

# Capítulo 9

## Integración del Sistema en un Avión de Aeromodelismo

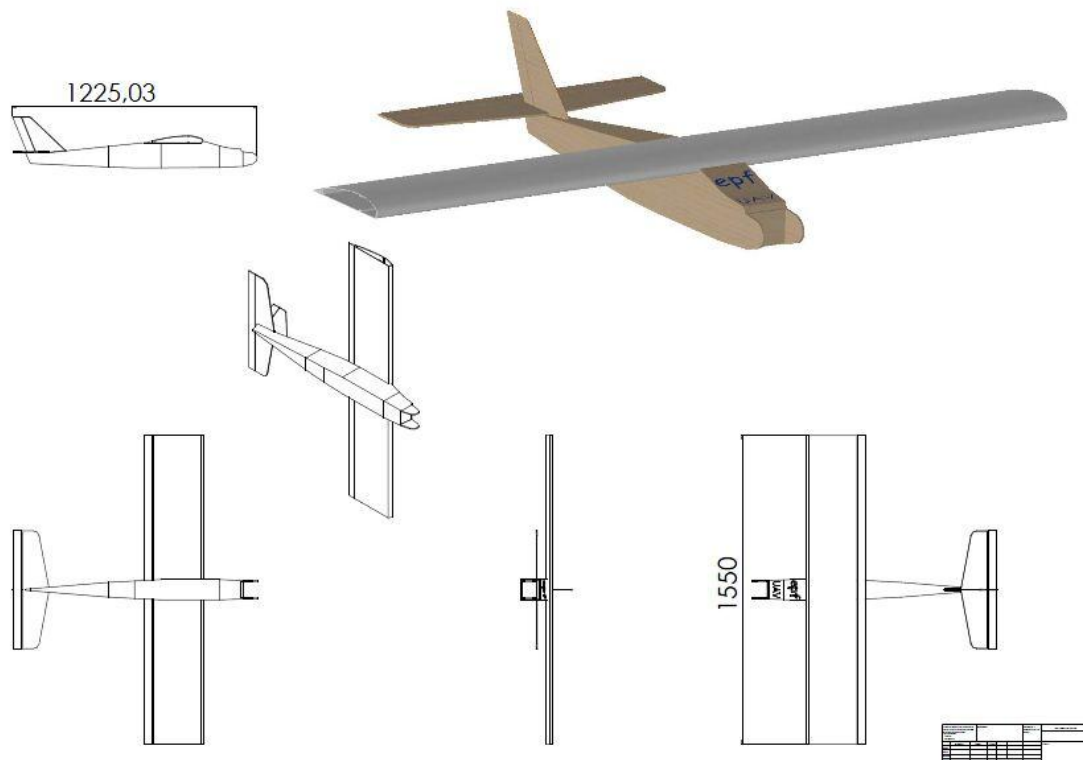
### En este capítulo:

Sobre el UAV .....	245
Ensamblaje del sistema en el UAV.....	247
Compartimento de telemetría.....	251
Conexión antena telemetría .....	252
Compartimento de Video .....	253
Conexión antena vídeo .....	255
Integración de la antena del amplificador de potencia.....	256
Conexión antena de GPS.....	258
Simulación de la estructura en X-Plane .....	258
Bibliografía .....	260

### Sobre el UAV

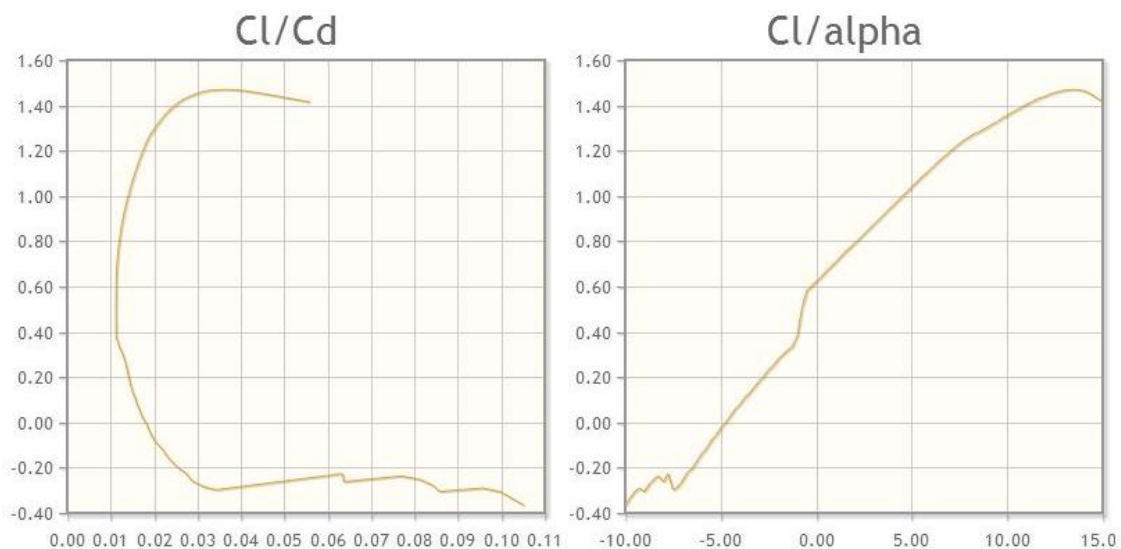
La aeronave que se utiliza es un avión de aeromodelismo de ala alta fabricado en madera de balsa y forrado con una capa de fibra de vidrio. Dispone de un motor de combustible de 1bhp a 15000 r.p.m. con un empuje de entre 4 a 5 libras (unos 2Kg) aproximadamente dependiendo de la helice que se monte. Incorpora un tanque de combustible de 400ml que le proporciona una autonomía de aproximadamente una hora. A continuación se muestran las dimensiones físicas.





La velocidad máxima de vuelo es de unos 90km/h. La masa del Fuselaje es de 1.71kg con medio tanque de combustible y del ala de 1.09kg que en total suma 2.8kg. El perfil del ala es un Göttingen 398. La cuerda es de 29cm lo que nos da un número de Reynolds de 191913 a 10m/s y 379783 a 25m/s para una viscosidad (kinematic viscosity) del aire a 20°C de  $1.5111 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$  y a nivel del mar.

Haciendo una simulación del perfil con un  $ReN=200000$  obtenemos los coeficientes de sustentación y de resistencia.



