

# CONTROL AUTOMÁTICO DE PROCESOS

Plan anual de actividades académicas - Ciclo lectivo 2023

## 1. DATOS GENERALES DE LA ACTIVIDAD CURRICULAR

Datos administrativos
<p><u>Departamento:</u> Ingeniería Química</p> <p><u>Carrera:</u> Ingeniería Química</p> <p><u>Duración:</u> 5 años</p> <p><u>Asignatura:</u> Control automático de procesos</p> <p><u>Nivel de la carrera:</u> V</p> <p><u>Bloque curricular:</u> Tecnologías aplicadas</p> <p><u>Área:</u> Ingeniería química</p> <p><u>Carácter:</u> Obligatoria</p> <p><u>Régimen de dictado:</u> Anual</p> <p><u>Carga horaria semanal:</u> 4 (hs. cátedra)</p> <p><u>Carga horaria total:</u> 128 (hs. cátedra)</p>
Correlatividades
<p><u>Asignaturas correlativas previas</u></p> <p>Para cursar "Control automático de procesos" debe tener cursada:</p> <p><u>Obligatorias:</u> Matemática Superior Aplicada/ Operaciones Unitarias I/ Tecnología de la Energía Térmica</p> <p>Para cursar "Control automático de procesos" debe tener aprobada:</p> <p><u>Obligatorias:</u> Fenómenos de Transporte</p> <p>Para rendir "Control automático de procesos" debe tener aprobada:</p> <p><u>Obligatorias:</u> Matemática Superior Aplicada/ Operaciones Unitarias I/ Tecnología de la Energía Térmica</p> <p><u>Asignaturas correlativas posteriores</u></p> <p>No corresponde</p>
Equipo docente
<p>FERRARI; Luciano (Prof. Tit. - DS)</p> <p>MARTINEZ; Gabriela (JTP - DS)</p> <p>BOULLOSA; Ignacio (Aux. 1 - DS)</p>

## 2. FUNDAMENTACIÓN DE LA ASIGNATURA DENTRO DEL PLAN DE ESTUDIOS

Describir el sentido de la asignatura en el plan de estudios y en la formación del ingeniero de la especialidad, el posicionamiento desde donde se enseña la disciplina, discutiendo porqué y para qué el estudiante tiene que aprender la presente asignatura en esta etapa de su carrera (hasta 200 palabras).

Esta asignatura prepara al futuro ingeniero químico para conducir y controlar la operación de los procesos químicos.

La estructura de los procesos químicos es cada vez más compleja, debido a las exigencias en relación con el aprovechamiento de la energía, las materias primas y la calidad de los productos.

El diseño de un sistema de control implica identificar los objetivos del proceso. En consecuencia, la selección de los parámetros a medir, los valores deseados a alcanzar, selección de los algoritmos, que transmitan la acción a ejercer por variables a manipular, que actúan sobre el proceso deben ser tales que aseguren los objetivos del mismo.

El control de procesos químicos se basa en el concepto del lazo de realimentación, lazo conformado por la Instrumentación de control y el propio proceso. El control del proceso deviene del conocimiento del fenómeno físico-químico que tiene lugar y su dinámica, que son la que determinan la posibilidad y eficacia de la automatización que se le aplica.

Asumiendo que la instrumentación de un lazo de control está funcionando correctamente, la performance depende de los ajustes del algoritmo de control. Estos ajustes están determinados por la dinámica del proceso y los objetivos de calidad y producción.

### 3. COMPETENCIAS

Para la descripción de este punto considerar las competencias enunciadas en el ANEXO I Libro Rojo de CONFEDI (Ver documento adjunto). Copiar las que correspondan (código y texto) e indicar el nivel de aporte (Bajo / Medio / Alto) de la asignatura para cada competencia.

<b>Competencias Tecnológicas</b>	<b>Nivel de Aporte</b>
CT1. Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería;	Alto
CT4. Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería	
<b>Competencias Sociales, Políticas y Actitudinales</b>	<b>Nivel de Aporte</b>
CS6. Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.	Medio
CS7. Comunicarse con efectividad.	
CS8. Actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global.	
CS9. Aprender en forma continua y autónoma.	
CS10. Actuar con espíritu emprendedor.	
<b>Competencias Específicas</b>	<b>Nivel de Aporte</b>
CE 1.1. Identificar, formular y resolver problemas relacionados a productos, procesos, sistemas, instalaciones y elementos complementarios correspondientes a la modificación física, energética, fisicoquímica, química o biotecnológica de la materia y al control y transformación de emisiones energéticas, de efluentes líquidos, de residuos sólidos y de emisiones gaseosas incorporando estrategias de abordaje, utilizando diseños experimentales cuando sean pertinentes, interpretando físicamente los mismos, definiendo el modelo más adecuado y empleando métodos apropiados para establecer relaciones y síntesis.	Alto

