



ITSON

Educar para
Trascender



Coordinación de Desarrollo
Académico

NOMBRE DEL CURSO: Optativa I (Control Avanzado de Procesos)
CLAVE/ID: 1202G/007285
DEPARTAMENTO: Ciencias del Agua y Medio Ambiente
BLOQUE/ACADEMIA A LA QUE PERTENECE: Formación específica/Procesos y energía
INTEGRANTES DEL COMITÉ DE DISEÑO: Rafael Apolinar Borquez, Jesús Álvarez Sánchez, Germán Eduardo Dévora Isiordia y Gustavo Adolfo Fimbres Weihs.

REQUISITOS: HORAS: 3 h CRÉDITOS: 5.25 PROGRAMA(S) EDUCATIVO(S) QUE LO RECIBE(N): Maestría en Ciencias en Ingeniería Química PLAN: 2020 FECHA DE ELABORACIÓN: 26 de mayo del 2020

Competencia específica a la que contribuye el curso: <i>LGAC 2. Ingeniería de Procesos Avanzados:</i> Innovar procesos de Ingeniería Química mediante análisis de exergía, la utilización de captura de CO ₂ y fuentes de energía renovables, para la minimización de emisiones de gases efecto invernadero	Tipo de competencia Específica
---	--

Descripción general del curso. Este curso se ofrece en el primer cuatrimestre, pertenece al bloque de formación específica de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Química, se compone de seis Unidades de Competencia en el cual el estudiante adquirirá los conocimientos sobre los sistemas de control avanzado para procesos aplicados en la industria química, el estudiante será capaz de diseñar e implementar distintos tipos de control, así como también la resolución a problemas de procesos con los que cuenta la región.
--



Unidad de Competencia I	Elementos de Competencia	Requerimientos de información
<p>Aplicar los conceptos fundamentales de las características de control de los procesos, así como las diferentes cualidades presentes en cada proceso mediante los diagramas de bloque y controles PID aplicando la responsabilidad y la autonomía en la identificación de sistemas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar en forma de diagrama de bloques el control con el que cuentan las industrias de procesos químicos en la región con base en una investigación responsable y ética. • Analizar los distintos diseños de los sistemas de control P-proporcional, I-integral y D-derivativo en procesos mediante el uso de paquetes computacionales de licencia libre con base en una investigación responsable y ética que fomenten el aprendizaje. • Identificar un sistema de segundo orden y sintonizar mediante controladores PID desarrollando sus capacidades personales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diagramas de bloque • Diseño y sintonía de controladores PID
<p>Unidad de Competencia II Identificar las estructuras generales de las diferentes estrategias de control avanzado para lazos sencillos mediante los desempeños que muestre el sistema al simular los distintos controles promoviendo la integración con el grupo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar los esquemas de control en cascada y control feedforward mediante el uso de simuladores considerando interés particular en los controles propuestos. • Analizar los sistemas de control de lógica difusa mediante su comparación con los distintos tipos de control clásico mostrando capacidad analítica. • Identificar la diferencia de control PID a un control equivalente PID a través de lógica difusa aplicando la reflexión y el análisis. 	<ul style="list-style-type: none"> • Control en Cascada • Control Feedforward • Controladores especiales (ramp/soak, fuzzy, etc.) • Adaptación de control sistemas de lazo sencillo para procesos no-lineales
<p>Unidad de Competencia III Aplicar el Control multi-lazo y multivariable identificando sistemas con características múltiples entradas y múltiples salidas suscitando a respuestas racionales de la identificación de los conceptos básicos aplicando la colaboración con el grupo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar los conceptos básicos sobre los sistemas lineales múltiples entradas y múltiples salidas mediante el uso de funciones de transferencia fomentando la colaboración entre los compañeros del grupo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas lineales de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO) • Representación espacio-estado de sistemas • Operadores lineales



