricciones de almacenamiento y transferencia de material. Tiempos de transición. Deterioro y mantenimiento de equipos.



*Ministerio de Capital Humano  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado*

**Unidad 5.** Métodos avanzados de solución. Preprocesamiento y ajuste de la región factible. Reformulaciones. Parametrización del solver. Modelo discreto basado en múltiples grillas de tiempo. Métodos de descomposición de problemas: Descomposición Lagrangeana y de Benders. Ejemplos de aplicación. Modelado de procesos continuos. Scheduling cíclico. Scheduling dinámico. Integración con problemas de Diseño, Planificación y Control. Integración con la cadena de suministro.

## **5. DURACIÓN**

El curso tendrá una duración de SESENTA (60) horas.

## **6. METODOLOGÍA**

El curso se llevará a cabo en 10 clases, de las cuales 6 serán de tipo teórico-práctico, donde se expondrán los conceptos teóricos y se presentarán ejemplos y casos de estudio de la literatura, con el propósito de afianzar los conocimientos. El resto serán clases prácticas, donde se trabajará en la resolución de ejercicios de aplicación concreta de los conceptos presentados, mediante su implementación en un lenguaje de programación o modelado matemático. Además, los/as estudiantes deberán realizar actividades de ejercitación práctica por fuera del horario de clases.

El curso dará mayor énfasis a la formación práctica para la resolución de problemas. Se favorecerá la discusión entre los/as estudiantes a través de casos de estudio basados en situaciones reales. En la realización de los trabajos prácticos se favorecerá la propuesta de parte de los/as estudiantes de modelar e implementar aplicaciones de las metodologías estudiadas a problemas académicos o industriales de interés para el plan de tesis de los/as estudiantes de posgrado, o para la empresa del/a profesional independiente que asista al curso.



*Ministerio de Capital Humano  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado*

## **7. EVALUACIÓN Y APROBACIÓN**

Los alumnos deberán:

- Registrar un 80% de asistencia
- Presentar la resolución de guías de problemas a realizar en forma individual
- Presentar y defender un trabajo práctico final
- Aprobar un examen final escrito individual



*Ministerio de Capital Humano  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado*

**ORDENANZA N° 2078**

**ANEXO II**

**CURSO DE POSGRADO**

**“OPTIMIZACIÓN MATEMÁTICA Y APLICACIONES EN PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN”**

**DOCTORADO EN INGENIERÍA,**

**MENCIÓN INDUSTRIAL Y MENCIÓN SISTEMAS DE INFORMACIÓN**

**FACULTAD REGIONAL SANTA FE**

***Docente***

- Dr. Pablo Andrés MARCHETTI (DNI 25.480.563)

-----