

# Desarrollo de Demostrador Tecnológico de Sistema Aéreo No Tripulado VTOL

Juan Carlos Sagrera<sup>1</sup>, Alejandro Gabriel Garay<sup>2</sup>,

<sup>1</sup> Ing. de Desarrollo en Electricidad y Aviónica – Ingeniero de Sistemas Proyecto SANT  
VTOL-FAdeA S.A. – Ciudad de Córdoba – Córdoba. –[sagrera@fadeasa.com.ar](mailto:sagrera@fadeasa.com.ar)

<sup>2</sup> Ing. Jefe Sección Electricidad y Aviónica –FAdeA S.A. – Ciudad de Córdoba – Córdoba. –  
[garaya@fadeasa.com.ar](mailto:garaya@fadeasa.com.ar)

**Abstract.** Este documento describe el Proyecto de demostrador tecnológico de Sistema Aéreo No Tripulado (SANT) con capacidad de despegue vertical (VTOL, que viene de la sigla en voz inglesa, “vertical take off and landing”), que está llevando a cabo la empresa FAdeA S.A., utilizando un método iterativo e incremental de desarrollo, y generando en cada iteración un modelo de evaluación tecnológica (MET) con el objetivo de adquirir experiencia y la capacidad de producir estos sistemas. El MET 1 consiste en un SANT VTOL con propulsión eléctrica y el MET 2 con propulsión a combustión.

**Keywords:** SANT, VTOL, UAS, UAV.

## 1 Introducción

Los sistemas aéreos no tripulados (SANT) han evolucionado considerablemente, destacando entre ellos los de despegue y aterrizaje vertical (VTOL). Estos vehículos combinan la capacidad de maniobra de los helicópteros con la eficiencia y la autonomía de los aviones no tripulados tradicionales. Su diseño permite una amplia gama de aplicaciones prácticas en diversas áreas, desde operaciones de búsqueda y rescate hasta la logística y el transporte de mercancías, así como inspecciones industriales y vigilancia de infraestructuras u objetivos. En consecuencia y por requerimiento de Ejército Argentino FAdeA está llevando adelante un proyecto de desarrollo de demostrador tecnológico de sistema aéreo no tripulado VTOL con el objetivo de adquirir experiencia y la capacidad de producir estos sistemas.

El proyecto se basa en la filosofía de diseño de Modelos de Evaluación Tecnológica (METs), la cual ha sido exitosamente implementada en diversos proyectos, ya que contempla el desarrollo iterativo e incremental de ingeniería, adquisición de experiencia, a través de la integración de partes y componentes, ensayos en tierra, ensayos en vuelo y la evaluación del cliente dentro del proceso.

El proyecto se planteó para la integración y ensayos en dos etapas que corresponden a dos configuraciones de aeronaves. La etapa para integrar un MET 1 full eléctrico (despegue eléctrico, propulsión eléctrica) y la segunda etapa para integrar dos MET2 híbridos (despegue eléctrico, propulsión con motor a combustión). El sistema contempla una estación de control en tierra, desde la cual se envían datos para el

comando del avión en sus diferentes modos de vuelo y recibe datos de vuelo/navegación y las imágenes que captan sus sistemas de observación.



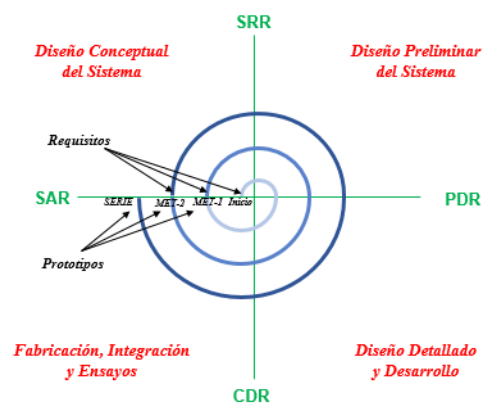
**Fig. 1.** SANT VTOL propulsión eléctrica (MET 1).

### 1.1 Filosofía de gestión del proyecto

El proyecto sigue la filosofía de diseño de Modelos de Evolución Tecnológica (MET), la cual ha sido exitosamente implementada en diversos proyectos.

