

Programa de Dinámica de los Sistemas



Código/s: E11

Identificación y características de la Actividad Curricular

Carrera/s:	Ingeniería Eléctrica		
Plan de Estudios:	2014	Carácter:	Obligatoria
Bloque/Campo:	Tecnologías Básicas	Área:	Automatización
Régimen de cursado:	Cuatrimestral		
Cuatrimestre:	7º [ETA]		
Carga horaria:	96 hs. / 6 hs. semanales	Formato curricular:	Asignatura
Escuela:	Ingeniería Eléctrica	Departamento:	Electrotecnia y Metrología
Docente responsable:	JUNCO, Sergio		

Programa Sintético

Modelado sistemático de Sistemas Físicos Dinámicos con métodos clásicos, Lagrangiano y Hamiltoniano, y diagramas de bloques y bond graphs. Sistemas Lineales y Estacionarios. Estabilidad externa e interna. Respuesta temporal y trayectorias en el espacio de estados. Identificación. Análisis de Sistemas No-Lineales. Equilibrio y Modelos Incrementales. Linealización. Estabilidad del Equilibrio. Métodos de Liapunov. Integración Numérica y Simulación Digital. Introducción a los sistemas de control. Principales paradigmas y estructuras.

Asignaturas Relacionadas

Previas:	E8 - Análisis de Señales y Sistemas, E9 - Máquinas Eléctricas I
Simultaneas Recomendadas:	E10 - Automatización I
Posteriores:	E14 - Maquinas Eléctricas II, E15 - Automatización II

Vigencia desde

Firma Profesor

Fecha

Firma Aprob. Escuela

Fecha

Con el aval del Consejo Asesor:

Características generales

La presencia de esta actividad curricular en el plan de estudios se justifica por la necesidad actual de la ingeniería de contar con modelos matemáticos para resolver problemas de análisis y diseño. Esto es particularmente cierto para el caso de sistemas dinámicos, el campo particular que enfoca la asignatura, cuyo estudio requiere la conjugación de conocimientos de la Física y de la Matemática conjuntamente con herramientas informatizadas para el tratamiento de los modelos.

La temática se desarrolla sobre problemas prácticos de complejidad creciente, lo cual contribuye a la consolidación gradual y a la asimilación integrada de los conocimientos de las disciplinas básicas mencionadas. Además de la formación teórica y metodológica se busca la familiarización con sistemas y componentes de aparición recurrente en ingeniería a través de su presencia en la resolución de problemas y el equipamiento utilizado en los trabajos prácticos.

Objetivos

La asignatura se ocupa de la obtención y el análisis de modelos matemáticos de sistemas dinámicos, orientada –aunque no excluyentemente– a fundamentar criterios y métodos para su control automático. Los objetivos son que el alumno logre:

I.- Un cabal dominio de:

- El concepto de modelo, con sus propiedades y limitaciones, y de los fundamentos, posibilidades y perspectivas de la teoría de los sistemas dinámicos sustentados por este concepto.
- Los métodos clásicos de modelado para problemas estándar en automatización.
- Los fundamentos de métodos de modelado basados en energía y potencia, eficaces para abordar problemas de análisis y diseño a partir de cierta complejidad.
- Métodos y técnicas específicas de análisis de los sistemas dinámicos lineales estacionarios.
- Las propiedades básicas del comportamiento dinámico de sistemas no lineales.
- La simulación digital interactiva como potente herramienta de análisis y diseño, aún y especialmente de aquellos sistemas intratables analíticamente.

II.- Familiaridad con modelos de componentes tecnológicos simples incorporados e incorporables a los sistemas y procesos industriales automatizados.

III.- Conciencia de la fuerte interacción de la Ciencia y la Tecnología en la Ingeniería actual, Física, Matemática e Informática en el área de Sistemas Dinámicos y Control Automático, y dominio de herramientas de análisis que le permitan su actualización autónoma.

Contenido Temático

Unidad 1. Introducción. Dinámica y Modelos Matemáticos.

1.1 Generalización del concepto de dinámica (extensión a los otros dominios de la Física y otras disciplinas científicas). Modelos Matemáticos, MM. Propiedades fundamentales. Orden, grado relativo.

