

RESUMEN MÓDULO I ROBÓTICA AÉREA:

ÍNDICE DE CONTENIDOS:

TEMA 1: INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS UAS

TEMA 2: ESTACIÓN DE CONTROL TERRESTRE

TEMA 3: ENLACE DE DATOS

TEMA 4: MARCO LEGISLATIVO

TEMA 5: CARGA DE PAGO

TEMA 6: LIDAR

1 TEMA 1: INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS UAS

UAS (Unmanned Aircraft System) = UAV (Unmanned Air Vehicle) + GCS (Ground Control Station) + Communications.

RPA / RPAS (Remotely Piloted Aircraft System): A diferencia de los UAS, éstos no son autónomos.

Elementos: Aeronave, carga de pago, comunicaciones, estación de control, equipo de apoyo e interfaz C2.

Regla 3 Ds: **Dull** (larga estancia), **Dirty** (materiales peligrosos) y **Dangerous** (acciones hostiles).

Ventajas: Menor peso, limitaciones y coste; y mayor transportabilidad y velocidad de implementación.

Desventajas: Hackeo, mal funcionamiento del enlace, peso limitado y condiciones meteorológicas adversas.

Categorías: **MAV** (< 250 g), **SUAS** (0,5-2,5 kg), **STUAS** (25-90 kg), **TUAS** (90-600/700 kg), **MALE UAS** (450-4500 kg), **HALE UAS** (> 2000 kg), **VTOL UAS**, **Solar-Powered UAS**.

1896-1939: Kettering Bug (I G.M.), UAS como práctica de artillería, control remoto mediante RF, Queen Bee.

1939-1945: Flying Bomb fue el primer misil de crucero, municiones guiadas en Alemania, Project Aphrodite de EEUU convirtió bombarderos en bombas UAS, y el OQ-2 fue el primer UAS controlado por radio en EEUU.

1945-1972: Teledyne Ryan Firebee/Firefly, Gyrodine QH-50 fue el primer helicóptero operacional no tripulado, y el Lockheed D-21 lanzaba misiones preprogramadas de forma autónoma.

1972-1988: Vigilancia y transmisión en tiempo real, robots Pioneer y Hunter.

1988-2000: Condor fue el primer UAS con navegación GPS y aterrizaje automático.

2001-hoy: Muchas horas de vuelo, SOs mejores en los UAVs, MAVs en desarrollo por desafíos técnicos.

Futuro: Mayor desarrollo en aplicaciones civiles y científicas.

1 TEMA 2: ESTACIÓN DE CONTROL TERRESTRE

Tipos de GCSs: Fijo/portátil, monooperador/multioperador, GCS simple/GCS múltiple.

Clasificación: **Mini-UAS** (portátil, monooperador y GCS simple), **TUAS y algunos MALE UAS** (portátil, multioperador y GCS simple), **algunos MALE UAS y HALE UAS** (portátil+fijo, multioperador y GCS múltiple).

Preparación de misión: Preparación de datos => Preparación de misión (vuelo, carga de pago y comunicaciones) => Instrucciones.

Ejecución de misión: Inicialización => Taxi y despegue (A/V, comunicaciones, carga de pago, replanificación y monitorización de misión) => Instrucciones

Offline: **Debriefing** (análisis de vuelo), **mantenimiento** (actualizaciones de hardware y software) y **entrenamiento** (simuladores y entrenamiento personal de pilotos y operadores).

Roles: Operador de vuelo, comandante de misión, operador de carga de pago, analista de inteligencia, operador de mantenimiento e instructor de entrenamiento.

Requisitos de diseño: Funcionales/operacionales; certificación y seguridad (coste y tiempo); factores humanos (carga de trabajo aceptable y ergonomía); compatibilidad electromagnética e interferencias; medioambiental (adaptación al clima); eléctrica (potencia requerida); transportabilidad y ciberseguridad (hacks).

