

**DOCENTE RESPONSABLE**

Apellido y Nombre: GALBAN MARCELO ISMAEL

Cargo del docente (categoría y dedicación): PROFESOR ADJUNTO - SIMPLE

**MARCO DE REFERENCIA**

Asignatura	CONTROL DE PROCESOS	Código	5019
Carrera	INGENIERIA QUIMICA		
Plan de estudios	Ingeniería Química 2023 - OCS8380/2022		
Bloque curricular	Tecnologías Aplicadas		
Ubicación en el plan de estudios (año y cuatrimestre)	5º AÑO 1º CUATRIMESTRE		
Asignaturas correlativas cursadas	- Laboratorio Integral I - Operaciones Unitarias III - Procesos Biotecnológicos		
Asignaturas correlativas aprobadas	- Operaciones Unitarias I - Operaciones Unitarias II - Reactores Químicos		
Requisitos cumplidos			
Duración o Desarrollo (anual/cuatrimstral/bimestral)	CUATRIMESTRAL	Carácter	OBLIGATORIO
Carga horaria presencial semanal (h)	6	Carga horaria total de dedicación del estudiante (h)	270
		Créditos	9

Carga horaria presencial destinada a la formación práctica (h)

Actividad Experimental	0	Problemas de Ingeniería	30	Trabajo de campo	0	Proyecto y diseño	15	Práctica Socio-comunitarias	0
------------------------	---	-------------------------	----	------------------	---	-------------------	----	-----------------------------	---

**CONTENIDOS MÍNIMOS SEGÚN PLAN DE ESTUDIOS**

Conceptos generales sobre los sistemas de control de procesos químicos. Transformada de Laplace y Transformada de Fourier. Modelos Matemáticos. Controladores industriales. Respuesta transitoria. Estabilidad y respuesta de sistemas controlados. Respuesta en frecuencia. Sintonización de sistemas de control de procesos. Sistemas de control de lazos múltiples. Simulación y control de distintos procesos químicos. Instrumentación. Aspectos tecnológicos de la instrumentación moderna de planta.

Departamento al cual está adscripta la carrera

INGENIERIA QUIMICA Y TECNOLOGIA DE LOS ALIMENTOS

Área a la cual está asociada la asignatura

TECNOLOGIAS APLICADAS A PROCESOS INDUSTRIALES (TAPI)

Número estimado de estudiantes

10

**OBJETIVOS**

Objetivo General: El/la estudiante debe: desarrollar capacidades para diseñar y optimizar sistemas de control de procesos químicos.

Objetivos Específicos: La/el estudiante debe:

Ser capaz de identificar y formular problemas de control de procesos químicos; de identificar y organizar los datos provistos en los problemas de control de procesos químicos.

Ser capaz de realizar búsqueda creativa de soluciones, generar diversas alternativas y seleccionar con criterio la más adecuada en un contexto particular.

Ser capaz de realizar el diseño de la solución tecnológica, incluyendo modelado, de evaluar y optimizar el diseño.

Ser capaz de elaborar informes y comunicar recomendaciones de manera efectiva.

Ser capaz de usar lo que ya se conoce sobre los sistemas de control de procesos químicos e identificar lo que es relevante conocer.

Ser capaz de acceder a las fuentes de información relativas a las técnicas y herramientas, y comprender las especificaciones de las mismas.

Ser capaz de respetar los compromisos (tareas y plazos) contraídos con el grupo, promoviendo una actitud participativa y colaborativa entre los integrantes del equipo.

Ser capaz de expresarse de manera concisa, clara y precisa, tanto en forma oral como escrita; y comprender textos técnicos en idioma inglés.

Ser capaz de hacer una búsqueda bibliográfica por medios diversos, seleccionar el material relevante y hacer una lectura comprensiva y crítica del mismo.