CE 1.2. Diseñar, calcular y proyectar productos, procesos, sistemas, instalaciones y elementos complementarios correspondientes a la modificación física, energética, fisicoquímica, química o biotecnológica de la materia y al control y transformación de emisiones energéticas, de efluentes líquidos, de residuos sólidos y de emisiones gaseosas aplicando estrategias conceptuales y metodológicas asociadas a los principios de cálculo, diseño y simulación para valorar y optimizar, con ética, sentido crítico e innovador, responsabilidad profesional y compromiso social.	Alto
CE 2.1. Planificar y supervisar la construcción, operación y mantenimiento de procesos, sistemas, instalaciones y elementos complementarios donde se llevan a cabo la modificación física, energética, fisicoquímica, química o biotecnológica de la materia y al control y transformación de emisiones energéticas, de efluentes líquidos, de residuos sólidos y de emisiones gaseosas utilizando de manera efectiva los recursos físicos, humanos, tecnológicos y económicos; a través del desarrollo de criterios de selección de materiales, equipos, accesorios, sistemas de medición y la aplicación de normas y reglamentaciones pertinentes, atendiendo los requerimientos profesionales prácticos.	Alto
CE 3.1. Verificar el funcionamiento, condición de uso, estado y aptitud de equipos, instalaciones y sistemas involucrados en la modificación física, energética, fisicoquímica, química o biotecnológica de la materia y en el control y transformación de emisiones energéticas, de efluentes líquidos, de residuos sólidos y de emisiones gaseosas aplicando procedimientos, técnicas y herramientas teniendo en cuenta la legislación, estándares y normas de funcionamiento, de calidad, de ambiente y seguridad e higiene.	Alto
CE 4.1 Proyectar y dirigir acciones, desarrollos tecnológicos e innovaciones tendientes a la construcción, operación y mantenimiento de procesos, sistemas, instalaciones y elementos complementarios referido a la higiene y seguridad en el trabajo y al control y minimización del impacto ambiental en lo concerniente a su actividad profesional seleccionando y utilizando técnicas y herramientas contempladas en las prácticas recomendadas y en las normativas vigentes nacionales e internacionales.	Alto

#### 4. OBJETIVOS/ RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Objetivos
<p>Transcribir los objetivos de la asignatura establecidos en el DC. Señalar los objetivos de la asignatura, entendidos como la intencionalidad de los docentes con respecto a lo que esperan que el alumno logre como consecuencia de la propuesta de enseñanza (por ejemplo: Que el alumno logre plantear estrategias de eficiencia energética para diferentes procesos ingenieriles).</p> <p><u>Objetivos establecidos en el DC</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Incorporar los principios teóricos y prácticos, los criterios de selección y los de diseño para introducirse en el control automático de procesos en plantas industriales.</li> </ul> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Que el alumno adquiera competencia para formular e interpretar los lazos de control automático para los procesos y operaciones más comunes de la Industria Química.</li> <li>✓ Que el alumno adquiera competencia para comprender la dinámica de los procesos para interpretar las funciones y parámetros de control necesarios.</li> <li>✓ Que el alumno adquiera competencia para conocer los equipos de control que proveen las tecnologías actuales, así como efectuar el ajuste de estos parámetros, para el funcionamiento estable de un proceso.</li> <li>✓ Que el alumno adquiera competencia para establecer qué es de su responsabilidad decidir cuáles son los posibles límites físico-químicos de variabilidad de un proceso, por su conocimiento del</li> </ul>

mismo, cuando intervenga dentro de un equipo multidisciplinario en la automatización de una planta química.

### Resultados de Aprendizaje

Definir los resultados de aprendizaje (RA), entendidos como una declaración muy específica que describe exactamente y de forma medible (posibles de evidenciar) qué es lo que un estudiante será capaz de hacer, expresados como [Verbo de Desempeño]+ [Objeto de Conocimiento]+ [Finalidad]+ [Condición(es) de Referencia/Calidad] (por ejemplo: Plantea estrategias para mejorar las prestaciones y eficiencia energética de diversas actividades ingenieriles mediante la utilización de los principios de la disciplina, considerando el contexto socioeconómico y medioambiental en el que se encuentran insertas), y considerando:

- ✓ incluir únicamente aquellos RA que se consideren elementales para definir el aprendizaje esencial de la asignatura o programa en el contexto de la carrera
- ✓ no necesariamente debe haber una relación biunívoca RA- Unidad Temática
- ✓ se sugiere contar como máximo con 4-5 RAs para la asignatura
- ✓ **Aplicar metodologías para identificar y analizar la dinámica de los fenómenos físico-químicos que gobiernan los procesos.**
- ✓ **Aplicar metodologías para realizar el ajuste óptimo de lazos de control de los procesos químicos para cumplir con los objetivos de seguridad, calidad, productividad y eficiencia energética.**
- ✓ **Plantear estrategias para lograr, u optimizar, el control automático en procesos químicos para cumplir con los objetivos de seguridad, calidad, productividad y eficiencia energética.**

## 5. CONTENIDOS DEL PROGRAMA ANALÍTICO (UNIDADES TEMÁTICAS)

Unidad 1: Introducción conceptual al control automático. Realimentación negativa. Control en avance. Control en cascada. Instrumentación local y remota. Reconocimiento de los componentes tecnológicos. Interface hombre proceso. Paneles de control, alarmas y cortes. Válvulas automáticas. Diagramas de lazos de control. Simbología e interpretación de planos y representaciones gráficas.