Autonomía actual: Un RP por RPA, poca autonomía y mucho trabajo del RP.

Autonomía futura: Mayor autonomía en toma de tierra y aire, capaz de controlar varios UAVs desde un GCS.

HMI (Human Machine Interface): Habilidad para incorporar nuevos desarrollos tecnológicos (IA, realidad virtual, reconocimiento de voz y gestos, bajo nivel de autonomía y mucha carga de trabajo para el RP).

Portabilidad y operabilidad: Siempre está conectado desde cualquier lugar y de forma segura.

UTM (UAS Traffic Management): Iniciativa que controla las operaciones de los UAS de la FAA, NASA, etc.

ATM (Air Traffic Management): Complementaria a la ATM de la FAA.

U-Space: Fase de procedimientos y servicios sobre seguridad, eficiencia y acceso seguro a muchos drones.

TEMAS 3: ENLACE DE DATOS

Necesidad de enlazar datos: Elimina pilotos y operadores de la carga de pago y disemina datos.

Frecuencia: Uso de señales de comunicación electromagnética inalámbrica emitida mediante radiación electromagnética por ondas de radio (radiofrecuencia).

Tipos de frecuencia: **C2** (CyL en LOS y Ku&Ka en BLOS), **carga de pago** (C&Ku en LOS y Ku&Ka en BLOS).

Velocidad de datos (banda estrecha): Menos señal de banda que la anchura del canal, baja velocidad de datos, señales de ≤ 100 KHz, más robusto, menor respuesta de frecuencia plana, fácil aislamiento y poder de señal de transmisión bajo.

Velocidad de datos (banda ancha): Más señal de banda que la anchura del canal, señales de ≥ 100 KHz, menos robusto, mayor respuesta de frecuencia plana, difícil aislamiento, poder de señal de transmisión alto.

Rango (LOS): Las antenas emisora y receptora pueden verse a sí mismas, **Visual LOS** (capacidad de ver de un punto a otro), **RF LOS** (requiere Visual LOS además de la Zona de Fresnel).

Rango (BLOS): Más largo que LOS, y establece que cuanto mayor es la distancia, mayor es la latencia.

Interoperabilidad: Indica si es necesario hablar con otros activos.

Seguridad (amenazas): **Intercepción** (gran emisión de radiación de la fuente), **Jamming** (ruido electromagnético a las radiofrecuencias de la conversación dron-operador), **Spoofing** (altera comandos del UAV mediante señales maliciosas de GPS, provocando colisiones o pérdida de orientación), **Maldrone** (malware en áreas críticas del SO del UAS mediante fallos de seguridad en el enlace de datos), **ataques DoS** (ZigBee & KillerBee).

Seguridad (protecciones): **GSHM** (Ground Station Handover Method, cambia el GCS que controla el vehículo), **DSSS** (Direct Sequence Spread Spectrum, códigos de autenticación seguros), **FHSS** (Frequency Hopping Spread Spectrum, transmite señales de radio cambiando rápidamente la frecuencia entre todas las ocupadas por una banda espectral), **DPM** (Dynamic Power Management).

Certificación: Compuesta por sistemas resilientes, redundancias, administración de comunicaciones para gestionar la redundancia y el respaldo y diseminación de datos.

Módulo de control y antena: Radome, antena y controlador de transmisiones.

Módulo de procesamiento de señal: Unidad de conversión módulo/frecuencia, interfaz de datos y procesador de señales de frecuencia intermedia.

Módulo de energía: Control de energía, batería de litio y energía solar.

Futuro de los UAVs: Se espera que los UAVs estén integrados en la red celular inteligente del futuro (6G).

TEMAS 4: MARCO LEGISLATIVO

Certificación: Confirmación de que un objeto/producto/servicio/organización/persona cumple con ciertos requisitos y características y que ha sido reconocido legalmente por la autoridad.

Fit For Flight: Verifica que se ha demostrado la aeronavegabilidad apropiada.