1.2 Clases de MM de sistemas de parámetros concentrados: Ecuaciones Diferenciales Ordinarias de orden superior, EDOs; Sistemas de EDOs de primer orden o Ecuaciones de Estado, EE; Diagramas de Bloques, DB; Funciones Transferencia. Interconversión de modelos.

1.3 Modelado matemático analítico o en base a primeros principios y modelado experimental o identificación de sistemas.

1.4 Estudio numérico de los MM y simulación digital. Elementos de la integración numérica de ecuaciones diferenciales. Paso de integración, errores de redondeo y de truncamiento, estabilidad de los métodos. Principales métodos de integración. Métodos monopaso/multipaso, explícitos/implícitos. Soluciones para problemas implícitos, problemas rígidos y problemas discontinuos.

Unidad 2. Modelado analítico clásico y con DB.

2.1 Ecuaciones de balance y relaciones constitutivas.

- 2.1.1 Modelado clásico elemental mediante sustitución.
- 2.1.2 Construcción sistemática de DB mediante concatenación.
- 2.2 Aplicación a sistemas eléctricos, mecánicos, electromecánicos, térmicos e hidráulicos.
- 2.3 Simuladores con especificación de los MM como DB y/o ecuaciones.

Unidad 3. Métodos energéticos clásicos en los dominios mecánico, eléctrico, eléctrico-mecánico y electromagnético-mecánico.

- 3.1 Coordenadas generalizadas y funciones de estado.
- 3.2 Las ecuaciones de Euler-Lagrange.
- 3.3 Las ecuaciones de Hamilton clásicas y las generalizadas PHS (Port-Hamiltonian Systems).

Unidad 4. Modelado analítico con bond graphs.

- 4.1 El método gráfico-energético de los Bond Graphs (BG).
 - 4.1.1 Modelado estructurado basado en energía y potencia generalizado para todos los dominios de la física.
 - 4.1.2 Construcción sistemática de modelos mediante BG de sistemas eléctricos, electrónicos, mecánicos, fluidodinámicos, y multidominio.
- 4.2 Análisis y manipulación causal de los modelos BG.
 - 4.2.1 Causalidad computacional. Codificación gráfica sobre los BG.
 - 4.2.2 Obtención de DBs directamente desde los modelos BG.
 - 4.2.3 Obtención de EE/ES y otros modelos matemáticos directamente desde los modelos BG.
- 4.3 Simuladores con especificación de los MM como BG.

Unidad 5. Comportamiento dinámico de los modelos lineales.

- 5.1 Estabilidad de los modelos externos o estabilidad entrada-salida.
- 5.2 Solución analítica de modelos externos lineales (EDOs, FTs) de 1ro., 2do. y (algunos casos de) 3er. orden. Modos naturales de la respuesta libre. Propiedades de las respuestas al escalón y al impulso. Norma DIN 19226.
- 5.3 Elementos de la Identificación de sistemas en base a la respuesta al escalón.
- 5.4 Solución analítica de modelos internos (EE) lineales de orden genérico. Retratos de fase con enfoque geométrico de sistemas de orden 2 y 3.
- 5.5 Estabilidad interna de modelos lineales.
- 5.6 Relaciones entre estabilidad interna y externa de modelos lineales.

Unidad 6. Comportamiento dinámico de los modelos no-lineales.

- 6.1 Solución General en el Espacio de Estados.
- 6.2 Equilibrio y Modelos Incrementales Exacto y Linealizado (aproximación de primer orden).
- 6.3 Estabilidad del equilibrio y análisis local de los sistemas no-lineales.
 - 6.3.1 Análisis de la estabilidad interna con métodos de Lyapunov. Teorema de Lasalle.
 - 6.3.2 Comportamiento cualitativo de los sistemas no-lineales en las proximidades del equilibrio. Teorema de Hartman y Grobman.
- 6.4 Comportamiento de Sistemas Conmutados.

Unidad 7. Introducción a los sistemas de control.