Esta filosofía consiste en un desarrollo iterativo e incremental, evolucionando a través de diseño, evaluación del cliente, desarrollo, fabricación, integración, ensayos y tomando conclusiones de las experiencias e incorporándolas en el próximo ciclo de iteración. Se utilizó este método de manera de ir madurando los requerimientos y el aprendizaje en forma progresiva.

La planificación y ejecución del proyecto se gestiona con herramientas gestión de proyectos tradicionales, basados en los lineamientos del PMI, tales como cronogramas de hito, tareas y entregables combinadas con herramientas de gestión ágil, como reuniones de seguimiento periódicas tanto técnicas como administrativas en periodos de corta duración.



**Fig. 2.** Método iterativo e incremental en forma gráfica.

## **2 Introducción a los sistemas aéreos no tripulados y su evolución**

Los sistemas aéreos no tripulados (UAS), comúnmente conocidos como drones, han emergido como una de las tecnologías más transformadoras en el ámbito de la aviación y la tecnología en general. Estos sistemas, que operan sin una tripulación a bordo, han revolucionado numerosos sectores al ofrecer nuevas capacidades y aplicaciones que eran inimaginables hace unas décadas.

### **2.1 Orígenes y desarrollo temprano**

El concepto de aeronaves no tripuladas no es completamente nuevo. Los primeros sistemas se remontan a principios del siglo XX, cuando se desarrollaron los primeros "aeroplanos de objetivo" para el entrenamiento de artilleros en la Primera Guerra Mundial. Sin embargo, estos sistemas eran primitivos y de uso muy limitado. La verdadera evolución de los UAS comenzó en la segunda mitad del siglo XX, con avances significativos en la tecnología de control remoto, la miniaturización de componentes electrónicos y el desarrollo de sistemas de navegación más sofisticados.

### **2.2 Avances tecnológicos y expansión**

En las últimas dos décadas, el desarrollo de UAS ha experimentado un crecimiento exponencial, impulsado por la reducción de costos en tecnología de sensores, cámaras y sistemas de comunicación. Los avances en tecnologías como el GPS, los sistemas de control automático y la inteligencia artificial han permitido que los UAS se vuelvan más precisos, confiables y versátiles. Esto ha llevado a una expansión significativa en sus aplicaciones, desde usos militares y de defensa hasta aplicaciones comerciales y civiles.

### **2.3 Evolución hacia VTOL**

Uno de los avances más significativos en la evolución de los UAS es la incorporación de capacidades de despegue y aterrizaje vertical (VTOL). Esta tecnología permite que los UAS puedan operar en espacios reducidos y en terrenos no preparados, ampliando considerablemente su rango de aplicación. Los sistemas VTOL combinan las ventajas de los multi rotores y los aviones de ala fija, ofreciendo flexibilidad y eficiencia en diversas misiones.

En resumen, la evolución de los sistemas aéreos no tripulados refleja un proceso continuo de innovación y adaptación. A medida que la tecnología sigue avanzando, los UAS están configurándose como herramientas clave en una variedad de sectores, transformando la manera en que realizamos tareas y abordamos desafíos complejos.

### 3 Tipos de UAS VTOL

#### 3.1 Multi Rotores: Características y Ventajas

##### Características

**Número de Motores.** Los multi rotores suelen tener múltiples motores (generalmente entre 4 y 8) que proporcionan la sustentación vertical necesaria para el despegue y el aterrizaje.

**Configuración.** Los motores están dispuestos en una configuración que permite un control preciso de la orientación y el movimiento del dron. Las configuraciones comunes incluyen quadcopters (4 motores) y hexacopters (6 motores).

**Propulsión.** Utilizan hélices para generar el empuje necesario, que puede ser ajustado individualmente para controlar la estabilidad y el vuelo.

##### Ventajas

**Capacidad de Maniobra.** Los multi rotores son altamente maniobrables, lo que les permite realizar movimientos precisos y operaciones en espacios reducidos.

**Despegue y Aterrizaje Vertical.** La capacidad VTOL es intrínseca, permitiendo operar en lugares con espacio limitado sin necesidad de pistas de aterrizaje.