Certificado tipo: Documento que la autoridad facilita al dueño de la industria y que establece el cumplimiento del diseño y su validez para todos los productos que siguen el mismo diseño (mayor y minor changes).

Certificado de aeronavegabilidad: Establece que una aeronave, gracias a su certificado tipo, puede operar de forma segura cumpliendo requisitos de aeronavegabilidad, diseño y mantenimiento (autoridad y operación).

Calificación: Confirma que una aeronave cumple requisitos definidos en las especificaciones contractuales.

Fit For Purpose: Verifica que se han demostrado las capacidades requeridas.

Autoridades de aeronavegabilidad: **ICAO** (International Civil Aviation Organization), **IACO** (N.U. ICAO), **EASA** (European Aviation Safety Agency), **DOA** (Design Organization Approval), **POA** (Product Organization Approval), **RAD** (Reglamento de Aeronavegabilidad de Defensa), **AESA** (Agencia Estatal de Seguridad Aérea), **DGAM** (Dirección General de Armamento y Material), **DGAC** (Dirección General de Aviación Civil).

Certification Specifications (CSs): Códigos de aeronavegabilidad de la EASA derivados de JAR (Joint Aviation Regulations), algunos de los más destacados son el CS-25 y el CS-ETSO.

ETSO (European Technical Standard Order): Rendimiento mínimo estándar de materiales, partes, procesos y aplicaciones usadas en aeronaves civiles.

FAA (Federal Aviation Administration): Autoridad nacional encargada de regular aspectos de la aviación civil.

Fases del proceso de certificación: Familiarización técnica y establecimiento de las bases del certificado tipo; acuerdo del plan de certificación; demostración de cumplimiento; reporte final y emisión del certificado tipo.

Objetivos de los RPAS: Operar en un espacio común, misma seguridad que la aviación manual, necesidad de cumplimiento de los requisitos de aeronavegabilidad.

Open UAS: No requiere autorización de la autoridad competente ni declaraciones del operador antes de operar.

Specified UAS: Requiere autorización de la autoridad competente antes de operar, teniendo en cuenta medidas de mitigación en una posible operación de riesgo.

Certified UAS: Requiere UAS certificado, piloto remoto licenciado y un operador aprobado por la autoridad competente.

¶ TEMA 5: CARGA DE PAGO

ISR: Inteligencia, Supervivencia y Reconocimiento.

RADAR (Radio Detection And Ranging): Detecta objetos 2D/3D, calcula velocidades y crea imágenes.

Modos: Búsqueda terrestre (ASW), aire-aire, MTI, imagen (mapeo, objetivos marítimos y SAR), prevención del clima, detect and avoid.

Componentes: Transmisor, antena, receptor, procesador de señal y datos, auxiliar de radiofrecuencias.

EO/IR (Electro Óptico/Infrarrojo): Sensan luz para después convertirla en una representación visual y extraer información que se convierte en datos.

Tipos: **NIR** (Near InfraRed, 0,74-1 μm , mayor visibilidad en el ocaso), **SWIR** (Small Wave InfraRed, 0,9-1,7 μm , captura imágenes a través de humo, niebla y neblina), **MWIR** (Medium Wave InfraRed, 3-5 μm , detecta gases como metano, propano, etano y se usa en vigilancia), **LWIR** (Long Wave InfraRed, 8-14 μm , inspecciona la temperatura).

Componentes: Torreta, unidad electrónica/procesador de control, dispositivos de entrada del operador.

ESM/ELINT (Enterprise Service Management/Electrical INTelligence): Detecta y analiza emisiones de radar en una banda específica.

COMINT (COMmunication INTelligence): Recopila la inteligencia de las comunicaciones mediante interceptación de señales de radiofrecuencia.

Sistema de detección de contaminación del mar: Sensores que detectan, analizan y registran datos de contaminación marítima.

