

Carrera:	Ingeniería Aeroespacial	Plan:	2023	Nº de orden:	44
Asignatura:	Ingeniería de Sistemas Espaciales			Horas cat./sem.:	3
Departamento:	Ingeniería Aeroespacial			Horas reloj/año:	72
Bloque:	Tecnologías Aplicadas			Nivel:	5
Área:	Motores			RTF	-
Competencias	Genéricas		Específicas		
	CG5 – CG10		CE1.4 – CE1.7 – CE6 – CE11		
Objetivos					
• Identificar la Arquitectura de los satélites, segmento espacial y terreno. • Proyectar una misión espacial en sus esferas de análisis, diseño, ensayos, gerenciamiento y aseguramiento de la misión. • Realizar experiencias de laboratorio y simulación para corroborar teorías y resultados analíticos.					
Contenidos que se trabajan en la actividad (Mínimo)					
• Reseña Histórica de los Sistemas Espaciales. • Conceptos Generales de las Ciencias Espaciales. • Entorno de un Vehículo Espacial. • Reglas y Principios Esenciales. • Arquitectura de un Proyecto Espacial. • Segmento Espacial: Arquitectura, Funciones principales. • Segmento Terreno: Arquitectura, Funciones principales. • Análisis de Misión. • Integración y Ensayos. • Gestión de los Proyectos Espaciales. • Seguridad y Aseguramiento de las Misiones Espaciales. • Proyecto Integrador: Definición de una Misión Espacial.					
Unidades / Módulos					
• UNIDAD 1: RESEÑA HISTÓRICA DE LOS SISTEMAS ESPACIALES Antecedentes Históricos y Evolución de la Tecnología Aeroespacial desde sus Orígenes hasta la Actualidad. Principales Referentes. La Carrera Espacial. Vuelos Tripulados. Estaciones Espaciales. Principales Misiones Científicas, Tecnológicas y Comerciales. Pasado, Presente y Futuro de la Tecnología Aeroespacial en la Argentina. Impacto de las Tecnologías Aeroespaciales en la Vida Cotidiana. • UNIDAD 2: CONCEPTOS GENERALES DE LAS CIENCIAS ESPACIALES Diferencias entre Ciencia e Ingeniería. Definiciones de Ingeniería Espacial, Aeronautica y Aeroespacial. La Escala del Universo. Particularidades de la Ingeniería Espacial: Entorno, Complejidad, Calidad Requerida, Costos, Duraciones de los Proyectos. Acciones Preventivas para Obtener Misiones Exitosas. Clasificación de las Misiones Espaciales. Áreas de Conocimiento Involucrados en las Misiones Espaciales. El Rol de la Ingeniería de Sistemas. Definición de Programa, Proyecto, Misión, Segmento, Sistema, Modulo, Instrumento, Carga Útil, Subsistema, Unidad y Partes. Criterio Mínimo de Éxito, Objetivo y Principales Requerimientos de una Misión Espacial. Fases de un Proyecto Espacial. • UNIDAD 3: ENTORNO DE UN VEHÍCULO ESPACIAL Entorno en Tierra: Condiciones de Temperatura y Humedad. Almacenamiento. Contaminación. Cargas Electrostáticas, Cargas de Transporte. Cargas de Ensayo. Entorno de Lanzamiento: Ambiente Vibratorio, Acústico, Térmico y Electromagnético, Despresurización Rápida. Entorno Planetario y Espacial: Atmosfera Superior. Oxigeno Atómico. Vacío. Micro Gravedad. Efecto de la Irregularidad de la Tierra. Magnetosfera. Micro Meteoritos y Basura Espacial. Ambiente Térmico. Viento Solar (partículas de alta energía) y Ciclos Solares. Rayos Cósmicos. Radiación Electromagnética. El Efecto					

de cada uno de los Entornos sobre los Vehículos Espaciales y los seres vivos. Capacidad de Supervivencia de Materiales, Equipos y Personas. Formas de Mitigación.

- **UNIDAD 4: REGLAS Y PRINCIPIOS ESENCIALES**

Bases de datos de las Normas Espaciales: ESA. NASA. Normas Militares. Estructura Organizativa de las Normas de la ESA. Lecciones Aprendidas de NASA. Principales Reglas de Diseño y Ensayos: Reglas de Oro de NASA-GSFC. Principios de Diseño de NASA-JPL. Norma de Verificación Ambiental General (GEVS) de NASA-GSFC. Ingeniería de Sistemas: Fundamentos. Áreas de Incumbencia Propias y Áreas Conjuntas con el Gerenciamiento del Proyecto. Propósito y Salidas de cada Fase del Proyecto. Modelo de Competencia. Categorización de los Proyectos Espaciales. Proceso de Diseño del Sistema. Flujo de Información desde los Objetivos hasta los Requerimientos Principales. Proceso de Definición de Requerimientos. Verificaciones y Validaciones. Los Riesgos y su Tratamiento.

