



## Proyecto de Aviación

---

### Diseño y Construcción de un Vehículo Aéreo con Motor de Caucho

*Hangar Rat*

---

#### Integrantes del Equipo:

Churi Ospina, Juan David

Hurtado Rivera, Natalia Pilar

Molina González, Santiago Alonso

Ramírez, Marco Alejandro

Rodríguez, Lucas

**Curso:** Historia de la Aviación: Cómo Esta Industria  
Cambió el Mundo (*Ciclo 2 de 8 semanas*)

Universidad de los Andes

Bogotá, Colombia  
Noviembre 2025

# Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>2</b>
1.1. Objetivos del Proyecto . . . . .	2
<b>2. Proceso de Manufactura</b>	<b>2</b>
2.1. Fase 1: Corte con Cortadora Láser . . . . .	2
2.2. Fase 2: Piezas Estructurales en MDF . . . . .	3
2.3. Fase 3: Ensamblaje Colaborativo . . . . .	4
2.4. Fase 4: Optimización con Madera de Balsó . . . . .	5
2.5. Fase 5: Revestimiento de Superficies Aerodinámicas . . . . .	6
<b>3. Sistema de Propulsión</b>	<b>7</b>
3.1. Diseño de la Hélice . . . . .	7
3.2. Motor de Caucho . . . . .	8
3.3. Pruebas de Funcionamiento . . . . .	8
<b>4. Trabajo en Equipo</b>	<b>9</b>
4.1. Distribución de Tareas . . . . .	9
4.2. Valores del Equipo . . . . .	9
<b>5. Resultados y Conclusiones</b>	<b>9</b>
5.1. Resultados Obtenidos . . . . .	9
5.2. ¿Por Qué Debería Volar? . . . . .	10
5.3. Lecciones Aprendidas . . . . .	10
5.4. Resultado Final: Pivote a 100 % Madera de Balsó . . . . .	10
5.5. Conclusiones . . . . .	12
<b>6. Referencias</b>	<b>12</b>

## 1. Introducción

El presente informe documenta el proceso de diseño, construcción y pruebas de un vehículo aéreo tipo *Hangar Rat*, impulsado por un motor de caucho (goma). Este proyecto fue desarrollado como parte del curso *Historia de la Aviación: Cómo Esta Industria Cambió el Mundo*, con el objetivo de participar en una competencia de tiempo de vuelo.

### 1.1. Objetivos del Proyecto

- Diseñar y construir un vehículo aéreo que cumpla con las especificaciones técnicas establecidas.
- Maximizar el tiempo de vuelo del avión para obtener la mejor figura de mérito posible.
- Aplicar conocimientos de aerodinámica, materiales y manufactura en un proyecto práctico.
- Trabajar de manera colaborativa y eficiente como equipo de ingeniería.

## 2. Proceso de Manufactura

El proceso de construcción del avión se dividió en varias etapas, aprovechando los recursos disponibles en el Meca Lab de la universidad.

### 2.1. Fase 1: Corte con Cortadora Láser

Para esta fase, descargamos el archivo **.rld** con los planos de las piezas estructurales que nos proporcionaron en **Bloque Neón** (plataforma de tareas de la universidad). Con la guía de **Esteban Gnecco**, quien nos apoyó en el proceso, procedimos a cortar las piezas utilizando la cortadora láser **Precision Machine Modelo 6** disponible en el laboratorio.

Se utilizó MDF (Medium Density Fiberboard) como material para las piezas estructurales debido a su facilidad de corte y la alta precisión que ofrece la cortadora láser.



Figura 1: Proceso de corte láser en la máquina Precision Machine Modelo 6

## 2.2. Fase 2: Piezas Estructurales en MDF

Tras el proceso de corte láser, obtuvimos todas las piezas necesarias para la estructura del avión:

- Marcos estructurales para las alas (forma trapezoidal)
- Costillas aerodinámicas para dar perfil al ala
- Varillas de refuerzo longitudinal
- Piezas para el estabilizador horizontal y vertical (empenaje)



Figura 2: Piezas estructurales cortadas en MDF listas para ensamblaje

### 2.3. Fase 3: Ensamblaje Colaborativo

El ensamblaje del avión fue un proceso colaborativo donde todos los miembros del equipo participaron activamente. Utilizamos el espacio de city U para trabajar de manera conjunta y eficiente, usamos elementos como super bonder, papel mantequilla, ligas, etc.

