



Ministerio de Educación  
Universidad Tecnológica Nacional  
Facultad Regional Rosario

Rosario, 12 de noviembre de 2021.-

VISTO El expediente I.D. N° 8127438 presentado por el Consejo Departamental de Ingeniería Química, relacionado con el programa analítico de la asignatura electiva "Aplicación de Programación Matemática para el Diseño y Optimización de Procesos y Sistemas", de la carrera Ingeniería Química, y

CONSIDERANDO

Que los objetivos y contenidos del mismo se ajustan a la reglamentación vigente.

Que dicho programa cuenta con el aval del respectivo Consejo Departamental.

Que la Comisión de Enseñanza evaluó la presentación y aconsejó su aprobación.

Por ello y atento a las atribuciones otorgadas por el artículo 85° del Estatuto Universitario.

EL CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD REGIONAL ROSARIO  
DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

RESUELVE:

ARTÍCULO 1°.- Aprobar el programa analítico de la asignatura electiva "Aplicación de Programación Matemática para el Diseño y Optimización de Procesos y Sistemas", que se agrega como Anexo I de la presente resolución, de la carrera Ingeniería Química a partir del Ciclo Lectivo 2022.

ARTÍCULO 2°.- Establecer que la misma tendrá validez durante cuatro ciclos lectivos consecutivos, según la Ordenanza N° 1383 – Lineamientos para la implementación de asignaturas electivas para las carreras de grado en el ámbito de la Universidad.

ARTÍCULO 3°.- Regístrese. Comuníquese. Cumplido, archívese.

RESOLUCIÓN N° 427

UTN
FRRo
C.D.
S.R.

Ing. Rubén Fernando CICCARELLI  
Decano

Ing. Antonio Luis MUIÑOS  
Secretario Académico



# RESOLUCION N° 427 ANEXO N° 1

## PROGRAMA ANALÍTICO

### I. DATOS GENERALES DE LA ACTIVIDAD CURRICULAR

ASIGNATURA			
APLICACIÓN DE PROGRAMACIÓN MATEMÁTICA PARA EL DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS Y SISTEMAS			
NOMBRE REDUCIDO DE LA ASIGNATURA			
Optimización utilizando programación matemática			
CARRERA	DEPARTAMENTO	PLAN DE ESTUDIOS	CARÁCTER
Ingeniería Química	Ingeniería Química	2004	Electiva
BLOQUE		ÁREA DE CONOCIMIENTO	
Tecnologías aplicadas		Diseño sistémico de procesos	
CARGA HORARIA ANUAL (hs cátedra)		RÉGIMEN DE DICTADO	
128		Anual	
CORRELATIVIDADES			
	Aprobadas	Regulares	
Para cursar:	Haga clic aquí para escribir texto.	Termodinámica, Operaciones Unitarias I, Operaciones Unitarias II, Tecnología de la Energía Térmica	
Para rendir:	Termodinámica, Operaciones Unitarias I, Operaciones Unitarias II, Tecnología de la Energía Térmica	Haga clic aquí para escribir texto.	

### II. FUNDAMENTACIÓN DE LA MATERIA DENTRO DEL PLAN DE ESTUDIOS

De la propia experiencia académica y profesional se puede advertir que el estudiante avanzado de ingeniería tiene una idea intuitiva vaga del concepto de optimización en ingeniería. El estudiante asocia "optimización" con "hacer algo más eficiente" pero no sabe cómo hacerlo, y mucho menos, qué herramientas o técnicas dispone para ello.

Dentro de este contexto, el dictado de esta asignatura se fundamenta en la necesidad de enseñar al estudiante la optimización de procesos y sistemas desde la perspectiva de la formulación, implementación y resolución de modelos matemáticos de equipos, operaciones y procesos unitarios, con base en la técnica de programación matemática, aprovechando que en las asignaturas matemáticas previas se estudian muchos de los fundamentos teóricos que se requieren para un tratamiento formal del tema.

### III. ARTICULACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL CON OTRAS MATERIAS

Esta materia se integra con las asignaturas que conforman el bloque de las tecnologías básicas y aplicadas. Específicamente con contenidos relacionados a ecuaciones de balance de materia,



energía y cantidad de movimiento, las operaciones unitarias, la termodinámica, la fisicoquímica y la economía aplicada a procesos.