Unidad 2: Álgebra de diagramas en bloque. Relación entre los diagramas en bloque y tecnológicos. Efectos de las perturbaciones. Determinación de la función de transferencia por medio de ecuaciones diferenciales (Ecuaciones de balance y tecnológicas). Transformadas de Laplace, integración, derivación, teorema del cambio, teorema del desplazamiento, teoremas del valor inicial y final, teoremas de la convolución (transformación al campo complejo y anti-transformación al campo temporal). Interpretación de las funciones especiales: impulso, escalón, rampa y sinusoidal.

Unidad 3: Sistema de primer orden. Analogías de diferentes sistemas físicos. Elemento fundamental en que se basa dicha analogía. Elemento de capacidad y elemento de resistencia. Elemento de re-tardo de primer orden, interpretación y ejemplos. Determinación de la función de transferencia de un sistema de primer orden. Constante de tiempo, determinación. Análisis de respuestas del sistema de primer orden a perturbaciones: impulso, escalón y rampa. Análisis frecuencial del sistema de primer orden, diagramas de Nyquist y Bode.

Unidad 4: Elemento de retardo de Segundo Orden. Respuesta a una función escalón: Hipo, crítica e hiperamortiguado. Sobrepasso y relación de subsidencia (overshoot y decay ratio). Elemento de tiempo muerto o demora distancia velocidad. Sistemas de orden superior. Aproximaciones a sistemas superiores con elemento de tiempo muerto y sistemas de primero o segundo orden. Sistemas con respuesta inversa.

Unidad 5: Controladores. Sí – no (on–off). Proporcional (P). Proporcional Integral (PI). Proporcional Derivativo (PD). Proporcional, integral y derivativo (PID). Realimentación negativa. Paso en avance, paso de realimentación. Función del controlador. Acción proporcional, ganancia y banda proporcional. Tiempo integral y tiempo derivativo. Control de sistemas de primero y segundo orden por medio de control con acción proporcional, con acción proporcional más acción integral, con acción proporcional más acción derivativa, con acción proporcional más acción integral más acción derivativa. Sistema de control de orden superior controlado por PID, por control con matriz inversa y control robusto.

Unidad 6: Ajuste de controladores y estabilidad. Criterios de performance. Método de ajuste del último período o Ziegler-Nichols. Método de ajuste de la curva de reacción, según el diagrama de Bode, según los lineamientos de Control Robusto.

Unidad 7: Instrumentación y control de operaciones unitarias. Control de caudal en bombas y ventiladores. Control de presión en Compresores. Control de temperatura en Intercambiadores de calor. Multicontrol en Hornos, Alambiques, Columnas de destilación, Sistemas frigoríficos, Secaderos, Reactores, etc. Medición de temperatura, caudal, presión y nivel. Instrumentos en uso y estudio de los principios de funcionamiento para su correcta aplicación. Elementos de acción final: Válvulas de control.

## 6. METODOLOGÍAS DE ENSEÑANZA- APRENDIZAJE

### Descripción de la metodología

Listar las metodologías didácticas activas empleadas para garantizar la adquisición de las competencias antes mencionadas, con relación al propósito y objetivos que desarrolla la asignatura, y para promover el desarrollo de los resultados de aprendizaje.

Describir el enfoque de enseñanza adoptado, así como las estrategias de trabajo en equipos colaborativos, aula invertida y otras metodologías de aprendizaje activo y centrado en el estudiante aplicadas para promover el desarrollo de los resultados de aprendizaje. Detallar las características de las actividades prácticas a desarrollar, el uso de laboratorios físicos y/o remotos/virtuales (si correspondiese) y la utilización significativa del Campus Virtual Global (u otro entorno virtual de enseñanza y aprendizaje) y otros recursos basados en TIC.

Los alumnos desde el principio cuentan con el material básico de estudio y la bibliografía de consulta.

Se indica previamente a cada clase los temas que se cubrirán en la próxima clase y se incentiva a los/as alumnos/as a que lean previamente el material proporcionado para ir preparados/as a la clase. Disponen también, de un cuestionario guía de introducción a la materia y de trabajos prácticos por temas.

El docente inicia un tema indicando en forma global de qué se trata y su aplicación a nivel profesional/industrial.