**Simplicidad Operativa.** Son relativamente sencillos de operar y configurar, lo que facilita su uso en una variedad de aplicaciones, desde la fotografía aérea hasta la inspección de infraestructuras.

**Versatilidad en Aplicaciones.** Adecuados para aplicaciones que requieren vuelo estacionario o seguimiento preciso, como la vigilancia y el monitoreo.

#### 3.2 Ala Fija con Capacidad VTOL: Características y Ventajas

##### Características

**Configuración de Alas.** Estos UAS combinan alas fijas, como las de un avión tradicional, con mecanismos de VTOL, que pueden incluir hélices o rotores adicionales para el despegue y aterrizaje.

**Transición de Vuelo.** Pueden cambiar entre vuelo vertical (despegue y aterrizaje) y vuelo horizontal (planeo o vuelo de crucero), lo que les permite combinar las ventajas de ambos tipos de aeronaves.

**Propulsión.** En vuelo horizontal, utilizan las alas fijas para la sustentación y la eficiencia aerodinámica, mientras que los rotores o hélices adicionales se encargan de la sustentación vertical.

## **Ventajas**

**Eficiencia en Vuelo Horizontal.** Las alas fijas permiten una mayor eficiencia en vuelo horizontal, ofreciendo mayor autonomía y velocidad en comparación con los multi rotores.

**Rango y Autonomía.** Generalmente tienen un mayor alcance y duración de vuelo debido a la aerodinámica de las alas fijas.

**Versatilidad.** Combinan la capacidad de operar en espacios reducidos con la eficiencia en vuelos largos, lo que es útil para misiones que requieren largas distancias y operación en áreas confinadas.

## **4 Sistema SANT VTOL en Desarrollo**

### **4.1 Arquitectura del Sistema**

El proyecto se planteó para la integración y ensayo de dos MET que corresponden a dos configuraciones de aeronaves.

El MET1 es una aeronave full eléctrica (despegue eléctrico, propulsión eléctrica) y el MET2 es una aeronave híbrida (despegue eléctrico, propulsión con motor a combustión), equipada además con una cámara de vigilancia giroestabilizada.

El sistema contempla una estación de control en tierra, desde la cual se envían datos para el comando del avión en sus diferentes modos de vuelo y recibe datos de vuelo/navegación y las imágenes que captan sus sistemas de observación.

## 4.2 Arquitectura de las Aeronaves

El MET1 es del tipo full eléctrico y sus subsistemas de detallan a continuación.

**Sistema de sustentación.** El sistema de sustentación está formado por cuatro motores eléctricos, las hélices y las baterías que los alimentan. Este sistema está controlado por el autopiloto y es el encargado del despegue y aterrizaje vertical.