#### IV. OBJETIVOS

El alumno deberá adquirir la capacidad de:

- ✓ Distinguir entre un modelo de simulación y un modelo de optimización.
- ✓ Saber formular, implementar, resolver y analizar las soluciones de un modelo de optimización de un caso de estudio típico de ingeniería química considerando funciones objetivo-energéticas, económicas o ambientales, de acuerdo a la naturaleza del caso de estudio examinado.
- ✓ Adquirir los conocimientos indispensables del manejo del software de modelado y optimización de propósito general GAMS (General Algebraic Modelling System)
- ✓ Distinguir el tipo de soluciones que se pueden obtener al resolver un problema de optimización lineal, no lineal, mixto entero lineal y mixto entero no lineal, aplicando programación matemática.

Se espera que los alumnos al finalizar el cursado adquieran las siguientes competencias:

##### A) Competencias Tecnológicas

1. Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.

Deberá ser capaz de delimitar el problema y formularlo de manera clara y precisa.

2. Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería. Deberá ser capaz de interpretar los resultados que se obtengan de la aplicación de las diferentes técnicas y herramientas utilizadas.

##### B) Competencias Sociales Políticas y Actitudinales

1. Comunicarse con efectividad. Deberá ser capaz de manejar las herramientas informáticas apropiadas para la elaboración de informes y presentaciones

#### V. CONTENIDOS

Unidad 1: Aspectos teóricos de optimización lineal y no-lineal. Conjuntos convexos y funciones convexas. Propiedades básicas de las funciones convexas.

Unidad 2: Programación matemática lineal LP. Optimización lineal con restricciones de desigualdad. Introducción y formulación del problema. Teoremas básicos de la programación lineal. Generación de soluciones. Método del simplex: formas geométrica y algebraica. Técnica de las variables artificiales: métodos de las penalizaciones y método de las dos fases. Forma revisada del método simplex. Implementación y solución de modelos en GAMS.

Unidad 3: Programación matemática no lineal NLP. Problemas con restricciones de igualdad. Introducción y formulación del problema. Condiciones de existencia de extremos. Multiplicadores de Lagrange. Problemas con restricciones de igualdad y desigualdad. Introducción y formulación del problema. Condiciones de Kuhn-Tucker. Algoritmos de optimización: Búsqueda en la línea por ajuste de curvas. Método del gradiente conjugado. Métodos tipo cuasi-Newton. Métodos de penalización. Métodos de multiplicadores de Lagrange. Método del gradiente reducido. Método de proyección del gradiente. Implementación y solución de modelos en GAMS.



Unidad 4: Programación matemática mixta entera lineal MILP. Introducción y formulación del problema. Metodología de solución. Implementación y solución de modelos en GAMS.

Unidad 5: Programación matemática mixta entera no lineal MINLP. Introducción y formulación del problema. Metodología de solución. Implementación y solución de modelos en GAMS.

Unidad 6: Aplicaciones clásicas y en ingeniería. Programación lineal LP: Transporte. Planificación de producción. Dieta. Flujo en red. Suministro económico de centrales termogeneradoras.

Unidad 7: Programación mixta entera lineal MILP: Localización de plantas productoras. Programación de centrales térmicas generadoras de electricidad.

Unidad 8: Programación no lineal NLP: Diseño óptimo de plantas batch. Optimización de la operación de sistemas de tratamiento de efluentes. Diseño y operación óptimos de sistemas de evaporadores. Acoplamiento óptimo de ciclo combinado de calor y potencia a sistema de evaporadores.

Unidad 9: Programación mixta entera no lineal MINLP: Síntesis óptima y optimización de la operación de sistemas para reducción de las emisiones. Caso de estudio: Planta de tratamiento de efluentes para eliminación de nitrógeno por barros activados / Síntesis, diseño y optimización de la operación de sistemas duales para la generación de calor y potencia. Caso de estudio: Sistemas para desalinización de agua de mar por sistema doble propósito incluyendo turbinas de gas

## **VI. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES TEÓRICAS Y PRÁCTICAS**

Los docentes introducen los principales fundamentos y metodologías desde el punto de vista formal mediante presentaciones orales utilizando recursos multimedia. Con anterioridad al día de la clase, los docentes ponen a disposición de los alumnos el documento con la presentación oral y la bibliografía consultada para la misma. Previo al comienzo de cada clase, se realiza un repaso de los contenidos introducidos en la clase anterior. Para cada tema abordado, se desarrollan clases prácticas, en las que el alumno resuelve guías de ejercicios específicos con el seguimiento presencial de los docentes. En el segundo cuatrimestre, las clases prácticas están destinadas a la realización actividades grupales (de 2 o 3 alumnos) integradoras en las que paulatinamente formulan, implementan y resuelven un problema de optimización de un caso de estudio de bibliografía, sugerido por el docente o propuesto por los alumnos con la aceptación del docente.