Los/as alumnos/as deberán conformar grupos al inicio del cursado debiendo adoptar un nombre que lo identifique con el fin de contestar los cuestionarios y elaborar los informes de los trabajos prácticos. De esta forma, se produce un intercambio de ideas dentro del grupo que facilita la interpretación de cada tema.

El grupo deberá entregar los cuestionarios e informes de los trabajos prácticos que ha elaborado en las fechas indicadas en el cronograma adjunto con el fin de evaluarlos.

El docente a su vez, promueve y dirige el debate entre alumnos de distintos grupos e interviene hasta que considera que el tema queda razonablemente clarificado.

Se dirige la clase para lograr un aprendizaje significativo, es decir que pueda ser relacionado con una experiencia concreta.

El Jefe de Trabajos Prácticos y el docente auxiliar, asisten al docente evaluando la actitud de los alumnos, la participación y la intelección por medio de un punteo sobre un listado de control, mientras transcurre la clase debate y el docente dialoga con cada alumno. Se realizan trabajos prácticos en laboratorio físico y con simuladores en forma virtual.

### **Recomendaciones para el estudio**

Describir las principales recomendaciones que se les pueden hacer a las y los estudiantes para abordar el aprendizaje de la asignatura, teniendo en cuenta la experiencia del cuerpo docente respecto de desarrollos anteriores.

Se recomienda la lectura a conciencia del material de estudio de la asignatura previamente a cada clase teórica/práctica en concordancia con la planificación adjunta con el fin de que el estudiante vaya preparado para incorporar los nuevos conceptos, así como también para que sea capaz de plantear consultas al cuerpo docente, lo cual es muy enriquecedor para la enseñanza y fijación de los conceptos teórico/prácticos de la asignatura para todo el grupo de estudiantes.

## **7. RECURSOS NECESARIOS**

Detallar los recursos necesarios para el desarrollo de la asignatura. Considerar todos los aspectos docentes, institucionales y estudiantiles de manera de prever y planificar las necesidades para alcanzar los Resultados de Aprendizaje previstos, incluyendo los siguientes ítems: Espacios Físicos (aulas, laboratorios, equipamiento informático, etc.), Recursos tecnológicos de apoyo (proyector multimedia, software, equipo de sonido, aulas virtuales, etc.), Transporte, seguro, y elementos de protección para desarrollar actividades en laboratorios, empresas, fábricas, entre otros.

### Espacios físicos

Aula; laboratorios físicos y de computación.

### Recursos tecnológicos de Apoyo

PC y proyector. Programas de simulación de sistemas y procesos: Program Classic Control; MATLAB/Simulink; MS Office (MS Word; MS Excel, MS Power Point), Lector de archivos PDF.

### Recursos para desarrollar actividades en laboratorios, empresas, entre otros

Materiales de laboratorio de química; colaboración con laboratorio de electricidad; acceso a laboratorio de computación.

## **8. EVALUACIÓN**

### **Metodologías/ estrategias de evaluación**

Detallar las estrategias de evaluación que permitan medir el grado de logro de las competencias que aborda la asignatura y los resultados de aprendizaje definidos, que podrán ser diagnósticas, formativas, sumativas, de proceso, autoevaluación o evaluación por pares, indicando la forma en que los alumnos acceden a los resultados de sus evaluaciones. Describir los instrumentos y recursos que se utilizarán en cada instancia de evaluación (como ser clases, trabajos prácticos, proyectos, exposiciones orales, cuestionarios, portafolios, exámenes parciales) y

todo instrumento que permita al estudiante demostrar su nivel de desempeño y obtener una retroalimentación significativa para mejorar.

Indicar la modalidad mediante la cual se informa a los alumnos sobre las condiciones de regularización y aprobación directa de la asignatura.

Se evalúa a los alumnos mediante la realización de informes de los trabajos prácticos realizados y de exámenes parciales conformados por cuestionarios teórico-prácticos y de resolución de problemas. Se informa a los alumnos sobre los resultados de las evaluaciones de los trabajos prácticos y de los exámenes parciales mediante una devolución detallada indicando los puntos fuertes y puntos que requieren mejora, vía correo electrónico grupal (caso de los trabajos prácticos) e individual (caso de los exámenes parciales) y mediante instancias de devolución de forma presencial.

### **Condiciones de aprobación**

#### Condiciones de Aprobación Directa

Describir las condiciones de aprobación directa, fundamentando brevemente su elección. Describir los instrumentos y recursos que se utilizarán.

Para la Aprobación Directa, y de acuerdo con la Ordenanza 1549. Apartado 7.2, se prevén tres etapas de evaluación que se corresponden con la evolución de la enseñanza de la asignatura.

El acogimiento a las evaluaciones de la AD es de carácter voluntario. Aquellos/as que optaren por el objetivo de promover la materia vía esta modalidad, deberán comunicarlo fehaciente y formalmente vía correo electrónico al jefe de cátedra con un plazo máximo de 15 días corridos antes de la fecha indicada en el cronograma adjunto de la primera evaluación de la AD con el fin de que la cátedra se organice debidamente para preparar los exámenes correspondientes.