AIS (Automatic Identification System): Determina la posición, velocidad y rumbo mediante un receptor GPS integrado. Toda esta información se combina con la de navegación y se comunica automáticamente entre objetivos equipados con AIS sin ninguna interacción del usuario. El intercambio de datos AIS se realiza a través de frecuencias de radio VHF. Este transpondedor puede instalarse en barcos y estaciones aéreas y son suministrados por SAAB.

Arquitectura: Transpondedor R4A (SAAB), antena VHF y GPS, receptor GPS (precisión, navegación y sincronización del sistema), procesador de comunicaciones (protocolos, interfaces externas y asignación de las transmisiones del transpondedor).

Rango: A **15 metros** (8 mna), a **1000 metros** (65 mna), y a **6000 metros** (161 mna).

Sistema acústico: Utiliza la señal recibida por unos elementos desplegados en el agua y encargados de enviar al avión el audio detectado dentro del agua.

ASW: Aeronave cuya misión principal es detectar, localizar, seguir, clasificar, y en su caso dañar o destruir submarinos enemigos.

Componentes: Sonoboyas, comportamiento del medio, tecnología embarcada (antenas de recepción y emisión de comandos, receptor de sonoboyas, transceptor de emisión de pulsos para sonoboyas activas, sistemas de procesamiento de señal y almacenamiento de datos acústicos) y características de los objetos de interés.

Funciones: Recibir la señal desplegada por las sonoboyas, procesar dicha señal, comandar las sonoboyas desplegadas y grabar señales acústicas.

MAD (Magnetic Anomaly Detector): Mide anomalías en el campo magnético terrestre para detectar submarinos, realiza las detecciones de forma automática alertando al operador con una alarma de audio cuando se producen, la capacidad de detección del MAD depende de ciertos parámetros del submarino (tamaño, profundidad, rumbo, características del ruido presente durante la detección y latitud magnética).

Componentes: Sensor detector de cambios en el campo magnético, magnetómetro y procesador de señal.

I TEMA 6: LIDAR

LIDAR: Light Detecting And Ranging o Laser Imaging Detecting And Ranging.

LASER: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation.

Símiles LIDAR/RADAR: Ambos transmiten energía en un rango estrecho de frecuencias y luego reciben la energía retrodispersada para formar una imagen, ambos son sensores activos que proporcionan sus propias fuentes de energía, y ambos pueden comparar las características de la energía transmitida con la energía devuelta (sincronización de pulsos, longitudes de onda y fases).

Aplicaciones: Agricultura, geografía, geología, silvicultura, sismología, altimetría y guiado láser, y control de navegación (automóviles y vehículos aéreos no tripulados).

Orígenes: Hughes Aircraft Company (1961), su primer nombre fue Colidar y se usó como telémetro láser en 1963, en meteorología y en la misión del Apolo 15 como altímetro láser (1971).

Proceso físico: Produce un haz de luz estrecho, los átomos excitados absorben fotones y provocan un nivel de energía más bajo y es lo que termina liberando un nuevo fotón.

LIDAR topográfico: Utilizado principalmente en el seguimiento y mapeo de la topografía de una región.

LIDAR batimétrico: Utilizado para medir la profundidad de los cuerpos de agua.

Usos: Realidad aumentada, vehículos autónomos, mitigación del cambio climático, topografía, arqueología.

LIDAR de área amplia: Recopila los datos mientras sobrevuela el área de interés en varias líneas de vuelo superpuestas (datos almacenados a bordo y procesados en tierra).

WAMI (Wide Area Moving Images): Método de vigilancia, reconocimiento e inteligencia que explota un campo muy amplio (detección, localización y rastreo de objetivos mediante cámaras de alta resolución).

Sensores de imágenes hiperespectrales: Detección de objetos camuflados y artefactos explosivos.

UAM (Urban Air Mobility): Aporta nuevas soluciones de apoyo a necesidades de transporte en ciudades y áreas urbanas permitiendo un entorno seguro, silencioso, sostenible y ecológico.