## **VII. METODOLOGÍAS DE ENSEÑANZA**

En la primera clase se presentan los objetivos y alcances de la asignatura, y se ilustra el tipo de desafíos que se pretenden abordar. Para su ejemplificación, se enuncia un problema clásico de ingeniería química y se pone en evidencia la necesidad de su optimización; por ejemplo, optimizar un sistema reaccionante catalítico multi-componente. Se introduce la noción de modelo matemático fenomenológico (simplificado y riguroso) determinístico del sistema, con las correspondientes ecuaciones de balance de masa, energía y cantidad de movimiento, la presencia de restricciones operativas, de materiales y de diseño, y la identificación de la métrica a optimizar. De este modo se introduce de manera natural el concepto de variables de decisión, restricciones de igualdad y de desigualdad, y función objetivo de un problema de optimización de objetivo único o simple. Se explica que esta metodología se puede extender hasta la síntesis óptima de procesos (obtener el flowsheet del proceso con criterio de óptimo), generando modelos de diferente naturaleza matemática según el tipo de variables involucradas (continuas/discretas).



Según se explicó previamente, los fundamentos y aspectos teóricos de los contenidos de la asignatura se introducen mediante una exposición oral del docente, basada en un caso de aplicación (referencia) sobre el que se extienden o establecen generalizaciones. Se aclara al estudiante que no se trata de una clase de Matemática sino que se enseñan los conceptos necesarios para formular, resolver y analizar las soluciones de un problema de optimización - lineal o no lineal- en base a la técnica de programación matemática. Previo al comienzo de cada clase, se realiza un repaso de los contenidos introducidos en la clase anterior.

Para cada tema abordado, se destinan una o más clases prácticas (según corresponda) para la realización de guías de trabajos prácticos. En ellas, primero se formula (modela) el problema de optimización tratado, y posteriormente se implementa y resuelve en el entorno de modelado y optimización GAMS en el gabinete de Informática, con el seguimiento presencial de los docentes. Se discute en clase las ventajas y desventajas comparativas de las estrategias seguidas por diferentes alumnos para modelar un mismo problema de optimización y las soluciones obtenidas según el escenario definido en cada caso. Se adopta la misma metodología de trabajo y seguimiento para las clases prácticas destinadas a la realización de las actividades integradoras (ver ítem anterior).

### VIII. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

#### Aprobación directa:

El estudiante deberá ser capaz de resolver, analizar y justificar los resultados que se obtengan de la aplicación de las técnicas enseñadas. El caso de estudio será proporcionado por los docentes de la asignatura o a propuesta del alumno con la aceptación del cuerpo docente. En la evaluación del trabajo para optar para la aprobación directa el alumno deberá mostrar capacidad de poder desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo y en forma individual.

El alumno deberá presentar y comunicar los resultados en forma efectiva, utilizando un lenguaje técnico específico y apropiado.

Se prevé la presentación final del trabajo para optar por la aprobación directa la última clase del año lectivo. En caso de ser necesaria una fecha de recuperación, será la semana siguiente, en el mismo día de la semana y horario. La instancia de recuperación consistirá en corregir y/o reelaborar el informe presentado atendiendo las correcciones, observaciones y/o sugerencias de los docentes.

#### Aprobación no directa:

Examen final: se tomará un examen final de los contenidos proporcionados durante el año lectivo.

El estudiante podrá acceder a la aprobación no directa de la asignatura mediante la aprobación de un trabajo práctico que se desarrollará a lo largo del año. La desaprobación del trabajo requerirá de un trabajo recuperatorio consistente en una nueva presentación del trabajo con las correcciones y/u observaciones realizadas en la primera instancia de presentación. La presentación del trabajo recuperatorio tendrá lugar antes de la finalización del año lectivo (en el día y horario habituales de dictado de la materia).

La calificación mínima para la aprobación de la asignatura es 6 (seis).



## IX. BIBLIOGRAFÍA

- ✓ Biegler L., I. Grossmann, A. Westerberg. Systematic methods of chemical process design. 1997. ISBN: 0134924223.
- ✓ Taha H. A. Investigación de operaciones. Editor Pearson Educación, 2004. ISBN: 9702604982, 9789702604983.
- ✓ Winston W.L. Investigación de operaciones: aplicaciones y algoritmos. Editor Thomson, 2005. ISBN: 9706863621, 9789706863621.
- ✓ Brooke A, Kendrick D, Meeraus A. GAMS-A user's guide, release 2.25. The Scientific Press: South San Francisco, CA., 1992
- ✓ Página de General Algebraic Modeling System (GAMS) <http://www.gams.com/>.

100

100

100