#### **Primera etapa:**

Condiciones necesarias: Dar notificación fehaciente al jefe de cátedra de la voluntad de presentarse a las evaluaciones de la AD 15 días corridos antes de la fecha de la primera evaluación (ver cronograma adjunto) con el fin de preparar y organizar las evaluaciones debidamente. Cumplimentar una asistencia a clase de 75% mínimo, tener aprobados los informes de los tres primeros trabajos prácticos (cuestionario general de sistemas de control (TP n°1) y simulación de sistema de primer orden vía circuito RC (TP n°2) y simulación de sistemas de orden superior formado por sistema compuesto de termómetro con vaina (TP n°3). Temas a evaluar: Teoría y práctica de Unidades 1 a 4 (inclusive) y de los TPs n° 1, 2 y 3 antes indicados.

#### **Segunda etapa:**

Condiciones necesarias: Haberse presentado a la primera etapa de evaluación para la AD antes mencionada y cumplimentar una asistencia a clase de 75% mínimo, tener aprobado el informe del TP n°4 (TP final de ajuste de lazos de control), cuyos datos deberán solicitar los alumnos en la fecha que indique el docente.

Temas a evaluar: Teoría y práctica de Unidades 5 y 6 y del TP n° 4 antes indicado.

**Tercera etapa:**

Condiciones necesarias: Haberse presentado a la segunda etapa de evaluación para la AD antes mencionada, cumplimentar una asistencia a clase de 75% mínimo. Temas a evaluar: Teoría y práctica de Unidad n° 7.

Para alcanzar la Aprobación Directa, el alumno debe obtener una calificación de 6 (seis) o más en cada una de las tres etapas mencionadas y la nota final resultará del promedio de las evaluaciones obtenidas en cada módulo de la Aprobación Directa.

**Etapa recuperatoria:**

Se proveerá de 1 (una) instancia recuperatoria de índole globalizadora de las 3 etapas arriba mencionadas en una fecha posterior a la última de ellas e indicada en el cronograma adjunto, en la cual el/la alumno/a que no hubiese alcanzado la calificación de 6 (seis) en alguna/s de la/s 3 etapas arriba mencionada/s podrá recuperar la/s instancia/s no aprobada/s. De esta forma la etapa recuperatoria se conformará de 1, 2 o 3 sub-etapas, en correspondencia con la 1°, 2° o 3° etapas evaluatorias para la AD arriba mencionadas que el/la alumno/a no hayan aprobado en las fechas correspondientes a cada una de éstas. Los temas que se incluirán en la misma se corresponderán con la temática comprendida de forma integral en cada evaluación que el/la alumno/a no hubiese aprobado según se detalla en las etapas de evaluación arriba mencionadas. Solo podrán acceder a esta etapa recuperatoria aquellos/as alumnos/as que se hayan presentado a las 3 etapas de evaluación arriba indicadas y que hayan demostrado el haber procurado responder las preguntas incluidas en las mismas de forma responsable, es decir que no hayan entregado de forma sistemática exámenes en blanco o en su defecto haber justificado fehacientemente la ausencia mediante certificado médico o de asistencia a un evento o jornada técnica, etc., las cuales además debieron haber sido informadas vía correo electrónico de forma previa al jefe de la cátedra. Para la Aprobación Directa, está implícito que deberá el/la alumno/a cumplimentar los requisitos del Capítulo 7 de esta ordenanza, 7.1.1, a saber: asistencia a clase en un 75 % para que no caduque su inscripción con las excepciones contempladas en 7.1.2, etc. Si el/la alumno/a alcanza la calificación de 6 (seis) o más en cada una de las sub-etapas que conforman la etapa recuperatoria arriba mencionada, estará en condiciones de alcanzar la Aprobación Directa.

**Condiciones de Aprobación No Directa**

Describir las condiciones de aprobación no directa, fundamentando brevemente su elección. Describir los instrumentos y recursos que se utilizarán.

**Requisitos alcanzar la condición de Aprobación No Directa (regularidad):**

Si el/la alumno/a decide no pasar por estas instancias de evaluación dirigidas a la Aprobación Directa en las fechas establecidas en el cronograma adjunto, o no alcanza los requisitos mínimos de Aprobación de las mismas (calificación de 6 (seis) puntos), en las fechas mencionadas o en la correspondiente etapa recuperatoria, pero cumplimenta los requisitos de cada módulo, es decir, presenta en los 7 días corridos

inmediatos a la fecha de realización de cada trabajo práctico, los informes de los trabajos prácticos n°1, 2, 3 y 4 (cuestionario general descriptivo de instrumentación y control, simulación de sistema de primer orden vía circuito RC y simulación de sistemas de orden superior vía termómetro con vaina y ajuste de controladores PID) solicitados con las correcciones indicadas y cumplimentadas en un 75 % como mínimo en cada uno de ellos y cuenta con un 75% de asistencia a clase, se le dará la condición de alumno regular (condición de Aprobación No Directa) de la materia y quedará habilitado para rendir el Examen Final.