## **APORTE DE LA ASIGNATURA A LA FORMACIÓN BÁSICA Y/O PROFESIONAL**

Esta asignatura tiene la particularidad de ser netamente integradora en el plan de estudios de la carrera de Ingeniería Química. En ella se "convierten" los procesos químicos estáticos -analizados en cátedras anteriores-, en procesos químicos dinámicos, situación ésta que exige la existencia de diferentes estrategias de control con la finalidad de mantener la estabilidad de los mismos. Para su desarrollo se aplican conocimientos de cátedras anteriores como matemática, física, termodinámica, fisicoquímica, fenómenos de transporte, reactores químicos, operaciones unitarias y procesos químicos.

El desarrollo se inicia con la introducción a la temática de control en los procesos químicos, la elección de diferentes estrategias de control posibles y la transformada de Laplace como herramienta matemática indispensable para el análisis de los sistemas lineales. La elaboración de modelos matemáticos dinámicos (reactores químicos, tanques de descarga, intercambiadores, mezcladores, recipientes a presión, secaderos, etc.) la incorporación de diferentes estrategias de control para cada uno de los procesos químicos y la obtención de la cantidad necesaria de lazos de control en función de los grados de libertad. A ellos luego se agregan los controladores y el análisis de la respuesta transitoria. El estudio se sustenta con la simulación de cada proceso en softwares específicos, lo que permite encontrar los valores de los parámetros del/los controlador/controladores que mejor se adecuan para cada caso en particular. Luego continúa con el estudio del comportamiento de los sistemas, pero desde el punto de vista frecuencial, se analiza la estabilidad de los mismos a través de diferentes métodos, tales como: Lugar de las Raíces, Routh-Hurwitz, Bode y Nyquist. A partir de ellos se realiza la sintonización de los controladores.

Con respecto a los sistemas no lineales y a estrategias de control no convencionales, se lleva a cabo el análisis de sistemas de control por adelantado, inferencial y por compensación de tiempo muerto, como así también con sistemas de control con lazos múltiples, acompañado por los posibles instrumentos y transductores que se podrían instalar.

## **DESARROLLO DE LA ASIGNATURA**

### **Actividades y estrategias didácticas utilizadas para el desarrollo de las capacidades y competencias**

Las clases se llevan a cabo durante el primer cuatrimestre con una carga horaria de 8 hs., divididos de la siguiente forma: 4 hs. para el desarrollo de las clases teóricas y 4 hs. para los trabajos prácticos. Se toman dos parciales desarrollados en la PC, con sus respectivos recuperatorios. Como condición de cursada se exige la presentación de un trabajo de diseño (TD) que tiene por objetivo la aplicación práctica y la integración de todos los temas vertidos durante el cursado de la asignatura. Para la promoción se debe aprobar la presentación del trabajo de diseño (TD) además realizar la defensa oral del mismo. Algunos temas teóricos son acompañados del trabajo en softwares específicos con el fin de aplicar "in-situ" los conceptos y fundamentalmente de crear un ambiente de discusión. Se hace hincapié en la lectura de revistas y catálogos dedicados al tema, especialmente cuando se estudian diferentes tipos de instrumentos (especificaciones, rangos de trabajo, exactitud, etc), particularmente a la hora del armado del trabajo de diseño.

La resolución de trabajos prácticos se lleva a cabo en papel y luego se transfiere a una PC, donde se realizará el análisis de los datos. La simulación de procesos se lleva a cabo en el software específico, muchas veces simultáneamente, en vistas de realizar análisis y comparaciones entre los datos obtenidos.

En ciertos trabajos prácticos de la cátedra "Laboratorio de Procesos", se trabajara con equipos automatizados a escala piloto del Departamento de Ingeniería Química, que permiten el desarrollo de trabajos donde se retoman los temas y se analiza el software, el hardware y la ejecución del mismo.

Con "Procesos Químicos I" y "Procesos Químicos II", se realizan trabajos conjuntos donde a los ejemplos simulados oportunamente se les incorporan diferentes estrategias de control, logrando así la integración de conocimientos.

Esta cátedra por su ubicación en el Plan de Estudios y sus contenidos tiene la particularidad de contribuir no solo con la formación de ciertos tópicos de conocimiento en el/la alumno/a sino también en incrementar su experiencia en el diseño de los procesos.