- 7.1 Estructuras de los sistemas de control. Realimentación o feedback y feedforward.
- 7.2 Estructura constitutiva de los sistemas de control: planta, sensores, filtros, controladores, actuadores. Ejemplos tecnológicos.
- 7.3 Principales paradigmas de control.
 - 7.3.1 Modelos externos y realimentación de salida.
 - 7.3.2 Modelos internos y realimentación de estados.
 - 7.3.3 Inyección Feedforward de señales de control.

Modalidades de enseñanza-aprendizaje

Las clases, teórico-prácticas, introducen y desarrollan todos los conceptos y técnicas a partir de ejemplos prácticos y se complementan con resolución guiada y/o asistida de ejercicios a entregar después de ser terminados en casa como forma de fomentar el aprendizaje centrado en el alumno (microevaluación). Hay dos trabajos prácticos puramente de simulación digital y otros dos que combinan experimentos en laboratorio con simulación. Las correcciones de las microevaluaciones y de los trabajos prácticos son grupales (2 personas por grupo). Hay también exámenes parciales de ejecución y corrección individual.

Actividades de Formación Práctica

Nº	Título	Descripción
1	Introducción a la Simulación Digital	El objetivo es introducir a los alumnos a la práctica de la resolución numérica de ecuaciones diferenciales, familiarizándolos con herramientas de software interactivas y con los principales métodos de integración numérica.
2	Pelota rebotando. Modelado y Simulación mediante Simulación Digital	Sobre un sistema simple, este trabajo cubre el abanico completo de la práctica de modelado y simulación: construcción de un modelo mediante primeros principios, primera parametrización (parcial) del modelo a través de mediciones de propiedades de sus componentes, ensayos dinámicos y mediciones de la evolución de sus variables, simulación del modelo y contraste de sus resultados con las mediciones de los ensayos a fin de ajustar los parámetros inciertos y determinar los desconocidos, validación del modelo así ajustado contra un juego de datos de otros ensayos. Dada el carácter conmutado del modelo se avanza además sobre nuevos elementos de simulación digital.
3	Miniproyecto de modelado físico	De características similares al anterior, sólo que siendo el sistema más complejo permite además la familiarización con instrumental y equipos de laboratorio y aún de tipo industrial. Se trata de un generador de continua (campo independiente) impulsado por un motor de inducción (controlado por variador de velocidad), con una carga eléctrica (lámparas) variable a voluntad. El sistema está automatizado con PLC y PC, incluyendo sensores de variables mecánicas (encoder, estimación de cupla) y eléctricas (medición de corriente con osciloscopio).
4	Puente grúa	Trata del modelado y simulación con bond graphs del movimiento en un plano de un puente grúa: motor eléctrico de tracción, reductor, carro, carga pendiente de un cable elástico. La simulación de un experimento de posicionamiento de la carga a lazo abierto, cambiando la alimentación precalculada mediante prueba y error para compensar las perturbaciones, se complementa con una simulación cerrando el lazo de posición con un simple control proporcional de manera de mostrar prácticamente las bondades de la realimentación.

Evaluación

Los requisitos de aprobación se refieren a tres bloques: los trabajos prácticos (TP), los exámenes parciales (EP) y un conjunto de microevaluaciones de avance y consolidación (ME). Los siguientes son las características de las evaluaciones y los requisitos de aprobación:

ALUMNOS REGULARES:

TP: Los TPs de simulación tienen una breve pre-evaluación (multiple choice) en el laboratorio y una evaluación del desempeño durante su desarrollo. Del TP2 se requiere un informe posterior (a entregar a través del sitio web de la asignatura). Los TPs 3 y 4 se aprueban defendiendo los resultados obtenidos, que en el caso del TP3 se refieren al ajuste de las simulaciones con las mediciones experimentales y en el TP4 a la interpretación de los resultados de simulación.

Para aprobar este bloque se requiere haber aprobado los TPs 2, 3 y 4.

EP: Cada uno de los tres parciales consiste en un conjunto de problemas que, además de aspectos metodológicos y prácticos de resolución de problemas, integran un importante contenido teórico-conceptual. Los dos primeros EPs versan sobre Modelado en base a primeros principios y Manipulación de modelos. El tercero trata del Comportamiento dinámico de los modelos.