Si el alumno/a no llegase a cumplimentar los requisitos para obtener la condición de Aprobación No Directa, tendrá la posibilidad de recuperar en 1 (una) instancia de evaluación globalizadora de Aprobación No Directa mediante la presentación de los informes de los trabajos prácticos y cuestionario/s no presentados/aprobados y efectuar un examen escrito sobre el contenido de los mismos. Para aprobar el examen, deberá alcanzar una calificación de 6 (seis) o más puntos. El tiempo para la presentación de estos informes/cuestionarios se halla detallado en el cronograma adjunto en esta planificación. Aquellos alumnos/as que se presenten a este recuperatorio pero que no hayan aprobado el cuestionario teórico-práctico indicado, tendrán una segunda instancia de recuperación en el turno en el 8° llamado a examen según calendario académico 2023-2024 (1° examen luego del receso estival). La realización y aprobación del examen globalizador para Aprobación No Directa no otorga la Aprobación Directa, es decir, el alumno/a en esa condición deberá rendir en instancia de examen final.

#### Modalidad de Examen Final

Describir la modalidad utilizada en el examen final, fundamentando brevemente su elección. Describir los instrumentos y recursos que se utilizarán.

Se evalúa a los alumnos mediante cuestionarios teórico-prácticos y de resolución de problemas con el fin de que los mismos puedan demostrar la capacidad de entendimiento de los conceptos teóricos y su aplicación. La evaluación se realiza en aula convencional, empleando elementos de escritura, dibujo y calculadora científica.

## **9. BIBLIOGRAFÍA**

Detallar la bibliografía utilizada y recomendada en la asignatura (se sugiere citar según Normas APA).

#### Bibliografía obligatoria

- \*Apuntes de la cátedra de Control Automático de Procesos, UTN-FRRo, Edición 2021 revisión Marzo 2023
- \*Stephanopoulos, G. Control de Procesos Químicos, Prentice-Hall, 1984.
- \*Smith y Corripio. Control Automático de Procesos. Editorial Limusa SA. México 1994.
- \*Creus, Antonio. Instrumentación Industrial. Editorial Marcombo, 2005.

#### Bibliografía optativa

- \*Perry. Manual del Ingeniero Químico. Fundamentos del Control Automático. Medición de Procesos. 5ª Edición y siguientes. 1986
- \*AADECA, Control de Procesos. Conceptos Básicos, Terminología y Técnicas.

\*AADECA, Performance de lazos de Control. N° 3 Vol. 2  
 \*Luyben, W. L. Process Modelling, Simulation and Control for Chemicals Engineers. Mac Graw-Hill.  
 \*Ogata Katsuhiko. Ingeniería de Control Moderna. Prentice-Hall.  
 \*Kuo Benjamin. Sistemas Automáticos de Control, Prentice-Hall.

Otros materiales del curso

\*Shinsky. Process Control Systems. 2ª Edición. 1984 Mc Graw Hill.  
 \*Shinsky, F: G: Distillation Control. Mc Graw Hill

**10. PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES Y CARGA HORARIA**

Cronograma

Detallar el cronograma semanal de clases, trabajos prácticos y evaluaciones previstos para el desarrollo de la asignatura. Marque el/los tipo/s de actividad/es que se realiza/n.

Semana	Descripción de la Actividad	Tipo de Actividad		
		Teoría	Práctica	Evaluación
01-23/03/23	Objetivos de la materia. Significación de la asignatura en la carrera de ingeniería química. Unidades temáticas. Metodología de la enseñanza y evaluación, cronograma. Organización en grupos de alumnos y denominación de los mismos. Detalles a cumplimentar para la Aprobación Directa y No Directa. Unidad 1: Necesidad y rol del control automático de procesos en plantas de procesos. Variables controladas, manipuladas y de perturbación. Etapas lógicas de control. Instrumentos de Medición de las variables de Procesos. Medición local y Remota. Interface hombre-máquina.	X		
02-30/03/23	Unidad 1: Introducción al concepto de re-direccionamiento de la energía para producir una acción de control. Salas de control. Terminología y símbolos. Alarmas y cortes automáticos. Diferentes estrategias de control y elementos de resistencia y de capacidad. Realimentación negativa y ejemplo de lazo de control paso a paso.	X		
03-06/04/23	Jueves 06/04/23: Día sin actividad académica según calendario académico.	-		
04-13/04/23	Finalización de los temas de la Unidad 1.	X		
05-20/04/23	Unidad n°2: Transformadas de Laplace y álgebra de diagramas en bloque.	X		
06-27/04/23	Continuación de la Unidad n°2.	X		
07-04/05/23	Finalización de la Unidad n°2.	X		
08-11/05/23	Unidad 3. Dinámica de los sistemas de 1er. Orden. Resistencias y capacidades. Respuesta a las funciones delta, escalón y Rampa. Error dinámico. Análisis en frecuencia. Diagramas de Nyquist y Bode. Presentación cuestionarios y actividades de la unidad. Uso del sistema de representación de Excel, desarrollo de ecuaciones y resolución por Solver para la determinación de parámetros de modelado del sistema. Comparación con Nyquist y Bode en la condensación de información que incluyen y 1° llamado a exámenes mesas escalonadas y 2° llamado a exámenes mesas escalonadas.	X		
09-18/05/23	Continuación de la Unidad n°3.	X		
10-25/05/23	Jueves 25/05/23: Día sin actividad académica según calendario académico.	X		