	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar el espacio-estado de un sistema a partir del comportamiento entrada-salida aplicando una actitud asertiva. • Realizar un análisis de estabilidad mediante el método de Lyapunov de un sistema controlado mostrando una solución de forma racional • Verificar la eficiencia y calidad de un proceso mediante las interacciones de control de múltiples lazos mostrando una solución de forma asertiva y racional. • Caracterizar la respuesta en frecuencia de un sistema mediante el desarrollo e interpretación de las gráficas de Bode mostrando una solución de forma asertiva y racional. 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de controlabilidad y observabilidad • Análisis de estabilidad de Lyapunov • Efectos de interacción en múltiples lazos • Análisis de desempeño de múltiples lazos • Control multivariable centralizado • Análisis de dominio de frecuencia <ul style="list-style-type: none"> ○ Gráficas de Bode y Nyquist para sistemas SISO ○ Análisis de valor singular para sistemas MIMO • Síntesis de controladores
<p>Unidad de Competencia IV Representar el comportamiento de sistemas dinámicos complejos mediante las técnicas de control predictivo basado en modelos aplicando la creatividad particular para el análisis de sistemas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar las características y funcionamiento del control predictivo de una variable (SISO) utilizados en procesos químico basado en el modelo GPC aplicando la autonomía, esfuerzo y colaboración para el análisis SISO. • Analizar las características y funcionamiento del control predictivo de múltiples variables (MIMO) utilizados en procesos químicos basado en el modelo GPC aplicando la autonomía y colaboración para el análisis MIMO. • Realizar los cálculos de control predictivo mediante modelos de un sistema propuesto identificado en la industria química de la región aplicando la autonomía y colaboración para el análisis. 	<ul style="list-style-type: none"> • Control predictivo de una variable (SISO) • Control predictivo de múltiples variables (MIMO) • Control predictivo generalizado (GPC) • Cálculos de control predictivo basado en modelos.



<p>Unidad de Competencia V Identificar de forma paramétrica los sistemas multivariantes mediante las diferentes técnicas de estimación de mínimos cuadrados considerando flexibilidad en la solución de problemas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar de un sistema en la industria química mediante el método de estimación por mínimos cuadrados aplicando la adaptabilidad en la identificación de los sistemas multivariantes. • Identificar de un sistema en la industria química mediante el método mínimos cuadrados por lotes aplicando la adaptabilidad en la identificación del método propuesto. • Identificar de un sistema reconocido en la industria química mediante el método de estimación por mínimos cuadrados generalizados y extendidos aplicando la ética en los sistemas considerados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación por estimación de mínimos cuadrados • Mínimos cuadrados por lotes y recursivo (RLS) • Mínimos cuadrados generalizados (GLS) y extendidos (ELS)
<p>Unidad de Competencia VI Aplicar de Control no lineal mediante la identificación de sistemas de ecuaciones no lineales con iniciativa proponiendo sistemas, su desarrollo e implementación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar los métodos para el diseño de control de sistemas no lineales y su aplicación en la ingeniería química mediante el uso de simuladores de licencia libre mostrando iniciativa proponiendo soluciones del tema en el particular. • Investigar los controles globales linearizante aplicados a la ingeniería química mediante el uso de simuladores de licencia libre aplicando la creatividad para el desarrollo de sistemas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Métodos para diseño de control de sistemas no-lineales • Control global linearizante (GLC)