El requisito sobre este bloque es haber aprobado sendos conjuntos consistentes de los bloques Modelado y Manipulación por una parte y Comportamiento por la otra. Cada conjunto puede cuantificarse en un 80% de los temas. Los alumnos disponen de sendas instancias recuperatorias al fin del semestre, una para cada bloque temático.

ME: Estas microevaluaciones son actividades orientadas a que el alumno incorpore gradualmente los nuevos temas tratados y los consolide a través de su trabajo; constituyen un elemento importante para un aprendizaje continuo. Cada una consiste en un bloque de una hora al final de una clase, con práctica guiada y/o asistida por los docentes. En la semana siguiente cada alumno debe entregar para su corrección un subconjunto de los problemas trabajados en este bloque completamente resueltos. Con el 75% aprobado se aprueba el bloque.

CONDICIÓN APROBADO: El alumno alcanzará esta condición habiendo aprobado los bloques TP, ME y EP.

CONDICIÓN INTERMEDIA: El alumno alcanzará esta condición habiendo aprobado los bloques TP, ME y al menos uno de los bloques temáticos, sea Modelado y Manipulación o Comportamiento, pertenecientes al bloque EP. Para alcanzar la condición de aprobado, el alumno deberá rendir el bloque temático que no haya aprobado.

CONDICIÓN LIBRE: El alumno quedará en esta condición en caso de no haber alcanzado ninguna de las condiciones anteriores.

EXAMEN DE ALUMNOS LIBRES:

Para rendir como libre un alumno debe preparar todos los TPs. Al momento de rendir se le hacen preguntas sobre cada uno de ellos (debe exhibir resultados y se le puede requerir que realice simulaciones), debiendo desarrollar completamente uno de ellos sin que se le especifique cual con anterioridad. Una vez aprobados los TPs hay una instancia de resolución de problemas de los dos bloques temáticos mencionados más arriba. Finalmente debe rendir un coloquio.

Distribución de la carga horaria

Presenciales

Teóricas		48 Hs.
Prácticas	Experimental de Laboratorio	16 Hs.

	Experimental de Campo	0 Hs.
	Resolución de Problemas y Ejercicios	24 Hs.
	Problemas Abiertos de Ingeniería	8 Hs.
	Actividades de Proyecto y Diseño	0 Hs.
	Práctica Profesional Supervisada	0 Hs.
	Total	96 Hs.
Evaluaciones		8 Hs.
Dedicadas por el alumno fuera de clase		
	Preparación Teórica	32 Hs.
	Preparación Práctica	32 Hs.
	Elaboración y redacción de informes, trabajos, presentaciones, etc.	16 Hs.
	Total	80 Hs.

Bibliografía básica

Título	Autores	Editorial	Año	Ejem.
Introduction to Physical System Dynamics	Karnopp, D. & Rosenberg, R	MC Graw Hill	1983	1
Dinámica de Sistemas	Ogata, K.	Prentice Hall	1983	1
Modeling of Dynamic Systems	Ljung, L. & Glad, T.	Prentice Hall	1994	1
Ingeniería de Control Moderna	Ogata, K.	Prentice Hall	1993	1

Bibliografía complementaria

Título	Autores	Editorial	Año	Ejem.
System Dynamics. Modeling and simulation of mechatronic systems.	Karnopp, D., Margolis, D., Rosenberg, R.	Wiley Inter-science, New York.	2000	1
Continuous System Simulation.	François Cellier, Ernesto Kofman	Springer, New York.	2006	1

Recursos web y otros recursos

Hay apuntes de teoría, guías de problemas a resolver, guías de trabajos prácticos, problemas resueltos, enunciados de exámenes anteriores y exámenes resueltos a modo de ejemplo. También hay transparencias de presentaciones de clases, tablas, etc. La asignatura tiene un sitio web en una plataforma informática (campus virtual de la Esc. de Ing. Electrónica) que permite el acceso a todo este material y sirve para la comunicación a través de mensajes publicados en el mismo sitio y distribuidos por email. También permite que los alumnos suban material a ser evaluado por el equipo docente. La cátedra ha grabado todas las clases de una cursada y subido los videos a la web (youtube) donde están disponibles para todos los alumnos. Estos videos, organizados por clases, se complementarán con otro conjunto organizado temáticamente.