Por ello desde el cuerpo docente se trata de ampliar la visión en la resolución de las problemáticas de operación de una planta química, esto es, considerar que los requerimientos de óptimo funcionamiento deben abarcar otros aspectos, tales como: mantener la seguridad de todo el proceso, alcanzar las especificaciones de producto y operacionales, cumplir con la reglamentación ambiental y sobre todo lograrlas necesidades del mercado.

Tanto la simulación de diferentes procesos simples, como la posibilidad de cambiar valores en los parámetros o variables, llevada a cabo en softwares específicos, permiten crear ámbitos de discusión basados en el planteo de dificultades y la búsqueda de posibles modificaciones y nuevas alternativas de operación. La finalidad es enriquecer la formación como futuro profesional, brindarle mayor confianza en sí mismo/a, inducir su participación y favorecer la comunicación.

Con lo anteriormente expuesto se pretende favorecer la activa participación de todo el grupo y, paralelamente los obliga a realizar un estudio continuo de todos los temas que se van desarrollando de manera tal de contar con las herramientas suficientes a la hora de desarrollarse como nuevas/os ingenieras/os.

### **Trabajos experimentales (cuando corresponda listarlos e indicar muy brevemente su objetivo)**

### **Trabajo/s de Proyecto-Diseño (cuando corresponda)**

Las/los estudiantes en forma grupal de hasta 3 integrantes, deben confeccionar un trabajo de diseño (TD), consistente en la selección de un proceso determinado, teniendo en cuenta los contenidos abordados en la asignatura. Deben presentar un informe escrito y defenderlo oralmente. De este trabajo de diseño se debe entregar avances previamente al primer parcial.

### **Trabajo/s de Campo (cuando corresponda)**

### **Prácticas socio comunitarias/socioeducativas (cuando corresponda)**

### **Estrategia de evaluación de los alumnos**

### **Regularización de la asignatura**

El cursado de la asignatura se realiza de acuerdo a lo estipulado por la RES CAFI N° 227/04, combinando lo establecido en el Anexo

entre los puntos 1.1 y 1.3.

Los exámenes parciales son desarrollados en la PC. Las/los estudiantes en forma grupal de hasta 3 integrantes, deben confeccionar un trabajo de diseño (TD), consistente en la selección de un proceso determinado, teniendo en cuenta los contenidos abordados en la asignatura. Deben presentar un informe escrito y defenderlo oralmente. De este trabajo de diseño se debe entregar avances previamente al primer parcial.

### Promoción de la asignatura

Las/los estudiantes en forma grupal de hasta 3 integrantes, deben confeccionar un trabajo de diseño, consistente en la selección de un proceso determinado, teniendo en cuenta los contenidos abordados en la asignatura. Deben presentar un informe escrito y defenderlo oralmente.

La instancia de aprobación por promoción cumple con la Res. CAFI N° 228/04 y se corresponde con la metodología del inciso 3 del Anexo. Para cumplimentar esta instancia, los/las estudiantes deben incorporarle al trabajo de diseño todos los instrumentos que conforman el lazo con las especificaciones seleccionadas de acuerdo a los rangos de trabajo operativo, así como también posibles proveedores y costos de los mismos.

La defensa se realiza en forma oral.

La/el estudiante que no presente en tiempo y forma esta última opción de promoción, debe rendir un examen final basado en los contenidos de toda la cátedra.

### Examen Final

El/la estudiante que no se presente a la opción de promoción, debe rendir un examen final basado en los contenidos de toda la cátedra.