11- 01/06/23	Explicación de temas del TP n°1: Explicación de la instrumentación y lazos de control de los equipos. Foco en lazos de control de caudal. Representación gráfica del mismo y realización de informe por los grupos. Medición de temperatura, caudal, presión y nivel. Instrumentos en uso y estudio de los principios de funcionamiento para su correcta aplicación. Elementos de acción final: Válvulas de control.	X		
12- 08/06/23	Explicación de la teoría del trabajo práctico n°2: Simulación de un sistema de primer orden vía circuito resistencia-capacidad ("RC"). Entrega TP n°1	X		
13- 15/06/23	Realización del TP n°2 en laboratorio.		X	
14- 22/06/23	Finalización de la Unidad n°3 y comienzo de la Unidad n°4: Sistemas de 2° orden y superior. Respuesta de sistema de segundo orden a las funciones especiales. Comparación y diferencia con el sistema de 1er. Orden. Entrega de TP n°2. Sistemas de orden superior. Aproximación a sistemas de primer orden más tiempo muerto.	X		
15- 29/06/23	Continuación de la Unidad n°4.	X		
16- 06/07/23	Finalización de la Unidad n°4.	X		
17- 27/07/23	Explicación TP n°3: Ensayo experimental con un sistema de orden superior. Determinación aproximada de la función de transferencia por diferentes métodos. Observación del grado de aproximación del modelo con datos obtenidos experimentalmente.	X		
18- 03/08/23	Realización del TP n°3 en el laboratorio.		X	
19- 10/08/23	Entrega TP n°3. Unidad n°5: Algoritmos de control Si-No, Proporcional, Integral y Derivativo y sus combinaciones y 3° llamado a exámenes mesas escalonadas.	X		
20- 17/08/23	Evaluación parcial n°1: teoría y práctica de los T.P. n° 1 (cuestionario instrumentación), n° 2 (sistemas de primer orden) y n° 3 (sistemas de orden superior) y teoría hasta sistemas de orden superior, inclusive, para alumnos que opten por la Aprobación Directa			X
21- 24/08/23	Finalización de la Unidad n°5.	X		
22- 31/08/23	Unidad 6: Ajuste de controladores y estabilidad. Criterios de performance. Método de ajuste del último período o Ziegler-Nichols. Método de ajuste de la curva de reacción, según el diagrama de Bode, según los lineamientos de Control Robusto.	X		
23- 07/09/23	Explicación TP n°4: Sintonía o ajuste de lazos de control por realimentación y finalización de la Unidad n°6 y 4° llamado a exámenes mesas escalonadas.	X		
24- 14/09/23	Unidad 7: Instrumentación y control de operaciones unitarias. Control de caudal en bombas y ventiladores. Control de presión en Compresores. Control de temperatura en Intercambiadores de calor. Multicontrol en Hornos, Alambiques, Columnas de destilación, Sistemas frigoríficos, Secaderos, Reactores, etc. Entrega del TP n°4 para su corrección.	X		
25- 21/09/23	Jueves 21/09/23: Día sin actividad académica según calendario académico.	-		
26- 28/09/23	Evaluación parcial n°2: incluye teoría y práctica del T.P. n° 4 (sintonía de lazos de control) y teoría de algoritmos de control y sintonía de lazos de control para alumnos que opten por la Aprobación Directa.			X
27- 05/10/23	Continuación de la explicación de la unidad n°7	X		
28- 12/10/23	Finalización de la Unidad n°7	X		
29-	Evaluación parcial n°3: teoría y práctica de simbología, esquemas,			X

19/10/23	estrategias y configuraciones de control para alumnos que opten por la Aprobación Directa. Fecha final para presentar informes de trabajos prácticos y cuestionarios para la Aprobación No Directa para aquellos que no los presentaron/aprobaron.			
30-26/10/23	Evaluación recuperatoria globalizadora de los exámenes parciales no aprobados para la Aprobación Directa y de los alumnos que no hayan alcanzado las condiciones mínimas para la Aprobación No Directa			X
31-02/11/23	Instancia dejada libre como reserva ante imponderables. Se usará como clase de repaso de los contenidos de la materia en caso de quedar disponible.	X		
32-09/11/23	Instancia dejada libre como reserva ante imponderables. Se usará como clase de repaso de los contenidos de la materia en caso de quedar disponible.	X		

### Distribución de la carga horaria total

Estimar la carga horaria destinada a cada tipo de actividad a desarrollar en la asignatura, tanto áulica como extra-áulica (no debe superar el 100% de la carga áulica).