Unidad 1:

Apuntes:

- Dinámica de Sistemas Físicos: Sistemas Dinámicos y Modelos Matemáticos - Modelado Matemático de Sistemas Físicos
- Introducción a los Métodos de Integración Numérica de Ecuaciones Diferenciales Ordinarias.

Guías de problemas

- Modelado Analítico de Sistemas Físicos
- El Modelado Clásico en Automatización.
- Modelado Matemático de Sistemas Industriales Controlados Simples
- Métodos de Integración Numérica
- Métodos de Integración Numérica – Problemas Resueltos

Transparencias de clases

- Presentación Contenidos Asignatura DSF / Control I-Introducción
- SFD: Clasificación de Variables. Concepto de Estado. Variables de Estado. Energía en los Almacenadores. Formalismos Clásicos de Modelado.

Tablas

- Relaciones Constitutivas de Componentes Elementales de Sistemas Físicos.
- Resistencias Hidráulicas.

Unidad 2.

Apuntes:

- Modelado Analítico Mediante Diagramas de Bloques.
- Sistemas térmicos.
- Sistemas fluidodinámicos.
- Razones de la Preferencia por la Causalidad Integral en los DBs.

Guías de problemas:

- Sistemas Térmicos. Problemas resueltos.
- Dinámica de la Máquina de Corriente Continua.
- Modelización con DB de Sistemas Mecánicos y Eléctricos
- Modelado de Máquinas de Corriente Continua.

Tablas:

- Motor de Inducción, Sistema Físico Idealizado, Arrollamientos Físicos y Variables de Máquina.
- Bloques Normalizados.
- Orden de Sistemas Dinámicos.
- Reglas del Álgebra de los Diagramas de Bloques.

Unidad 3.

Apuntes:

- Métodos Energéticos de la Mecánica Analítica en el Modelado de Sistemas Físicos en Ingeniería: Ecuaciones de Euler-Lagrange. Ecuaciones de Hamilton y PHS.

Unidad 4.

Apuntes:

- Procedimientos Prácticos de Construcción de BGs de Sistemas Mecánicos, Eléctricos e Hidráulicos.
- Modelado con Bond Graphs de Campos de almacenadores de energía.

Transparencias de clase:

- Introducción al Modelado con Bond Graphs.

Unidad 5.

Apuntes:

- Solución formal de las EE.
- Solución General de la Ecuación de Estado.
- Identificación de sistemas mediante análisis de respuesta al escalón.
- Retratos de Fase de un Sistema Libre de 2do. Orden.

Guías de problemas

- Análisis en el EE de Sistemas LyE.
- Propiedades y Respuesta de Modelos Externos LyE. Problemas y Ejemplos de Aplicación.
- Colección de problemas- Estabilidad interna-estabilidad externa.

Transparencias de clase:

- Retratos de Fase Sistemas Lineales de Segundo Orden

Tablas

- Retratos de Fase de un Sistema Libre de Segundo Orden
- Estabilidad Externa de Sistemas Dinámicos.
- Propiedades del sistema PT2.

Unidad 6.

Apuntes:

- Vinculación de modelos externos e internos: EE/ES-->FT (MT).
- Sistemas Dinámicos: Equilibrio y Modelos Incrementales.
- Linealización de sistemas dinámicos.
- Estabilidad Interna de los Sistemas No Lineales.

Guías de Problemas:

- POs de Sistemas No Lineales: Estabilidad y Análisis Local
- Respuesta temporal, problemas propuestos.
- Práctica de Modelos Incrementales y Linealización
- Práctica de Sistemas Conmutados

Unidad 7. Introducción a los sistemas de control.

Transparencias de clase:

- Sistemas y Control.

Guías de Problemas:

- El Modelado Clásico en Automatización.
- Modelado Matemático de Sistemas Industriales Controlados Simples.