Criterios de Evaluación		
Unidad de Competencia I		
	Evidencias	Criterios
Desempeños	<ul style="list-style-type: none"> • Exposición por equipos acerca de los controladores PID y sus aplicaciones industriales. • Explicación en clase del concepto de diagrama a bloques de sistemas, así como también las operaciones matemáticas de los bloques • Resuelve ejercicios prácticos sobre diagrama a bloques de sistemas. • Resuelve ejercicios prácticos el diseño de controladores, así como también de sintonía. 	<ul style="list-style-type: none"> • La exposición por equipos seguirá los puntos especificados en la guía de observación acordada por el núcleo académico del de la maestría en ciencias en ingeniería química. • Responder de forma oral las preguntas planteadas por el maestro apoyándose en definiciones, estándares vigentes y de manera original. • Se proyectarán las simulaciones de los ejercicios resueltos utilizando los paquetes computacionales acordados en el curso y deberá dar solución asertiva individual a los ejercicios propuestos por el maestro.
Productos	<ul style="list-style-type: none"> • Presentaciones realizadas por equipos. • Archivos con los ejercicios resueltos de diseño y sintonía de controladores PID. 	<ul style="list-style-type: none"> • El documento sobre la exposición acerca del diseño y sintonía de los controladores PID debe cumplir los siguientes criterios: Portada, índice, introducción (incluir los antecedentes y el objetivo de la investigación), desarrollo del trabajo, conclusiones, bibliografía y anexos. Se reflejará la capacidad para trabajar en equipo. <p>El documento con los ejercicios resueltos debe cumplir con los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Refleja solución asertiva. • Entrega completa en tiempo y forma.
Conocimientos	<p>Concepto de control de procesos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diagrama de bloques de sistemas • Diseño de controladores PID • Sintonía de controladores PID 	



Criterios de Evaluación Unidad de Competencia II		
Evidencias		Criterios
Desempeños	<ul style="list-style-type: none"> Exposición por equipos acerca de control en cascada y control feedforward. Exposición por equipos acerca de controles especiales (ramp/soak y fuzzy) Ejercicios prácticos en clase sobre controles especiales. 	<ul style="list-style-type: none"> La exposición por equipos seguirá los puntos especificados en la guía de observación acordada por el núcleo académico del de la maestría en ciencias en ingeniería química. Responder de forma oral las preguntas planteadas por el maestro apoyándose en definiciones, estándares vigentes y de manera original. Se proyectarán las simulaciones de los ejercicios resueltos utilizando los paquetes computacionales acordados en el curso y deberá dar solución asertiva individual a los ejercicios propuestos por el maestro.
Productos	<ul style="list-style-type: none"> Reporte por escrito de las exposiciones en equipos. Archivos en el formato del programa de cómputo acordado en clase con los ejercicios resueltos en clase sobre los controles especiales ramp/soak y Fuzzy. 	<ul style="list-style-type: none"> El documento sobre la exposición acerca de los controles cascada, feedforward y controles especiales debe cumplir los siguientes criterios: Portada, índice, introducción (incluir los antecedentes y el objetivo de la investigación), desarrollo del trabajo, conclusiones, bibliografía y anexos. Se reflejará la capacidad para trabajar en equipo. <p>El documento con los ejercicios resueltos debe cumplir con los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Refleja solución asertiva. Entrega completa en tiempo y forma.
Conocimientos	<p>Teoría sobre control avanzado de lazo sencillo</p> <ul style="list-style-type: none"> Definición de los sistemas de control en cascada Definición de los sistemas de control en feedforward Sistemas de Control ramp/soak. Sistemas de control fuzzy 	