	Carga horaria áulica	Carga horaria extra-áulica
Formación teórica	73	50
Ejercitación de aula y problemas tipo	10	10
Formación experimental	13	13
Análisis y resolución de problemas de ingeniería y estudio de casos	0	0
Formulación, análisis y desarrollo de proyectos	0	0
<i>Total</i>	96	73

### Cronograma de las instancias de evaluación parciales e integración

Indicar las fechas tentativas de las instancias de evaluación previstas (parcial, globalizador, trabajo práctico, coloquio, exposición oral, proyecto, etc.) y sus respectivos recuperatorios (si corresponde).

Tipo de evaluación	Fecha	Observaciones
Evaluación parcial n°1	17/08/23	Cuestionario escrito sobre teoría y práctica (resolución de problemas/ejercicios) de los T.P. n° 1, 2 y 3 antes mencionados y teoría de Unidad n° 1 a 4 inclusive, para alumnos que opten por la Aprobación Directa.
Evaluación parcial n°2	28/09/23	Cuestionario escrito sobre teoría y práctica (resolución de problemas/ejercicios) del T.P. n° 4 antes mencionado y Unidades n° 5 y 6, para alumnos que opten por la Aprobación Directa.
Evaluación parcial n°3	19/10/23	Cuestionario escrito sobre teoría y práctica (resolución de problemas/ejercicios) de la Unidad n°7 para alumnos que opten por la Aprobación Directa. Fecha final para presentar informes de trabajos prácticos y cuestionarios
Recuperatorio globalizador	26/10/23	Evaluación recuperatoria globalizadora de los exámenes parciales no aprobados para la Aprobación Directa. Evaluación recuperatoria para los alumnos que no hayan alcanzado las condiciones mínimas para la Aprobación No

		Directa en forma de cuestionario escrito teórico/práctico (resolución de problemas/ejercicios) de los TPs n° 1, 2, 3 y 4 antes mencionados.
Recuperatorio globalizador	08/02/24	Segunda instancia de evaluación recuperatoria solamente para los alumnos que no hayan alcanzado las condiciones mínimas para la Aprobación No Directa en forma de cuestionario escrito teórico/práctico (resolución de problemas/ejercicios) de los TPs n° 1, 2, 3 y 4 antes mencionados.

## 11. MODALIDAD Y HORARIOS DE CONSULTAS

Especificar modalidad, días, horarios y lugar de las consultas de la asignatura.

Las clases de consulta se dictarán los jueves en el horario de 18:15 a 19:15. Deberán ser coordinadas de forma previa con el docente vía correo electrónico. El alumno deberá aguardar la confirmación del docente. Se incentivará la realización de clases de consulta grupales y deberán enviar previamente las consultas a realizar en un archivo en formato Word vía correo electrónico al momento de solicitar la clase se consulta.

## 12. ACTIVIDADES DE CÁTEDRA

### Actividades de Docencia

Detallar las actividades previstas respecto a la función docencia en el marco de la asignatura; reuniones de asignatura y área, indicando cronograma previsto; dirección y supervisión de los y las estudiantes en trabajos de campo, pasantías, visitas a empresas, indicando cronograma previsto; atención y orientación al estudiantado; etc.

La teoría de la asignatura es dictada por el profesor titular de la cátedra. La teoría de los trabajos prácticos y la ejecución de los mismos, por parte del jefe de trabajos prácticos con la asistencia del auxiliar de la cátedra. La dirección y supervisión de los estudiantes en ambas situaciones es llevada a cabo por los docentes de la cátedra, respectivamente. En las clases de consulta antes indicadas, se responden las consultas de los estudiantes y se brinda orientación a los mismos. Los miembros de la asignatura se reunirán el primer lunes (o el día hábil más próximo) de cada mes con el fin coordinar el dictado de los temas de teoría y el de los trabajos prácticos y hacer un seguimiento de las entregas de informes y evolución por parte de los alumnos.

### Actividades de Investigación y/o Extensión (si corresponde)

Detallar las actividades de los docentes de la asignatura respecto a la función investigación/extensión; propuestas de la cátedra para introducir a las y los estudiantes a actividades de investigación/extensión.

## 13. OBSERVACIONES

Detallar cualquier otra observación no incluida en los apartados anteriores

Sin observaciones

.....  
Firma y aclaración del titular de cátedra  
o responsable del equipo docente