Listado de videos de clases:

Introducción a Control I /DSF

Parte 1: <http://youtu.be/nop-btt0yMg>

Parte 2: <http://youtu.be/5HESd8pubRg>

Técnicas de MM. Mecánica clásica/Euler-Lagrange

Parte 1: <http://youtu.be/stwTbedPuJY>

Parte 2: <http://youtu.be/Tbrfjha9LcE>

Parte 3: <http://youtu.be/tK6yq3FnY0o>

Parte 4: <http://youtu.be/9QDpUDtsYLk>

Causalidad. SFI-->DB. Variables de estado

Parte 1:<http://youtu.be/zTHpOVXOp-4>

Parte 2:<http://youtu.be/TJRbtmiZR0>

Parte 3:<http://youtu.be/QyXUcO6bvUE>

SFI-->DB. Estado de un Σ∆. Orden

Parte 1:<http://youtu.be/nLkel901Vs8>

Parte 2:<http://youtu.be/EMcozmdwCa8>

Parte 3:<http://youtu.be/KbsyW7gMCJ8>

Parte 4:<http://youtu.be/qnO4ON2w8r0>

Parte 5:<http://youtu.be/-uGCS7ZHd9E>

SFI-->DB. Eliminación de derivadores en DB/Lazos algebraicos.

Parte 1:<http://youtu.be/9XmZ9D9yk8U>

Parte 2:<http://youtu.be/J0YKX6WvLvQ>

Parte 3:<http://youtu.be/GgHEzvAw0bU>

Parte 4:<http://youtu.be/vJJZ6TThoZE>

SFR (MCC)- SFI-->DB. Señales/Energía/potencia. Introducción sistemas térmicos.

Parte 1:<http://youtu.be/JHkCLNjMi3Q>

Parte 2:<http://youtu.be/JpM2SMtc8II>

Sistemas Térmicos. Resumen 1er parcial

Parte 1:<http://youtu.be/2SEYtFT2Wjs>

Parte 2:<http://youtu.be/BodBvxPkBuo>

Parte 3:<http://youtu.be/WWxFF9w2Njs>

Parte 4:<http://youtu.be/buiOi93zd5M>

Primera clase de BG. Introducción/modelado

Parte 1: <http://youtu.be/HDVHTEcfh2U>

Parte 2: <http://youtu.be/-SZyO3XLJuw>

Parte 3: <http://youtu.be/Q5N0TNdsaPk>

Parte 4: <http://youtu.be/gHoQ5vWP6PY>

Segunda Clase de BG. Modelado/Asignación de causalidad

Parte 1: <http://youtu.be/RlvsFfCOV70>

Parte 2: <http://youtu.be/VvwAjE2fkOw>

Parte 3: <http://youtu.be/4xKmi3HGfqs>

Parte 4: http://youtu.be/iAzLjAmwS_w

Tercera Clase de BG. DM-->EE

Parte 1: <http://youtu.be/dWc5K8qWkZI>

Parte 2: <http://youtu.be/EHAuREylqp4>

Parte 3: <http://youtu.be/GQjXeul9z-E>

Parte 4: <http://youtu.be/qlvllmD0n3Q>

Parte 5: <http://youtu.be/7YnemGBOhKU>

Cuarta Clase de BG. Sistemas Hidráulicos. DB-BG/DM

Parte 1:<http://youtu.be/UJNrb8RAuOw>

Parte 2:<http://youtu.be/Bfj0Z6AFk9I>

Quinta Clase de BG. Sistemas Hidráulicos. DB-BG/DM. Compresibilidad de un fluido. Inertancia hidráulica. Ej.

Bomba aspirante/impelente.

Parte1: http://youtu.be/DmzakB1Mz_o

Parte2:<http://youtu.be/gaUmXH7acUk>

Sexta Clase de BG. Ej. Bomba aspirante/impelente (cont.). DE-DM-->DB

Parte1: <http://youtu.be/vOMqUNP4cig>

Parte2: <http://youtu.be/5IUoy6kNxxY>

Séptima Clase de BG.

Parte1: <http://youtu.be/2VdC7JleEik>

Parte2: http://youtu.be/9_ZoZiEZ5W0

Parte3: <http://youtu.be/hAYaS-2FpHc>

Parte4: <http://youtu.be/b29Jju9uWNQ>

Parte5: <http://youtu.be/CgSWFyDTHzM>

Pelota rebotando (intro. sistemas conmutados), espacio de estados.