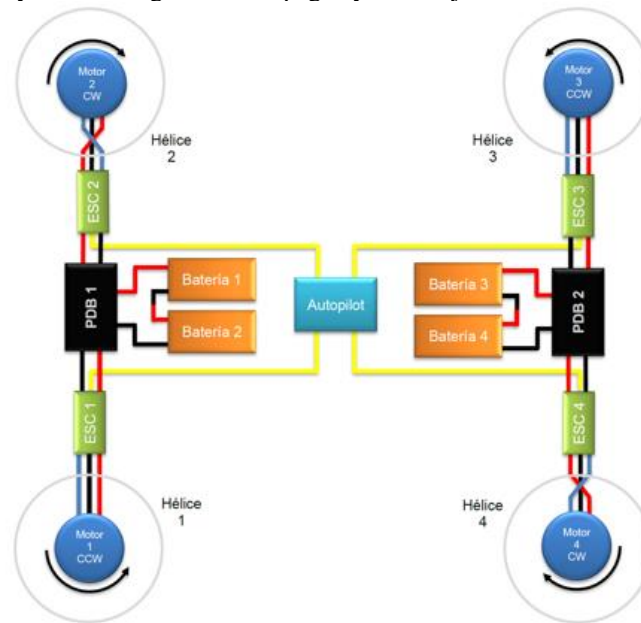


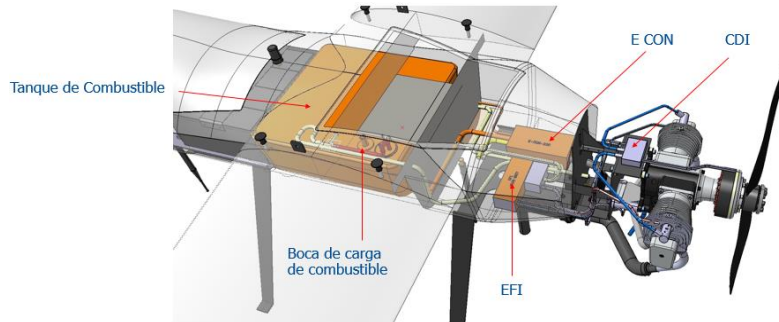
Fig. 3. Sistema de sustentación.

**Sistema de propulsión MET1.** El sistema de propulsión está formado por un motor eléctrico, la hélice y las baterías que lo alimentan. Este sistema está controlado por el autopiloto y es el encargado del vuelo propulsado en modalidad avión convencional.



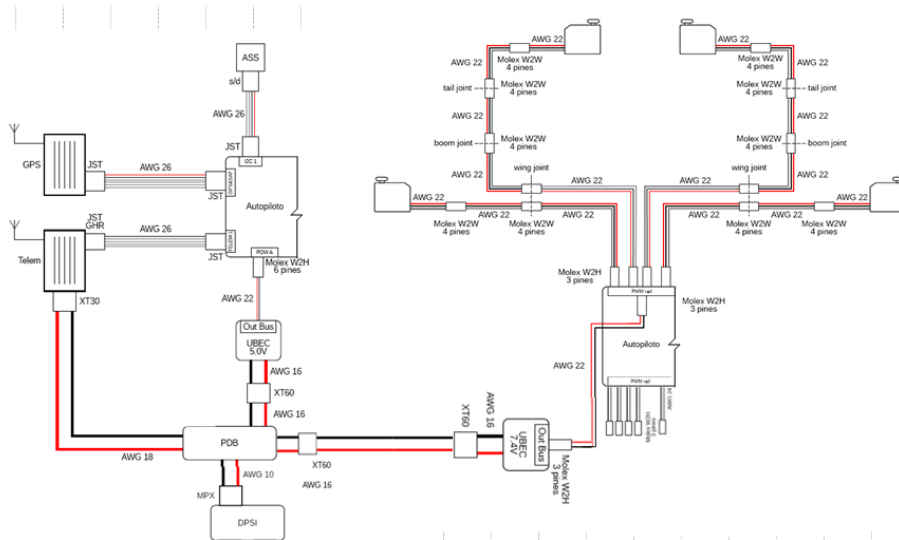
Fig. 4. Sistema de propulsión MET1.

**Sistema de propulsión MET2.** El sistema de propulsión está formado por un motor a combustión interna de cuatro tiempos bicilíndrico, el sistema de combustible, arrancador, generador, módulos de control, hélice y sistema de escape.



**Fig. 5.** Sistema de propulsión MET2.

**Sistema de control.** El sistema de control está formado por el autopiloto, la unidad de GPS, unidad telemetría y el sensor de velocidad.



**Fig. 6.** Sistema de control.

### 4.3 Arquitectura de la Estación de Control en Tierra

La estación de control en tierra está conformada por los siguientes sistemas.

**Conjunto camioneta - furgón.** El Vehículo base seleccionado es una camioneta Hilux 4x4 chasis cabina simple DX a la cual se le va a montar un furgón de transporte y operación.