Esto nos permite calcular la velocidad y el ángulo de ataque que necesitamos para sustentar una carga determinada. Por ejemplo, suponiendo que el avión pese 3kg con el tanque de combustible lleno, y que en el despegue alcanza una velocidad de 10m/s se obtiene.

La presión dinámica:

$$Q = \frac{1}{2} \rho V^2 = 61.25 \text{ N/m}^2$$

La sustentación ha de ser igual al peso:

$$QSC_l = 61.25 * 0.29 * 1.55 * C_l = 3 * 9.81$$

De donde se obtiene que:

$$C_l = 1.069$$

Que se obtiene con un ángulo de ataque de  $5.25^\circ$ .

También podemos estimar la capacidad máxima de maniobra que se puede obtener a nivel del mar con condiciones estandar y a una velocidad de 90km/h.

La sustentación máxima se obtiene para un ángulo de ataque de  $13.5^\circ$ :

$$\frac{1}{2} \rho V^2 SC_{lmax} = 252.897 \text{ N}$$

El peso de la aeronave:

$$P = 3 * 9.81 = 29.43 \text{ N}$$

De forma que la sustentación disponible para maniobrar es de 223.47 N. Con esto conseguimos una aceleración normal de:

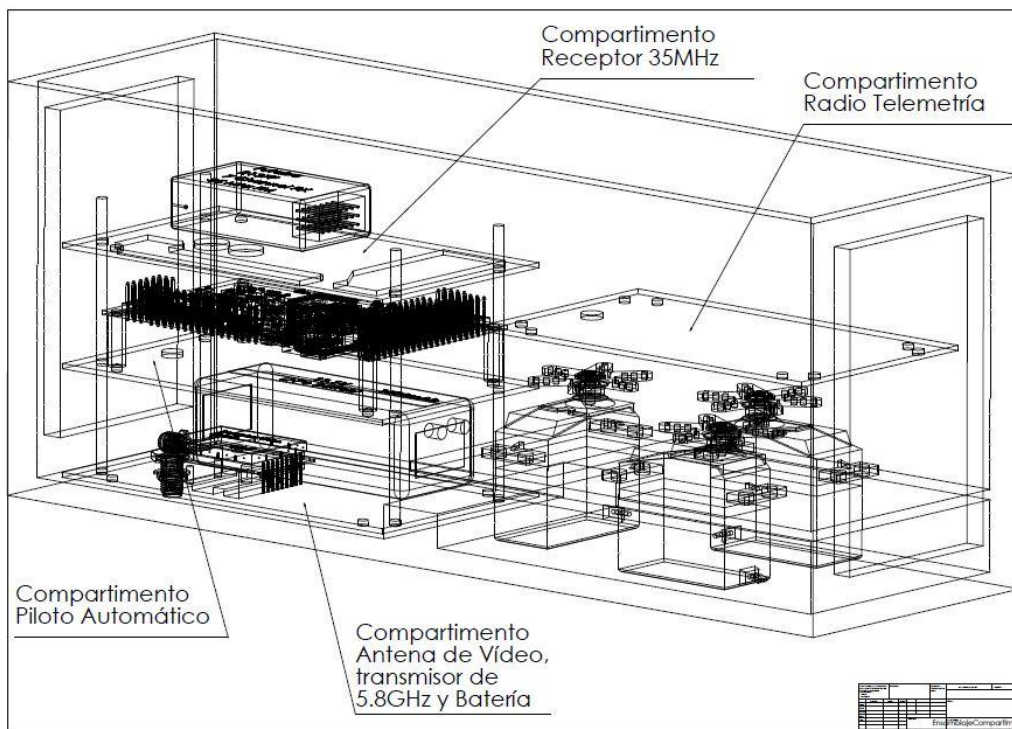
$$a_n = \frac{\text{Fuerza Normal}}{\text{Masa del avión}} = 74.49 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx 7.5 \text{ g}$$

### Ensamblaje del sistema en el UAV

Se dispone de una sección rectangular de **8x29cm** para colocar los distintos subsistemas que componen el proyecto, más los servomotores para el control de las superficies de control de vuelo. A continuación se muestra una imagen donde se observa el espacio libre disponible.



La sección rectangular está dividida por un bloque de madera maciza que proporciona rigidez al tren de aterrizaje en aproximadamente la mitad. Para la colocación de todos los subsistemas, se ha diseñado una estantería de tres pisos para colocar en la parte frontal de la sección. En la sección trasera, van los servos y encima una estantería para colocar el subsistema de telemetría. En el siguiente dibujo se muestran los distintos compartimientos y su distribución.



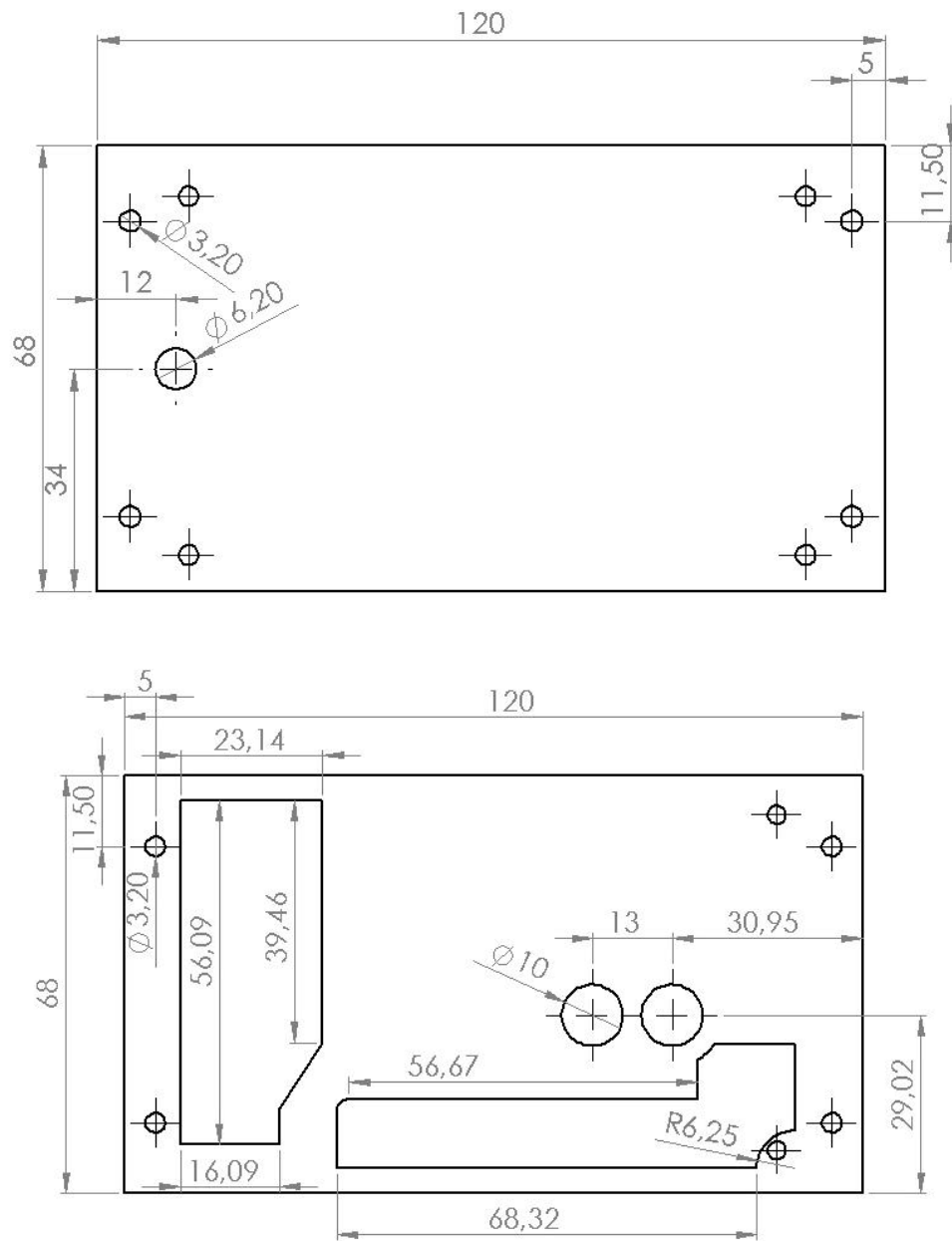
El material utilizado para los compartimentos se fabrica en FR4 por tres motivos:

1. El sustrato está formado por fibra de vidrio que se trata de un material muy rígido y de bajo peso.
2. Se puede utilizar el mecanizado tradicional para PCB para fabricar los compartimentos.
3. Permite que el propio compartimento sea un circuito electrónico.

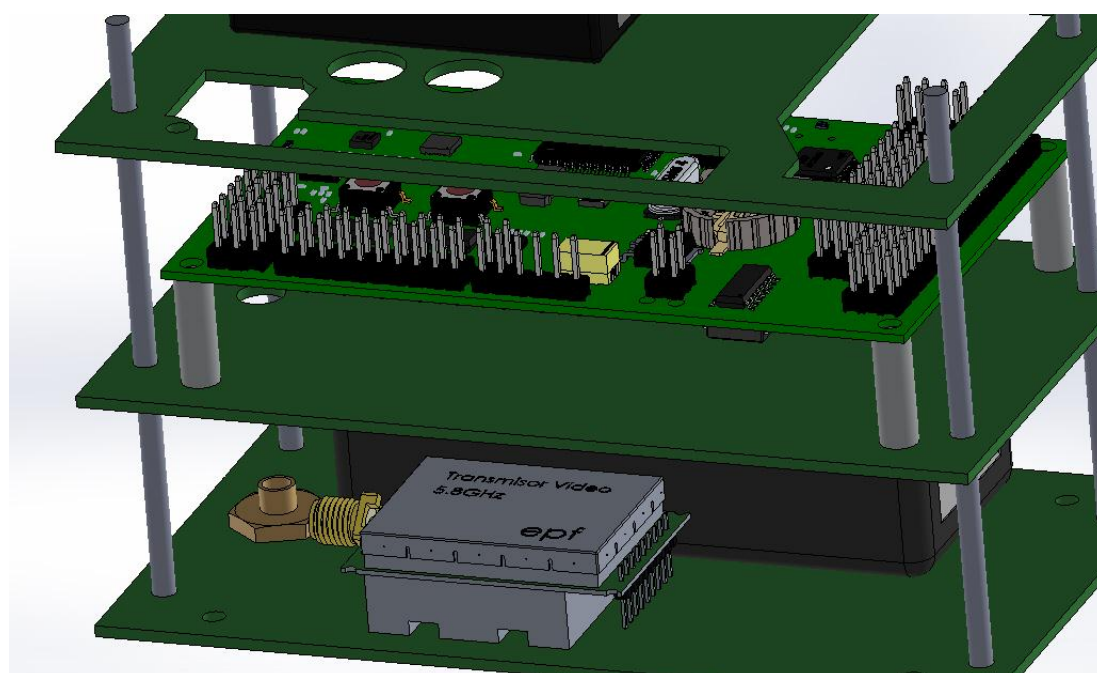
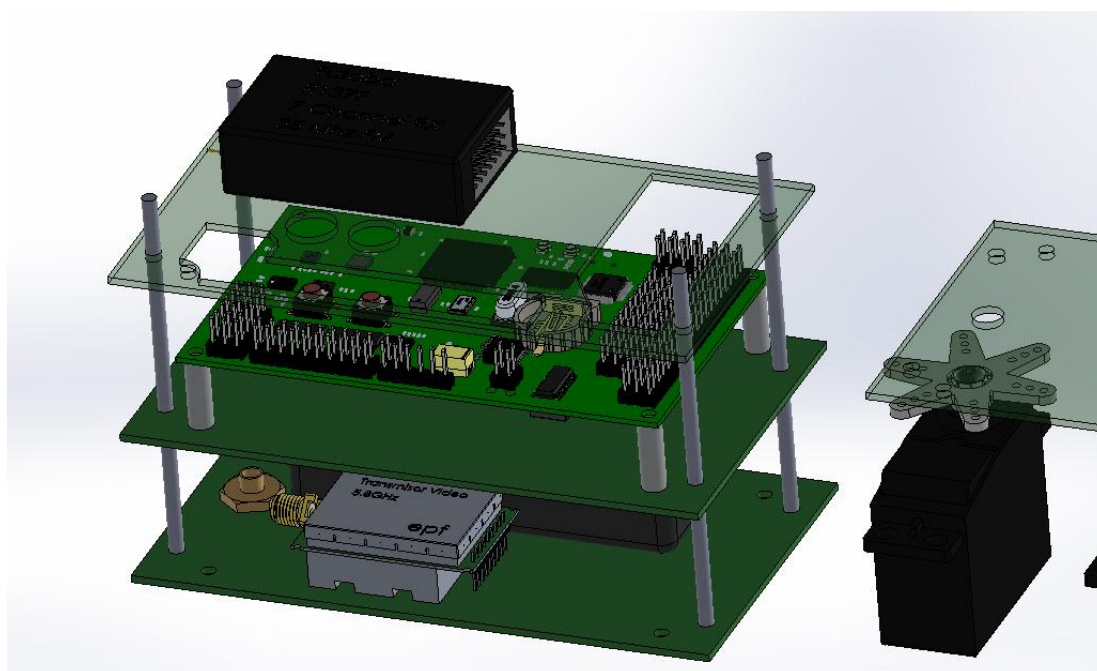
En la sección frontal, se encuentran tres compartimentos. En el compartimento inferior, se coloca el transmisor de vídeo con su disipador y la electrónica necesaria, una batería de LiPo de 3 celdas en serie para alimentar toda la electrónica de abordo y el conector de antena. El conector de antena se fija al compartimento y no a la madera exterior, para dar rigidez ya que la pared externa es una fina capa de madera de balsa. En el compartimento intermedio se fija la PCB de control. Y en el compartimento superior se coloca el receptor del control manual. También se abren los espacios necesarios para acceder a los distintos recursos de la PCB de control.