Parte1: <http://www.youtube.com/watch?v=LOoMTRL1Ojs>

Parte2: <http://www.youtube.com/watch?v=5oYzRSQ-GQg>

Parte3: <http://www.youtube.com/watch?v=lqBUFamPxTY>

Parte4: <http://www.youtube.com/watch?v=MKYtkLx9BK4>

Octava Clase de BG. Prob. Válvula de alivio. Prob. Ward-Leonard.

Parte1: <http://youtu.be/G7WmmMG211w>

Parte2: <http://youtu.be/G7WmmMG211w>

Parte3: <http://youtu.be/OOkb8TJ1Gjg>

MCC

Parte1: <https://www.youtube.com/watch?v=qDQm19WCXUk>

PO/MIEX/MILIN.

Parte1: <https://www.youtube.com/watch?v=vJDKr1NhmEg>

Parte2: https://www.youtube.com/watch?v=jXopubOn_8Q

Estabilidad interna. Lyapunov. La Salle

Parte1: <http://youtu.be/wrgJ5o3uuSw>

Parte2:http://youtu.be/_xjguxSLtLU

Clase Almacenadores de energía. BG/EL. Electro-Imán/Campo IC

Parte1: <https://www.youtube.com/watch?v=ql-6aRNbP4Q>

Parte2: <https://www.youtube.com/watch?v=sqfs756Nzd8>

Parte3: <https://www.youtube.com/watch?v=Xxj0IEjNJ3U>

MCC. Análisis exhaustivo y orientación TP.

Parte1: <http://youtu.be/Z2x4FJ0eJZs>

Parte2: <http://youtu.be/Q8fQ6HaA2SY>

Parte3: http://youtu.be/K_hJOxQT0oE

Estabilidad interna. Lyapunov. La Salle. Clase 2

Parte1: <http://www.youtube.com/watch?v=mjCTbrYoLb4>

Parte2: <http://www.youtube.com/watch?v=X3RGAic18g4>

Resumen pre-parcial. PO/Milin/Miex/Estabilidad

Parte1: <https://www.youtube.com/watch?v=1ZqcMhHmdWY>

Parte2: https://www.youtube.com/watch?v=ivMp_dp6yyI

Sistemas Conmutados.