- **UNIDAD 5: ARQUITECTURA DE UN PROYECTO ESPACIAL**

Clasificación de las Misiones Espaciales: Tripulada o Automática. Solicitante de la Misión. Objetivo. Tipo de Órbita. Terrestre o Extraterrestre. Masa del Satélite. Constelaciones. Descripción de Misiones Típicas: Observación de Recursos Naturales. Meteorológica. Militar. Comunicaciones. Tecnológicas. Científicas. Posicionamiento Global. Satélites Universitarios. Arquitecturas típicas. Funciones y Características de los Segmentos Constituyentes. La Evolución de los Segmentos de Vuelo y de Tierra.

- **UNIDAD 6: SEGMENTO ESPACIAL: ARQUITECTURA, FUNCIONES PRINCIPALES**

Arquitecturas típicas según el tipo de misión. Definiciones según tipo de Ensamble (Módulos, Subsistemas, Sección, Unidades, Partes). El Módulo de Servicios y de Carga Útil. Los Subsistemas. Control de Actitud y de Órbita: Funciones. Terminología. Control de Apuntamiento. Proceso de Diseño. Perturbaciones. Tipos de Estabilización. Lógica del Control de Actitud y de Órbita. Propulsión. Sensores y Actuadores. Control Térmico: Funciones. Terminología. Formas de Transmisión del Calor. Ley de Stephan Boltzman. Wien, Kirchoff. Control Activo y Pasivo. Análisis Térmico. Materiales. Estructuras y Mecanismos: Funciones. Terminología. Requerimientos Estructurales. Análisis Estático y Dinámico. Definición de la Configuración Física. Materiales. Generación de Potencia: Funciones. Terminología. Requerimientos. Paneles Solares. Baterías. Distribución y Regulación de Potencia. Comunicaciones: Funciones. Terminología. Arquitecturas y su Criterio de Selección. Balance de Enlace. Telecomandos y Telemetría. Frecuencias. Equipamiento. Comando y Gestión de Datos: Funciones. Terminología. Arquitectura Funcional. Adquisición, Procesamiento y Almacenamiento de la Telemetría. Sincronismo y Automatismos. Recepción de Comandos y Generación de la Telemetría. Generación del Tiempo a Bordo. Equipamiento. Software: Funciones. Terminología. Tipos de Software. Estimación de Recursos de la Computadora. Arquitecturas Típicas. Ingeniería del Software. Integración y Ensayos. Ciclo del Software. Diagrama de Estados. Modos y Transiciones.

- **UNIDAD 7: SEGMENTO TERRENO: ARQUITECTURA, FUNCIONES PRINCIPALES**

Arquitecturas típicas. Principales funciones y características de las Estaciones Terrenas, del Centro de Control, del Centro de Misión, del Segmento Usuario y del Segmento de Vuelo. Dinámica Orbital. Operaciones de Misiones Espaciales. Concepto de operaciones. Contingencias en vuelo. Planificación y Scheduling de Actividades. Elementos Operativos de la Base de Datos de la Misión. Gestión de Configuración del Segmento Terreno y Operaciones.

- **UNIDAD 8: ANÁLISIS DE MISIÓN**

El proceso de Análisis y Diseño de una Misión Espacial. Definición de Objetivos: Objetivos Primarios y Secundarios. Restricciones. Estimación de las Necesidades y Requerimientos de la Misión. Caracterización de la Misión: Definición y Caracterización de Conceptos y Arquitecturas Viables, identificando las Principales Variables que los Gobiernan. Evaluación de la Misión: Identificar a los Requerimientos Críticos. Evaluar la Utilidad de la Misión. Definir el Concepto de Referencia Inicial de la Misión. Definición de los Requerimientos: Requerimientos de Nivel Sistemas. Asignación de Recursos Técnicos y Programáticos a los Diferentes Elementos de la Misión. Aplicación al Proyecto Integrador.

• **UNIDAD 9: INTEGRACIÓN Y ENSAYOS**

Introducción: Conceptos Generales, Definiciones, Terminología. Niveles de Ensamble. Requerimientos Clave. Matriz de Verificación. Calificación y Aceptación. Criterios de Éxito. Contingencias. Filosofía de Modelos: Clasificación del Hardware. Modelos Físicos a Nivel Sistema, Subsistema y Componente. Modelos Matemáticos Estructurales, Térmicos y 3D. Ensayos Ambientales: Compatibilidad Electromagnética. Ensayos Magnéticos. Ensayos Mecánicos. Ensayos Térmicos. Ensayos No Ambientales: Funcionales Eléctricos. Funcionales Mecánicos. Propiedades de Masa. Alineamiento. Planitud. Ensayos no Convencionales. Integración: Proceso de Integración. La Integración Mecánica. La Integración Eléctrica. Planificación de la Campañas de Integración y Ensayos: Organización de la Campaña. Secuencias Típicas. Documentación. Revisiones.