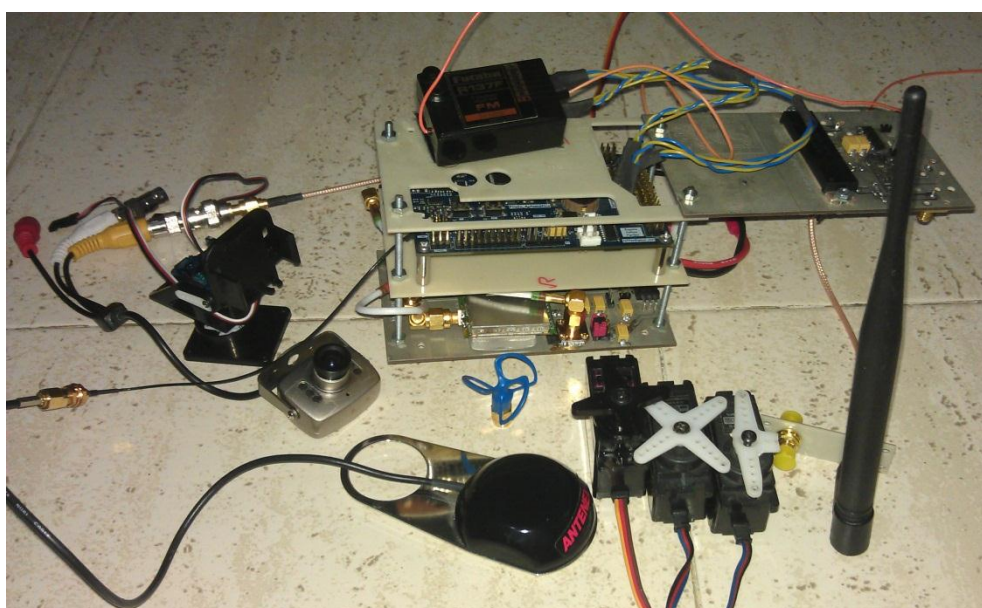
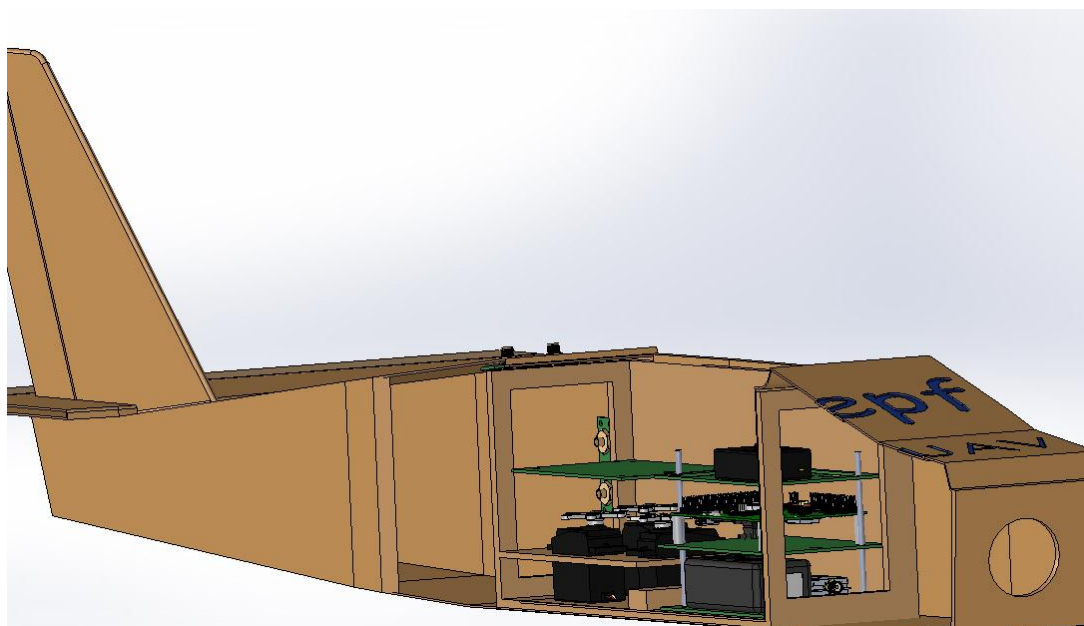
Para evitar que las tuercas se suelten durante el vuelo se fijan con un adhesivo medio especial para los tornillos (*Thread Lock Adhesive*).

Todos los compartimentos tienen las mismas dimensiones 68x120mm.