Parte1: <https://www.youtube.com/watch?v=xz7AhzWkhx8>

Parte2: https://www.youtube.com/watch?v=M_x6qj_ml4M

Parte2: <https://www.youtube.com/watch?v=lYpA5SP769Y>

Resumen pre-parcial. PO/Milin/Miex/Estabilidad

Parte1: <http://www.youtube.com/watch?v=csrz7FhKSBs&>

Cronograma de actividades

Semana	Unidad	Tema	Actividad
1	1	Sistemas dinámicos. Leyes básicas de la mecánica y de circuitos eléctricos e hidráulicos. Relaciones constitutivas y estructurales. Modelos matemáticos: Ecs. Diferenciales Ordinarias (EDOs). Analogía. Orden. Variables y ecuaciones de estado (EE).	Clases teórico-prácticas, resolución de problemas y ejercicios.
2	2	Modelado básico clásico. Obtención sistemática de EDOs de orden superior y de EE. Funciones transferencia. Grado relativo. Interconversión de modelos. Modelado con DB de sistemas mecánicos, eléctricos e hidráulicos.	Clases teórico-prácticas, resolución de problemas y ejercicios. Primera microevaluación de avance y consolidación.
3	2, 7	Modelado con DB de sistemas electromecánicos y térmicos. Obtención de EDOs y EE a partir de los DB. Singularidades en los diagramas de bloques (lazos algebraicos y causalidad derivativa). Estructuras funcionales y constitutivas de los sistemas de control.	Clases teórico-prácticas, resolución de problemas y ejercicios. OBS.: la Unidad 7 se desarrolla a partir de esta semana con un enfoque práctico y de manera distribuida en las semanas siguientes (según se indica en el casillero correspondiente) en concordancia con el avance de las herramientas de modelado y de análisis de los modelos.
4	1, 5	Elementos de la respuesta de modelos lineales descritos por FTs y EEs. Métodos de integración numérica de las ecuaciones diferenciales y simulación digital.	Clases teórico-prácticas, resolución de problemas y ejercicios. Clases destinadas a transmitir los conocimientos básicos necesarios de comportamiento dinámico y subsiguiente fundamentación de los métodos de resolución numérica de los sistemas dinámicos (simulación digital). Segunda microevaluación de avance y consolidación.
5	5, 7	Respuesta de modelos lineales entrada-salida. Modos dinámicos. Estabilidad externa. Respuesta al escalón de sistemas lineales de 1er y 2do orden con distinto grado relativo.	Clases teórico-prácticas, resolución de problemas y ejercicios. Primer trabajo práctico de simulación digital.
6	3	El modelado analítico con métodos energéticos. Energías y co-energías cinética y potencial generalizadas. Coordenadas generalizadas y funciones de estado Lagrangiano y de Rayleigh. Ecuaciones de Euler-Lagrange. La energía almacenada y el Hamiltoniano.	Clases teórico-prácticas, resolución de problemas y ejercicios. Segundo trabajo práctico de simulación digital.
7	3	Modelado de sistemas mecánicos y electromecánicos con el método de Euler-Lagrange. Introducción elemental a las ecuaciones de Hamilton clásicas. Modelos PHS (Port-Hamiltonian Systems) en Ingeniería.	Clases teórico-prácticas, resolución de problemas y ejercicios. Primera evaluación parcial.

8	4	Modelado con el método de los Bond Graphs de sistemas eléctricos, mecánicos, electromecánicos e hidráulicos simples.	Clases teórico-prácticas, resolución de problemas y ejercicios. Tercera microevaluación de avance y consolidación.
9	4	Obtención de Diagramas de bloques y ecs. de estado y salida a partir de los Bond Graphs. Orden y grado relativo en los Bond Graphs.	Clases teórico-prácticas, resolución de problemas y ejercicios. Trabajo práctico en laboratorio físico, primera parte.
10	4, 7	Modelado con el método de los Bond Graphs de sistemas eléctricos, mecánicos, electromecánicos e hidráulicos complejos y sistemas de dominios mixtos. Acoplamiento entre planta y controlador (modelos energéticos y en señal).	Clases teórico-prácticas, resolución de problemas y ejercicios. Cuarta microevaluación de avance y consolidación.
11	3, 7	Modelos externos de sistemas lineales. Estabilidad y modos dinámicos. Relación entre modelos internos y externos de sistemas lineales. Estabilización por retroalimentación de estados y de salida.	Clases teórico-prácticas, resolución de problemas y ejercicios. Segunda evaluación parcial.
12	5	Normalización DIN de los modelos lineales en base a la respuesta al escalón. Identificación con la respuesta al escalón.	Clases teórico-prácticas, resolución de problemas y ejercicios. Quinta microevaluación de avance y consolidación.
13	5	Solución genérica de las ecs. de estado. Sistemas lineales, matriz de transición. Modos dinámicos. Relación entre estabilidad interna y externa.	Clases teórico-prácticas, resolución de problemas y ejercicios. Trabajo práctico en laboratorio físico, segunda parte.
14	5	Retratos de fases de sistemas de segundo orden. Autovalores. Invariancia y autovectores.	Clases teórico-prácticas, resolución de problemas y ejercicios. Sexta microevaluación de avance y consolidación.
15	6, 7	Equilibrio de sistemas no lineales. Existencia y multiplicidad. Aplicaciones. Estabilidad del equilibrio según Lyapunov. Análisis con la aproximación de primer orden, método indirecto de Lyapunov y teorema de Hartman y Grobman. Estabilización del equilibrio sobre modelos linealizados.	Clases teórico-prácticas, resolución de problemas y ejercicios. Tercer trabajo práctico de simulación digital.
16	6, 7	Análisis de la estabilidad del equilibrio con el método directo de Lyapunov. Invariancia y teorema de Lasalle. Estabilización del equilibrio directamente sobre modelos no lineales (ideas básicas del control no lineal).	Clases teórico-prácticas, resolución de problemas y ejercicios. Tercera evaluación parcial.