• **UNIDAD 10: GESTIÓN DE LOS PROYECTOS ESPACIALES**

Fundamentos de la Gestión de Proyectos: Definiciones. Relación con la Ingeniería de Sistemas. Ciclo de Vida, Consideraciones, Fases y Revisiones. Metodologías de Gestión: Objetivos del Proyecto. WBS. Hitos del Proyecto. Balance entre Cronograma, Costo y Performance. Costos y Duraciones Mínimas. Riesgos Asociados. Control de Gestión. El Valor Ganado. Plan de Implementación del Proyecto. Otros Planes Principales. Planificación de los Recursos. Gerenciamiento de la Información: Comunicaciones Internas, Externas y Reportes de Avance. Proyectos Internacionales: Cooperación Internacional. Problemas Típicos de los Proyectos Internacionales y su Mitigación. Gestión de Proyectos Altamente Complejos: Documentación de Referencia y su Gestión. Cuestiones Contractuales. Especificaciones. Interfaces. Declaración de Trabajo (SOW).

• **UNIDAD 11: SEGURIDAD Y ASEGURAMIENTO DE LAS MISIONES ESPACIALES**

Definiciones y Organización del Área de Seguridad y Aseguramiento de Misiones. El proceso de Aseguramiento. La Confiabilidad y sus Análisis. Control la Calidad de Hardware y Software. Ingeniería de Partes, Materiales y Procesos. Control de Contaminación. Gestión de riesgos. Aseguramiento de operaciones. Normas aplicables de uso espacial.

• **UNIDAD 12: PROYECTO INTEGRADOR: DEFINICIÓN DE UNA MISIÓN ESPACIAL**

En este espacio los estudiantes realizarán una etapa de un proyecto satelital trabajando en equipo, para ello deberán definir, gerenciar, administrar, diseñar, fabricar, ensayar y documentar todo lo realizado siguiendo los lineamientos utilizados en las industrias y agencias espaciales de primer nivel. Las actividades serán sometidas las a revisiones formales establecidas para los Proyectos Satelitales. El alcance del trabajo de cada cohorte dependerá de la cantidad de alumnos de la misma, así como del financiamiento obtenido. Se trabajará en forma incremental, de modo tal que cada trabajo se sustente en lo realizado por las cohortes precedentes y servirá como base para el trabajo a ser realizada por la siguiente.

Bibliografía

- Historia de la Actividad Espacial en la Argentina, De León, Lulucom, 2008.
- The Complete Illustrated History, Buzz Aldrin Merrell, NASA, 2005.
- The Early History of Spacecraft and Rocketry, Gruntman M, AIAA, 2004.
- Análisis y Diseño de Vehículos Lanzadores Espaciales, Cerocchi, 2022.
- Systems Engineering General Requirement, ECSS-E-ST-10. NASA, 2009.
- Systems Engineering Processes and Requirement, NPR 7123.1, NASA, 2009.
- Systems Engineering Handbook, NASA/SP-2007-610S. NASA, 2007.
- Space Mission Engineering: The New SMAD, Wertz et al, Microcosm Press, 2011.
- Space Mission Analysis and Design, Larson, Springer, 2013.
- Space Mission Analysis and Design - Workbook, Larson et al, Wertz, 2005.
- Space Vehicle Design, Second Edition, Griffin M. AIAA, 2004.
- Rules for Design, Development, Verific and Ops of Flight Systems, GSFC, NASA 2021.
- Design, Ver/Val and Ops Principles for Flight Systems, JPL D-17868 rev. 3, NASA, 2006.
- General Environmental Verification Standard, GSFC-STD 7000, NASA, 2019.
- Space engineering – Testing, ECSS-E-ST-10-03, ESA, 2012.

- Mission Success Handbook for Cubesat Missions, NASA GSFC-HDBK-8007, 2019.
- The Space Environment: Implications for Spacecraft Design, Tribble, Princeton, 2003.
- Space environment, ECSS-E-ST-10-04C, ESA, 2020.
- Space Engineering – Software Product Assurance, ECSS-Q-ST-80C, ESA, 2009.
- Space Engineering – Software, ECSS-E-ST-40C, ESA, 2009.
- MSFC Engineering Documentation Standard, MSFC-STD-555, NASA, 2013.
- Space Project Mgmt: Project planning and implementation, ECSS-M-ST-10, ESA, 2009.
- Reducing Space Mission Cost, James R. Wertz and Wiley J. Larson, 1996.
- NASA Cost Estimating Handbook, NASA, 2008.