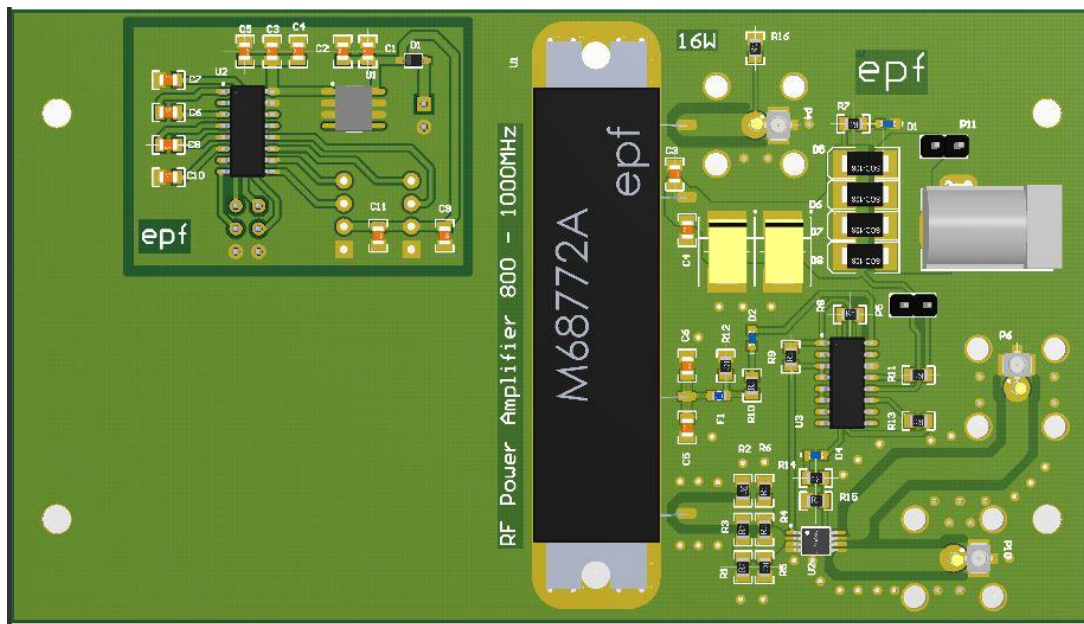






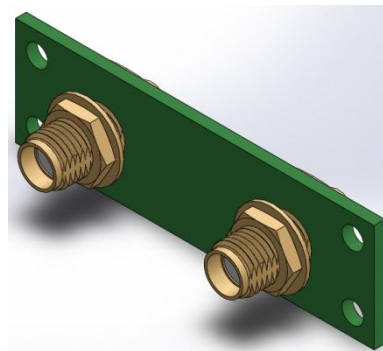
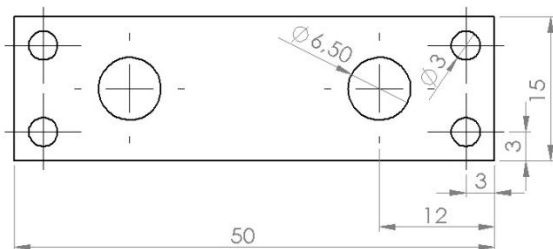
### Compartimento de telemetría

Se ha aprovechado el espacio disponible en el compartimento de telemetría para incluir en la propia PCB un amplificador de potencia de 16W a 900 MHz y dos interfaces de RS-232 a TTL para conectar el transceptor de telemetría.

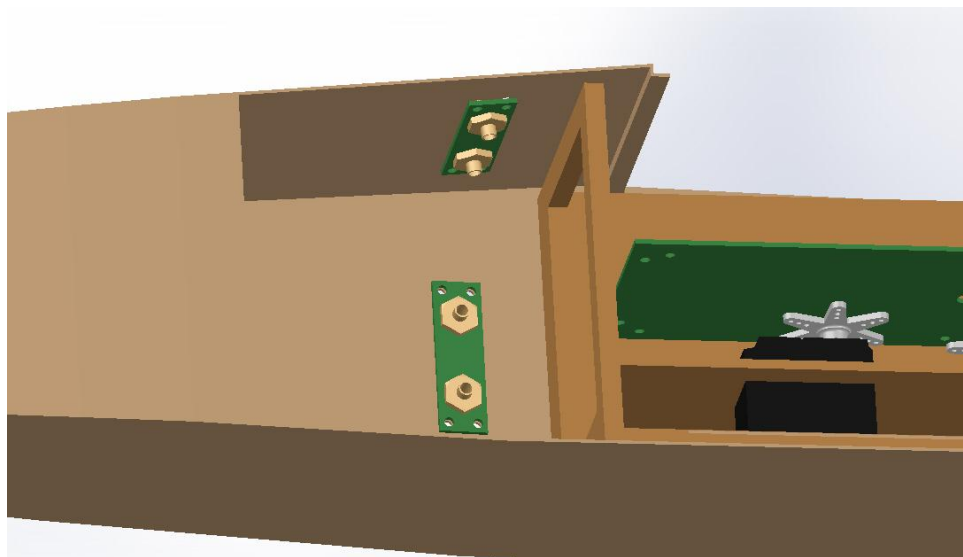


### Conexión antena telemetría

Para evitar que el conector de las antenas de telemetría se coloque directamente en la madera, se ha diseñado una PCB de soporte para los conectores. Esto da rigidez a la conexión de las antenas y evita que se rompa la madera a altas velocidades.