### Cronograma

Semana	Unidad Temática	Tema de la clase	Actividades
1	Unidad 1	Introducción. Evolución histórica de los sistemas de control clásico. Incentivos para el control de procesos químicos. Identificación de las distintas variables concurrentes en el proceso. Elementos de hardware de un sistema de control. Configuraciones de control: realimentado, por adelanto, inferencial. Objetivos de control.	<b>Trabajo Práctico N° 1. Objetivos de control.</b>
2		Diagramas de bloques. Resolución por Álgebra de Boole y Regla de Mason. Aplicación de la Transformada de Laplace: Expansión de Heaviside.	<b>Trabajo Práctico N° 2. Diagramas de bloques. Transformada de Laplace.</b>
3	Unidad 2	Desarrollo de modelos matemáticos. Análisis de entradas, salidas, grados de libertad, etc. Función de transferencia o transmitancia. Ejemplos de sistemas químicos, térmicos, etc. Modelos Entrada-Salida. Sistemas lineales y no lineales.	<b>Trabajo Práctico N° 3. Modelos Matemáticos. Linealización. Variables de desviación. Función de Transferencia.</b>
4	Unidad 3	Acciones básicas de control. Controladores lineales y no lineales. Acciones: SI-NO, Proporcional, Integral y Derivativa. Comportamiento de PI, PID. Algoritmos PID. Análisis de cada uno de los controladores. Auto-sintonía a lazo abierto y a lazo cerrado. Controladores Lógicos Programables (PLC).	<b>Trabajo Práctico N° 4. Controladores.</b>
5	Unidad 4	Respuesta transitoria. Respuestas ante entradas escalón, impulso, rampa. Respuesta de 1er. y 2do. orden. Comportamiento de sistemas de orden superior.	<b>Trabajo Práctico N° 5A. Respuesta Transitoria. Sistemas de Primer Orden. Sistemas de Segundo Orden.</b> Aplicación y análisis en softwares específicos.
6		Función retardo. Respuesta inversa.	<b>Trabajo Práctico N° 5B. Respuesta Transitoria. Tiempo muerto. Respuesta Inversa.</b> Aplicación y análisis en softwares específicos.
7		Comportamiento dinámico de los sistemas realimentados. Relación de control.	<b>Trabajo Práctico N° 6. Dinámica, análisis y diseño de control realimentado.</b> Aplicación y análisis en softwares específicos.
8	1er. Parcial.	Consulta.	PRIMER PARCIAL
9	Unidad 5	Estabilidad. Estabilidad absoluta, relativa y error. Ecuación característica. Criterio de Routh. Método del Lugar de las Raíces.	<b>Trabajo Práctico N° 7. Estabilidad. Criterio de Routh-Hurwitz. Método de Lugar de las Raíces.</b> Aplicación y análisis en softwares específicos. Consulta avances Trabajo de Diseño (TD).
10	Unidad 6	Métodos de respuesta en frecuencia. Diagramas de Bode y	<b>Trabajo Práctico N° 8. Respuesta</b>

		Nyquist. Margen de fase y de ganancia. Criterios de estabilidad.	<b>frecuencial.</b> Aplicación y análisis en softwares específicos. <b>Recuperatorio 1º Parcial.</b>
11	Unidad 7	Sintonización de los sistemas de control. Simples criterios de performance. Criterios de error. Métodos de ajuste de los parámetros del controlador: Cohen-Coon y Ziegler y Nichols. Método Lambda.	<b>Trabajo Práctico Nº 9. Optimización de sistemas de control.</b>
12	Unidad 8	Simulación y control de procesos. Control de presión y de caudal en una tubería. Control de nivel. Control de temperatura en un intercambiador.	Explicación del uso del <b>Simulador de Laboratorio Virtual de Control de Procesos</b>
	Unidad 9	Otras estrategias de control. Compensador de tiempo muerto y respuesta inversa. Análisis y diseño de sistemas de control por adelanto. Ventajas de los sistemas realimentados y por adelanto. Relación de control. Sistemas de control adaptivo. Análisis y diseño de sistemas de control inferencial. Generalidades y ejemplos de cada tipo de sistema.	<b>Trabajo Práctico Nº 10. Compensador de tiempo muerto. Compensador de Respuesta Inversa. Control por adelanto. Control inferencial.</b>
13	Unidad 10	Sistemas de control con lazos múltiples. Control en cascada. Sistema de control selectivo: control preventivo, control por subasta. Control de rango partido. Control adaptivo predictivo.	<b>Trabajo Práctico Nº 11. Control de sistemas con lazos múltiples.</b>
14	Unidad 11	Medición de: temperatura, caudal, presión, peso, velocidad y aceleración. Elementos de acción final: válvulas y actuadores. Transductores y transmisores. Transductores inteligentes.	
15	2do. Parcial.	Consulta. Entrega y defensa Trabajo de Diseño (TD).	<b>SEGUNDO PARCIAL. Recuperatorio 2º Parcial. Entrega y defensa Trabajo de Diseño (TD).</b>