Criterios de Evaluación		
Unidad de Competencia III		
	Evidencias	Criterios
Desempeños	<ul style="list-style-type: none"> • Exposición de los sistemas lineales con múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO), representación de espacio – estado y operadores lineales. • Realizar ejercicios de análisis de estabilidad mediante el método propuesto por Lyapunov. • Realizar ejercicios de análisis de dominio en frecuencia 	<ul style="list-style-type: none"> • La exposición por equipos seguirá los puntos especificados en la guía de observación acordada por el núcleo académico del de la maestría en ciencias en ingeniería química. • Responder de forma oral las preguntas planteadas por el maestro apoyándose en definiciones, estándares vigentes y de manera original. • Se proyectarán los resultados de los ejercicios resueltos de los análisis de estabilidad y dominio de frecuencia; deberá dar solución asertiva individual a los ejercicios propuestos por el maestro.
Productos	<ul style="list-style-type: none"> • Reporte por escrito en equipo sobre los sistemas lineales MIMO, la representación de espacio – estado de sistemas y operadores lineales. • Archivos en el formato del programa de cómputo acordado en clase con los ejercicios resueltos en clase sobre los análisis de estabilidad y análisis de dominio en frecuencia. 	<ul style="list-style-type: none"> • El reporte sobre los diferentes sistemas lineales debe cumplir los siguientes criterios: Portada, índice, introducción (incluir los antecedentes y el objetivo), desarrollo del trabajo, propiedades químicas y físicas del polímero desconocido, conclusiones, bibliografía y anexos. Se reflejará la capacidad para trabajar en equipo. <p>El documento con los ejercicios resueltos debe cumplir con los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Refleja solución asertiva. Entrega completa en tiempo y forma.
Conocimientos	<p>Control multi-lazo y multivariable</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sistemas lineales múltiples • Representación espacio - estado • Operadores lineales • Análisis de controlabilidad y observabilidad • Control multivariable centralizado • Análisis de dominio de frecuencia 	



Criterios de Evaluación		
Unidad de Competencia IV		
	Evidencias	Criterios
Desempeños	<ul style="list-style-type: none"> • Exposición de los sistemas lineales con múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO), representación de espacio – estado y operadores lineales. • Realizar ejercicios de análisis de estabilidad mediante el método propuesto por Lyapunov. • Realizar ejercicios de análisis de dominio en frecuencia 	<ul style="list-style-type: none"> • La exposición por equipos seguirá los puntos especificados en la guía de observación acordada por el núcleo académico del de la maestría en ciencias en ingeniería química. • Responder de forma oral las preguntas planteadas por el maestro apoyándose en definiciones, estándares vigentes y de manera original. • Se proyectarán los resultados de los ejercicios resueltos de los análisis de estabilidad y dominio de frecuencia; deberá dar solución asertiva individual a los ejercicios propuestos por el maestro.
Productos	<ul style="list-style-type: none"> • Mapa conceptual por escrito del control predictivo basado en modelos. • Reporte por escrito de exposición en equipos. 	<p>El mapa conceptual debe seguir los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Incluye las palabras: control predictivo SISO, MIMO, control predictivo generalizado. • Se basa en por lo menos en 5 referencias bibliográficas • Sigue un orden cronológico y ordenado. <p>El reporte sobre la identificación de sistemas debe cumplir los siguientes criterios: Portada, índice, introducción (incluir los antecedentes y el objetivo), desarrollo del trabajo, modelos de control predictivo, conclusiones, bibliografía y anexos. Se reflejará la capacidad para trabajar en equipo.</p>
Conocimientos	<p>Teoría sobre Control predictivo basado en modelos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de control predictivo SISO • Sistemas de control predictivo MIMO • Sistemas de control predictivo generalizado 	



Criterios de Evaluación		
Unidad de Competencia V		
	Evidencias	Criterios
Desempeños	<ul style="list-style-type: none"> Realizar ejercicios de identificación de sistemas Foro virtual sobre la identificación paramétrica de sistemas mediante el uso de técnicas de mínimos cuadrados y por lotes. 	<ul style="list-style-type: none"> Responder de forma oral las preguntas planteadas por el maestro apoyándose en definiciones, estándares vigentes y de manera original. Se proyectarán los resultados de los ejercicios resueltos de los análisis de estabilidad y dominio de frecuencia; deberá dar solución asertiva individual a los ejercicios propuestos por el maestro. El maestro coordinará el foro virtual: el alumno dará su punto de vista sobre la identificación de sistemas por el método de mínimos cuadrados y por lotes.
Productos	<ul style="list-style-type: none"> Archivos en el formato del programa de cómputo acordado en clase con los ejercicios resueltos en clase sobre los análisis de estabilidad y análisis de dominio en frecuencia. Reporte por escrito de lo aprendido en el foro. 	<p>El documento con los ejercicios resueltos debe cumplir con los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Refleja solución asertiva. Entrega completa en tiempo y forma. El reporte sobre la identificación de sistemas debe cumplir los siguientes criterios: Portada, índice, introducción (incluir los antecedentes y el objetivo), estimaciones de mínimos cuadrados, conclusiones, bibliografía y anexos. Se reflejará la capacidad para trabajar en equipo.
Conocimiento	<p>Teoría sobre identificación de sistemas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Estimación del método de mínimos cuadrados Mínimos cuadrados extendidos Mínimos cuadrados por lotes 	