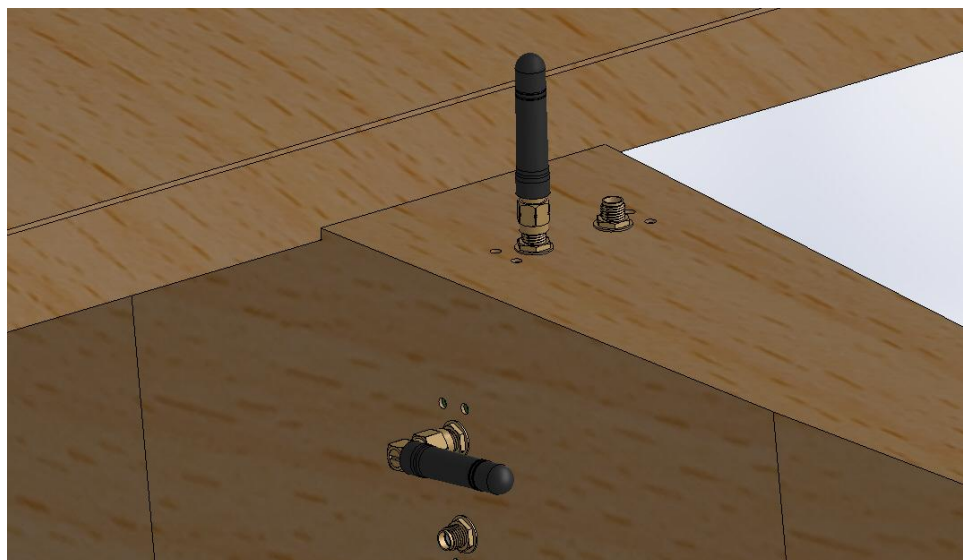






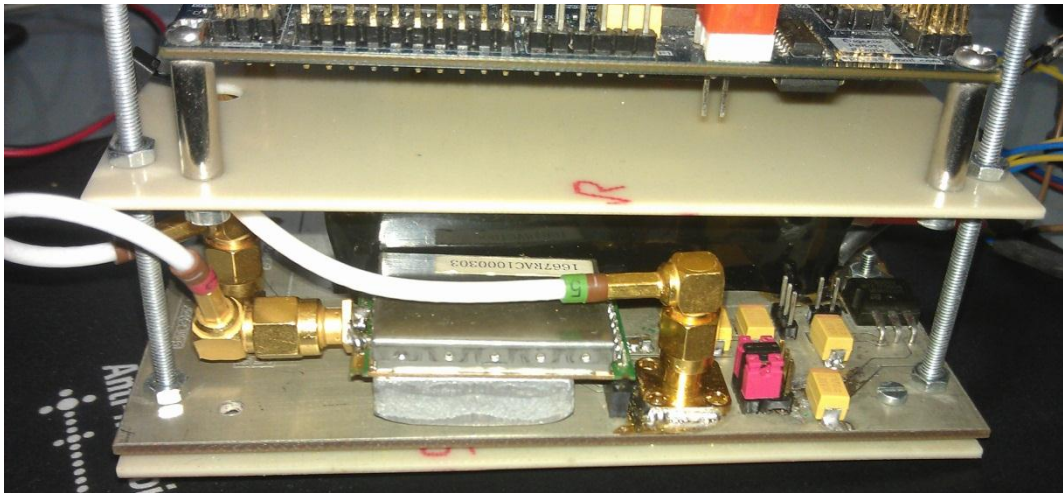
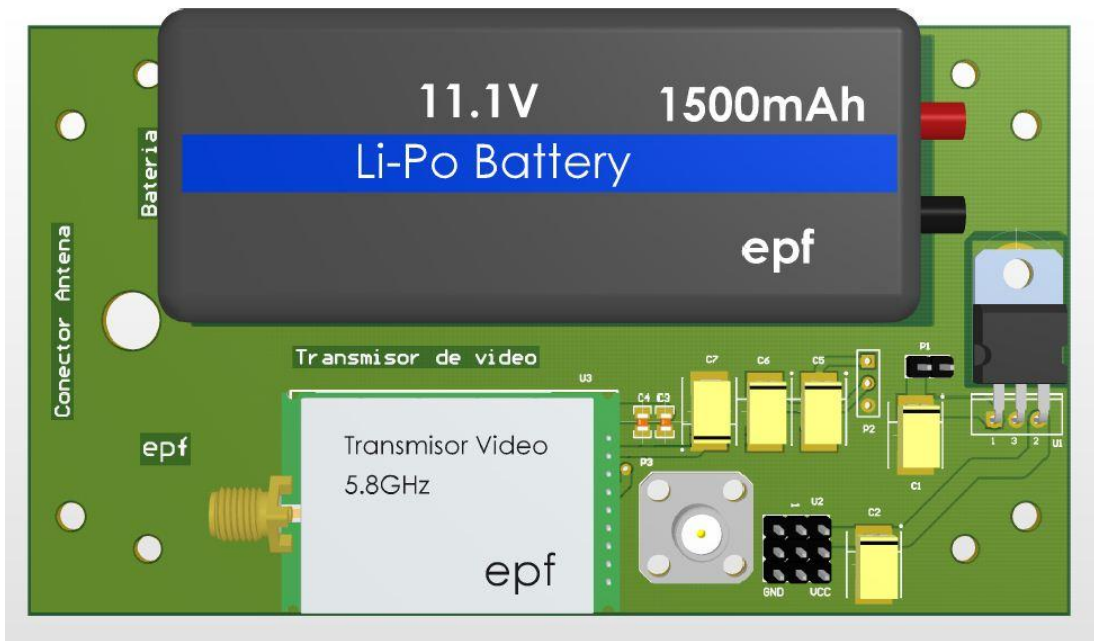
Lado derecho manchado de combustible del tubo de escape del motor.

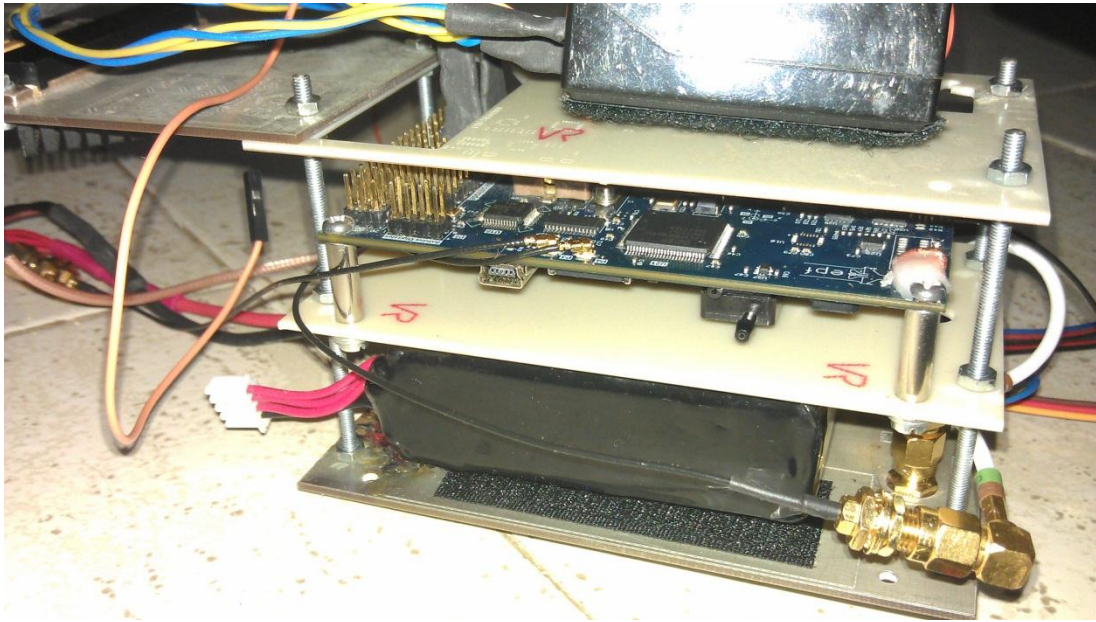
Las antenas de tipo monopolo con diagramas de radiación omnidireccional en el plano horizontal se colocaran vertical para obtener la máxima cobertura a larga distancia.