#### RECURSOS PARA EL DESARROLLO DE LA ASIGNATURA

##### Recursos Docentes de la Asignatura

Nombre y apellido	Función del docente
MARCELO GALBAN	PROFESOR ADJUNTO
PAMELA RAMOS	JTP
FERNANDA LABORDE	AY DIPLOMADO

##### Recursos didácticos (generales, software, aulas híbridas, plataforma Moodle, etc.)

\* Recursos bibliográficos a los que tienen acceso en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería.

\* Búsqueda en Internet.

Sitios INTERNET:

<http://iaci.unq.edu.ar>

<http://www.aadeca.org>

<http://www.mathworks.com>

<https://controlautomaticoeducacion.com/>

<https://www.facebook.com/controlautomaticoeducacion>

REVISTAS:

Revista INSTRUMENTACION-MEDICION AND CONTROL. Automatización. Editorial CONTROL.

Revista INGENIERIA DE CONTROL. Automatización. Informática industrial. Ed. SRL.

##### Principales equipos o instrumentos

La planta piloto de Ingeniería Química posee los siguientes equipos pilotos automatizados: aireación y secado a baja temperatura en silo, plantas piloto de absorción y de reacción y un secadero túnel.

Las prácticas con estos equipos se llevan a cabo en la cátedra "Laboratorio de Procesos" que tiene a su cargo todos los trabajos prácticos a escala piloto de las cátedras de ciclo superior. En el momento de su respectivo desarrollo los alumnos incorporan la parte automatizada de estos equipos.

##### Espacio en el que se desarrollan las actividades

Aula	SI.	Laboratorio	NO	Gabinete de computación	SI.	Campo	NO.
------	-----	-------------	----	-------------------------	-----	-------	-----

##### Otros

##### ADEMAS DEL DESARROLLO REGULAR, SE ADOPTA PARA LA ASIGNATURA:

Cursada intensiva	NO	Cursado cuatrimestre contrapuesto	NO
Examen Libre	SI		



# Programa Analítico Asignatura CONTROL DE PROCESOS (código:5019)



Departamento responsable	INGENIERIA QUIMICA Y TECNOLOGIA DE LOS ALIMENTOS	Área	TECNOLOGIAS APLICADAS A PROCESOS INDUSTRIALES (TAPI)
Plan de estudios	Ingeniería Química 2023 - OCS8380/2022		

## Programa Analítico de la Asignatura Control de Procesos Año 2023

UNIDAD 1: Introducción. Evolución histórica de los sistemas de control clásico. Incentivos para el control de procesos químicos. Diagramas de bloques: Regla de Mason. Identificación y análisis de las distintas variables concurrentes en el proceso. Elementos de hardware de un sistema de control. Aplicación de la Transformada de Laplace.

UNIDAD 2: Desarrollo de modelos matemáticos. Modelos de entrada-salida. Análisis de entradas, salidas, grados de libertad, etc. Ejemplos de sistemas químicos, térmicos, hidráulicos, eléctricos. Sistemas lineales y no lineales. Función de Transferencia.

UNIDAD 3: Acciones básicas de control. Controladores lineales y no lineales. Acciones: SI-NO, Proporcional, Integral y Derivativa. Comportamiento de PI, PID. Algoritmos PID. Análisis de cada uno de los controladores. Auto-sintonía a lazo abierto y a lazo cerrado. Controladores Lógicos Programables (PLC).

UNIDAD 4: Respuesta transitoria. Respuestas ante entradas escalón, impulso, rampa. Respuesta de 1er. y 2do. orden. Comportamiento de sistemas de orden superior. Función retardo. Respuesta inversa. Comportamiento dinámico de los sistemas realimentados. Relación de control. Aplicación y análisis en softwares específicos.