Criterios de Evaluación		
Unidad de Competencia VI		
	Evidencias	Criterios
Desempeños	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar ejercicios de control no lineal • Foro virtual sobre los distintos sistemas de control no lineal más usados en la industria. 	<ul style="list-style-type: none"> • Responder de forma oral las preguntas planteadas por el maestro apoyándose en definiciones, estándares vigentes y de manera original. • Se proyectarán los resultados de los ejercicios resueltos de los sistemas de control no lineales; deberá dar solución asertiva individual a los ejercicios propuestos por el maestro. • El maestro coordinará el foro virtual: el alumno dará su punto de vista sobre la identificación de sistemas por el método de mínimos cuadrados y por lotes.
Productos	<ul style="list-style-type: none"> • Archivos en el formato del programa de computo acordado en clase con los ejercicios resueltos en clase sobre el control global linearizante (GLC). • Reporte por escrito de lo aprendido en el foro. 	<p>El documento con los ejercicios resueltos debe cumplir con los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Refleja solución asertiva. Entrega completa en tiempo y forma. • El reporte sobre la metodología para el diseño de control de sistemas no-lineales debe cumplir los siguientes criterios: Portada, índice, introducción (incluir los antecedentes y el objetivo), simulaciones de control de sistemas no lineales, conclusiones, bibliografía y anexos. Se reflejará la capacidad para trabajar en equipo.
Conocimientos	<p>Teoría sobre sistemas de control no lineal</p> <ul style="list-style-type: none"> • Características de un sistema no lineal • Características de un sistema de control no lineal • Alcances del control global linearizante 	



Evaluación del curso.

Ponderaciones para calificación final del curso:

Criterio	Ponderación
Unidad de Competencia 1	10 %
Unidad de Competencia 2	20 %
Unidad de Competencia 3	20%
Unidad de Competencia 4	20 %
Unidad de Competencia 5	20%
Unidad de Competencia 6	10%
Total	100%

Bibliografía.

Bibliografía Básica.

- Seborg D. E., Edgar T. F., Mellichamp D. A. and Doyle III F. J. (2011). Process Dynamics and Control. 3rd ed. Hoboken, NJ: Wiley.
- Marlin T. E., (2000). Process Control. 2nd ed. Boston, MA: McGraw-Hill.
- Smith C. and Corripio, A. (1991). Control Automático de procesos: Teoría y práctica. Limusa, México.

Bibliografía de Consulta.

- Castro P. O. and Camacho E. F. (1997). Control e instrumentación de Procesos Químicos. Síntesis, Madrid.
- Camacho E. F., Bordons C. (1999). Model Predictive Control, Springer.
- William L. Luyben (1996). Process modeling, simulation and control for chemical engineers. Segunda edición. Mc Graw Hill.

Base de Datos Electrónica

Elsevier: Scalable integrated solution for real time estimation, control and optimization of the quality of fuels manufactured in refineries: an industrial story

<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2405896317314015?token=08A9B0EEB633678BED77E0A79FA563384BDEE03D9DAF4685AAA6132BEA79734346B797F954E63CEB8FCB5D319517E9FD>

Springer: Decentralized Model Predictive Control.

https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-0-85729-033-5_5

ACS: American Chemical Society: Advances in Coal Gasification, Hydrogenation, and Gas Treating for the Production of Chemicals and Fuels.

<https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/cr400202m>