## Compartimento de Video

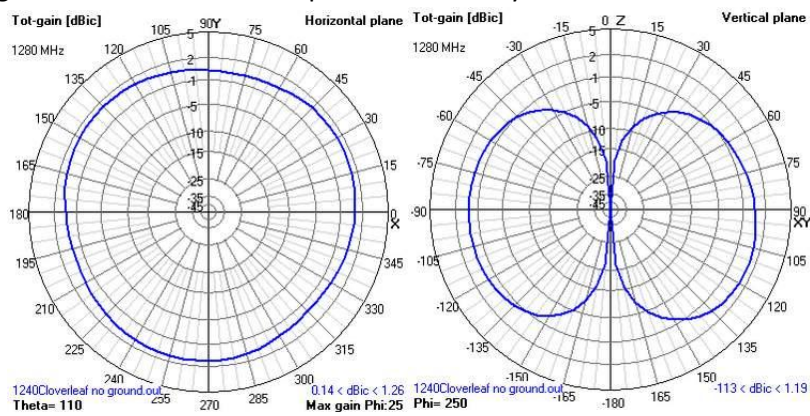
Se ha aprovechado la PCB del compartimento de vídeo para incluir la electrónica necesaria para alimentar y controlar el transmisor de vídeo.





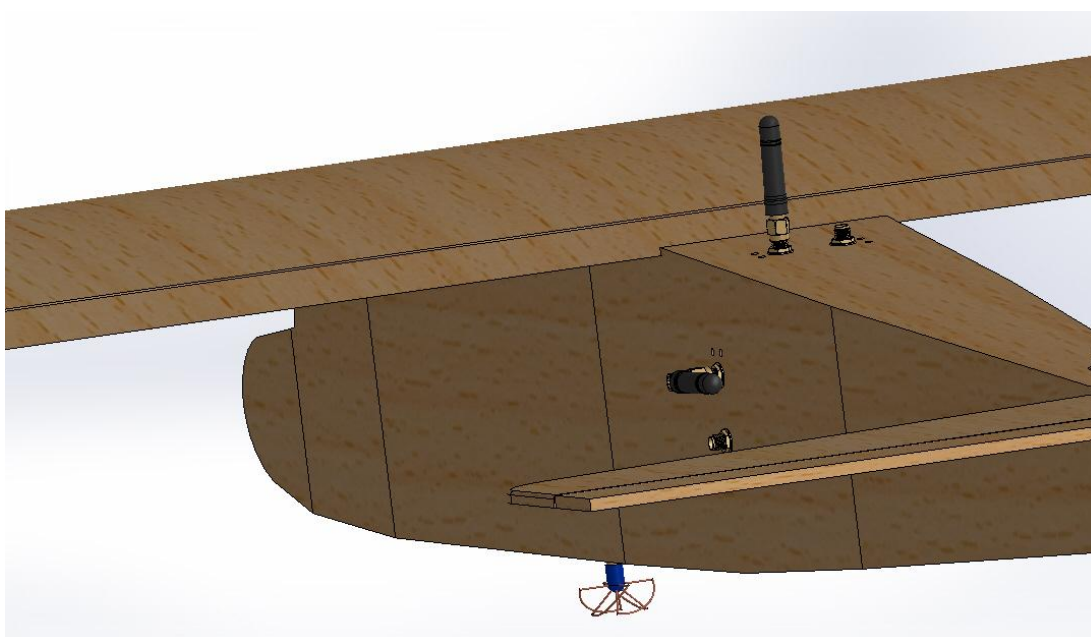
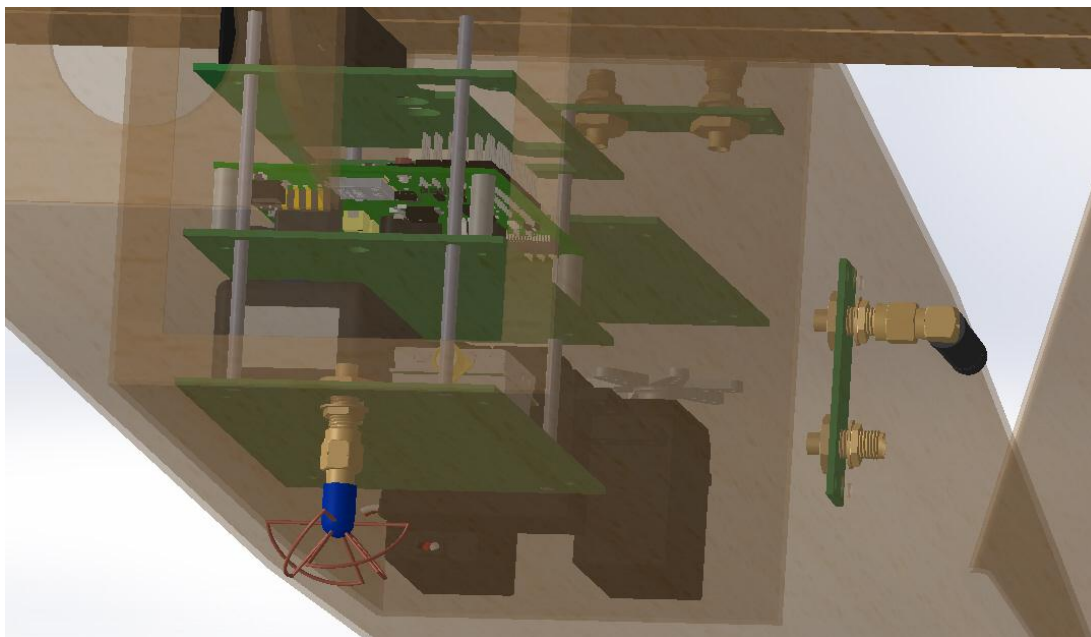
### Conexión antena vídeo

La antena elegida para la transmisión del video a 5.8GHz es una antena de tipo Cloverleaf. Se trata de una antena ligera y con poca resistencia al viento. A continuación se muestran los diagramas de radiación en el plano horizontal y vertical.