UNIDAD 5: Estabilidad. Estabilidad absoluta, relativa y error. Ecuación característica. Criterio de Routh. Método del Lugar de las Raíces. Aplicación y análisis en softwares específicos.

UNIDAD 6: Métodos de respuesta en frecuencia. Diagramas de Bode y Nyquist. Margen de fase y de ganancia. Criterios de estabilidad. Aplicación y análisis en softwares específicos.

UNIDAD 7: Sintonización de los sistemas de control. Simples criterios de performance. Criterios de error. Métodos de ajuste de los parámetros del controlador: Cohen-Coon y Ziegler y Nichols. Método de sintonía Lambda.

UNIDAD 8: Simulación y control de procesos. Control de presión y de caudal en una tubería. Control de nivel. Control de temperatura en un intercambiador. Aplicación y análisis en softwares específicos.

UNIDAD 9: Otras estrategias de control. Compensador de tiempo muerto y respuesta inversa. Análisis y diseño de sistemas de control por adelantado. Ventajas de los sistemas realimentados y por adelantado. Relación de control. Sistemas de control adaptivo. Análisis y diseño de sistemas de control inferencial. Generalidades y ejemplos de cada tipo de sistema.

UNIDAD 10: Sistemas de control con lazos múltiples. Control en cascada. Sistema de control selectivo: control preventivo, control por subasta. Control de rango partido. Control adaptivo predictivo.




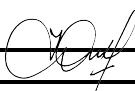
UNIDAD 11: Medición de: temperatura, caudal, presión, peso, velocidad y aceleración. Elementos de acción final: válvulas y actuadores. Transductores y transmisores. Transductores inteligentes.

## Bibliografía Básica

- STEPHANOPOULOS George. "Chemical Process Control". Editorial Prentice Hall. 1989.
- LUYBEN William L. "Process modeling, simulation and control for chemical engineers"
- ROCA CUSIDÓ Alfred. "Control de Procesos". Ed. Alfaomega. 2ª Edición 2002.
- SHINSKEY, F. G. "Process Control Systems". Editorial Mc Graw Hill.
- COUGHANOWR and KOPPEL. "Process Systems Analysis and Control". Chemical Engineering Series". Editorial Mc Graw Hill.
- CREUS SOLE, Antonio. "Simulación y control de procesos por ordenador"  
Editorial Marcombo.
- CREUS SOLE, A. "Control de procesos industriales". Tomo 16 - Editorial Marcombo.
- CREUS SOLE, A. "Simulación de procesos con PC". Tomo 23 - Editorial Marcombo.
- DISTEFANO, J. "Retrolimentación y sistemas de control". Editorial Mc Graw Hill.
- HARRIOT. "Process Control" de Chemical Engineering Series. Editorial Mc Graw Hill.
- SHINSKEY, F. G. "Energy Conservation Through Control". Editorial Mc Graw Hill.
- OGATA, K. "Ingeniería de Control Moderna". Editorial Prentice Hall.
- Revistas
- INSTRUMENTACION - MEDICION & CONTROL. Automatización. Editorial CONTROL.

## Bibliografía de Consulta

- AUSLANDER y otros. "Introducción a los sistemas de Control"
- FRANKLIN G., POWELL J., EMAMI-NAEINI A. "Control de sistemas dinámicos con retrolimentación". Editorial Addison-Wesley Iberamericana S.A. 1991.
- FREDERICK D., CHOW J.. "Feedback control problems". International Thomson Publishing. 1995.

Docente Responsable	
Nombre y Apellido	<b>MARCELO ISMAEL GALBAN</b>
Firma	
Coordinador/es de Carrera	
Carrera	
Firma	 Ing. Laura I. Orifici Coordinadora de Carrera Ingeniería Química 8607A - PO - UNCPBA
Director de Departamento	
Departamento	
Firma	 Dra. Ing. Claudia C. Wagner Directora de Departamento de Ingeniería Química y Tecnología de los Alimentos Facultad de Ingeniería - UNCPBA
Secretaria Académica	
Firma	 Ing. Isabel C. Rivobene SECRETARIA ACADÉMICA Facultad de Ingeniería - UNCPBA