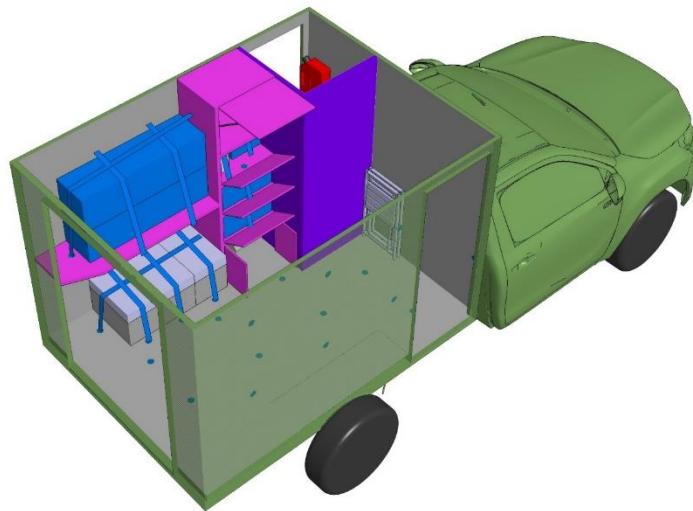


Fig. 7. Conjunto camioneta-furgón.

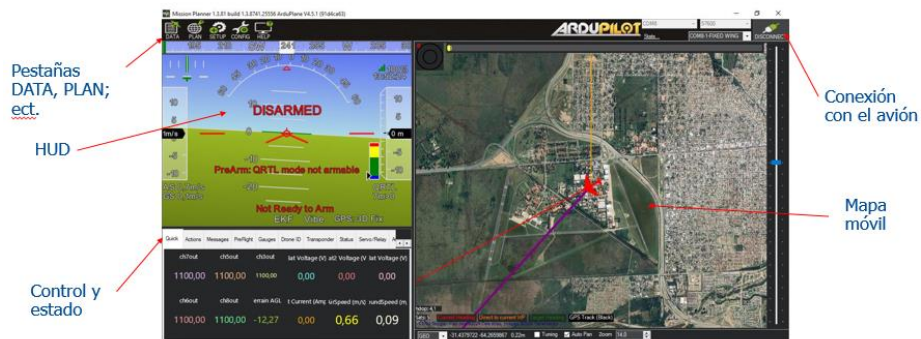
**Sistema de control en tierra del avión.** El sistema de control en tierra del avión está formado por una PC de control, los módulos de GPS y telemetría en tierra.



Fig. 8. Sistema de control en tierra.

El software de control es Mission Planner el cual es de arquitectura abierta con posibilidad de personalización y adecuación al proyecto en el futuro.





**Fig. 9.** Mission Planner Software

**Sistema de control en tierra de la cámara del MET2.** El sistema de control en tierra de la cámara está formado por una PC de control y los módulos de recepción de video y sus antenas.



**Fig. 10.** Sistema de control en tierra de la cámara del MET2.

**Documentación de soporte.** Se prevé durante la ejecución del MET2 la redacción de manuales de operación, armado y mantenimiento para el usuario final.

## 5 Perspectivas Futuras en Sistemas VTOL

### 5.1 Innovaciones en Tecnologías de Propulsión

Las innovaciones en tecnologías de propulsión están transformando el panorama de los sistemas aéreos no tripulados (UAS) VTOL, impulsando avances significativos en eficiencia, autonomía y capacidad operativa. A medida que los requisitos y aplicaciones de los UAS continúan evolucionando, el desarrollo de nuevas tecnologías de propulsión y baterías juega un papel crucial en la expansión de sus capacidades y en la mejora de su rendimiento.

#### **Desarrollo de Nuevas Tecnologías de Propulsión.**

**Avances en Sistemas de Propulsión Eléctrica.** La evolución de los sistemas de propulsión eléctrica está permitiendo el diseño de motores más ligeros y eficientes. **Propulsión Híbrida.** La integración de sistemas de propulsión híbridos, que combinan motores eléctricos y de combustión interna, está ganando atención por su capacidad para ofrecer un equilibrio entre la eficiencia energética y el alcance extendido.

#### **Innovaciones en Baterías.**

**Baterías de Alta Energía y Densidad.** Las baterías de alta densidad energética están jugando un papel crucial en la mejora de la autonomía de los UAS VTOL. **Baterías de Estado Sólido** Estas baterías tienen el potencial de ofrecer una mayor eficiencia y durabilidad, lo que es crucial para las operaciones prolongadas y para el rendimiento general del UAS.