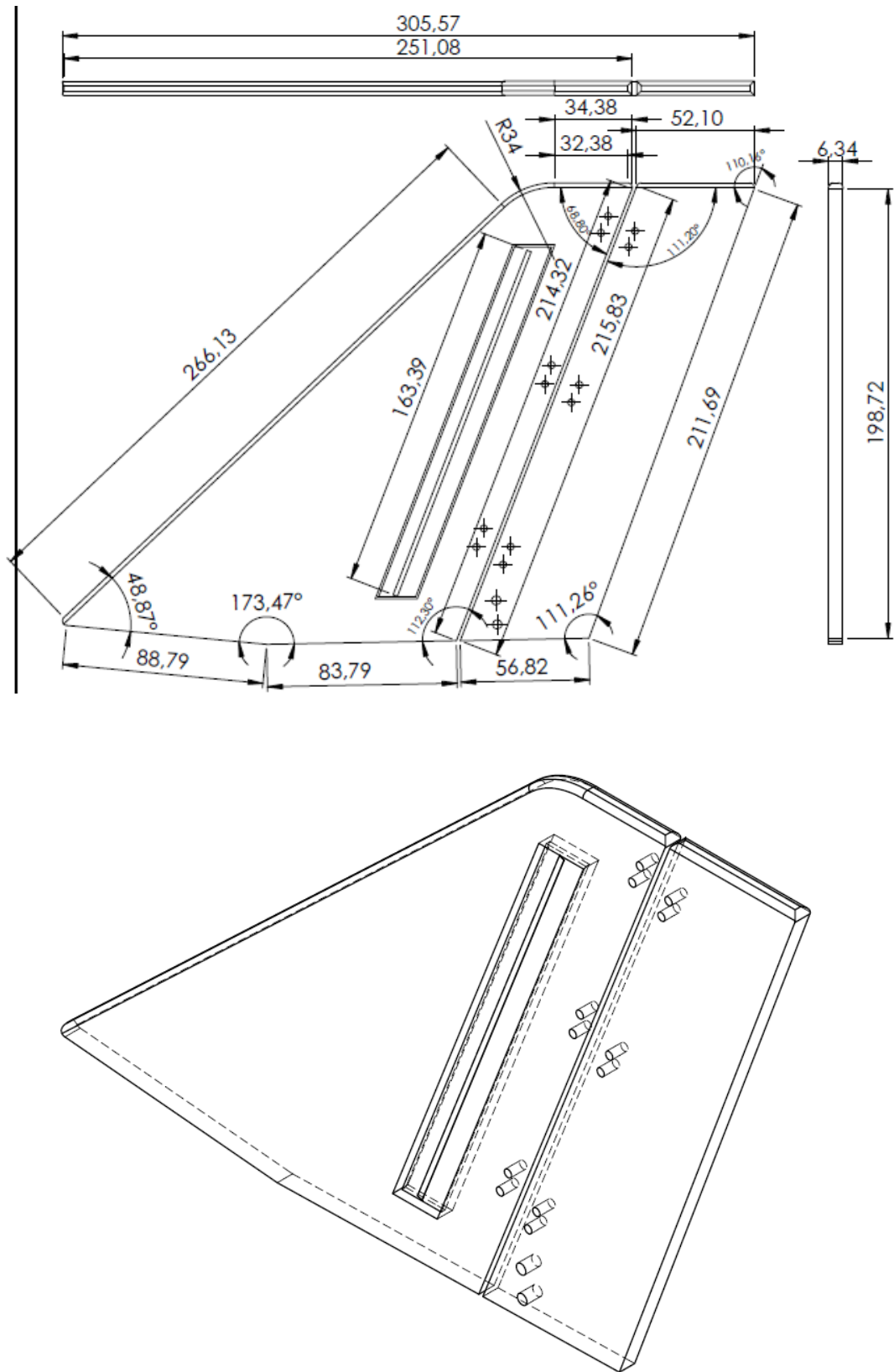
La antena se conecta en la parte baja del avión como se muestra en las siguientes imágenes para lograr un mayor alcance.





Hablar de la antena hecha por Eugenio.

### **Integración de la antena del amplificador de potencia**

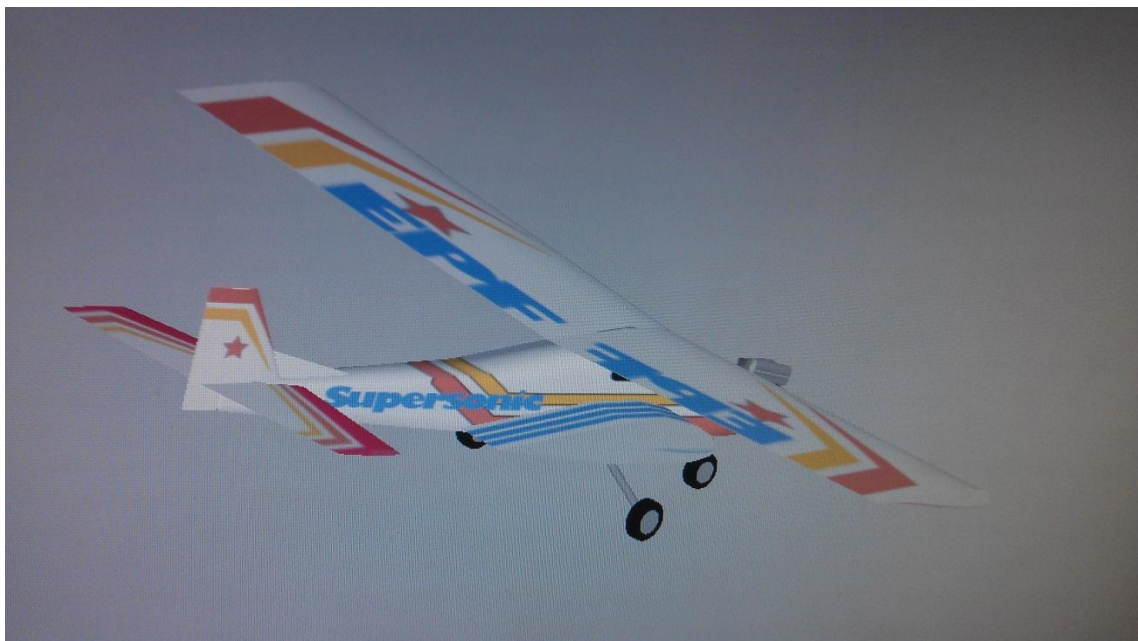




## Conexión antena de GPS

## Simulación de la estructura en X-Plane

Busca estabilidad horizontal.





## **Bibliografía**

---

- [1] Lizarraga Mariano, Curry Renwick y Elkaim Gabriel. "Reprogrammable UAV Autopilot". Circuit Cellar. - Abril, Mayo de 2011.
- [2] Rogers Robert M. "Applied Mathematics in Integrated Navigation Systems" 3ª ed. - AIAA EDUCATION SERIES.