Durante esta fase:

- Ensamblamos los marcos de las alas con las costillas

- Unimos las piezas utilizando pegamento instantáneo (cianoacrilato)
- Verificamos la alineación y simetría de las estructuras



Figura 3: Trabajo colaborativo del equipo durante el ensamblaje

#### 2.4. Fase 4: Optimización con Madera de Balso

Dado que el MDF resultaba relativamente pesado para una aeronave de este tipo, decidimos complementar la estructura con **madera de balso** para reducir el peso total del vehículo sin comprometer la integridad estructural.

La madera de balso ofrece una excelente relación peso-resistencia, siendo el material tradicional en la construcción de aeromodelos.

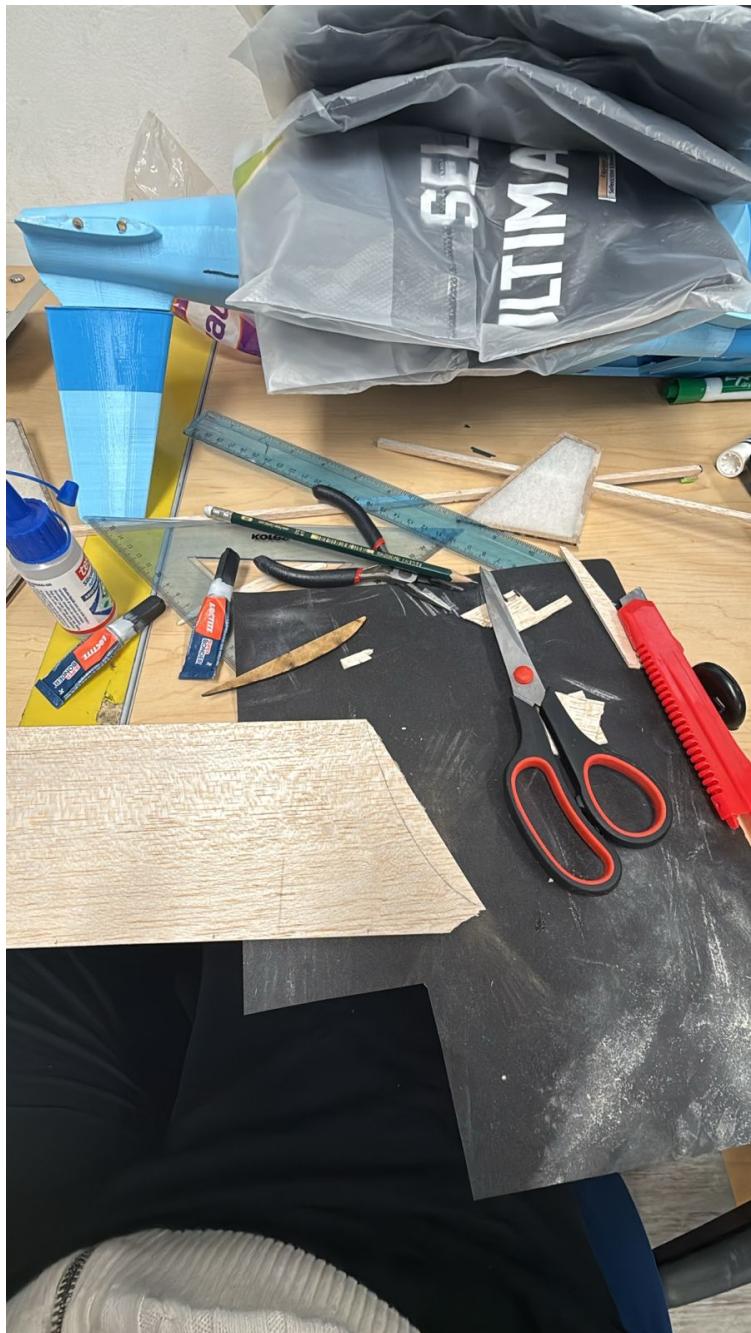


Figura 4: Estación de trabajo con herramientas para corte y ajuste de madera de balsó y construcción del fuselaje

## 2.5. Fase 5: Revestimiento de Superficies Aerodinámicas

Las alas y los estabilizadores fueron revestidos con **papel mantequilla** para crear las superficies aerodinámicas necesarias para generar sustentación.

### Ventajas del papel mantequilla:

- Peso extremadamente bajo

- Facilidad de aplicación y tensado
- Permite observar la estructura interna
- Económico y fácil de reemplazar

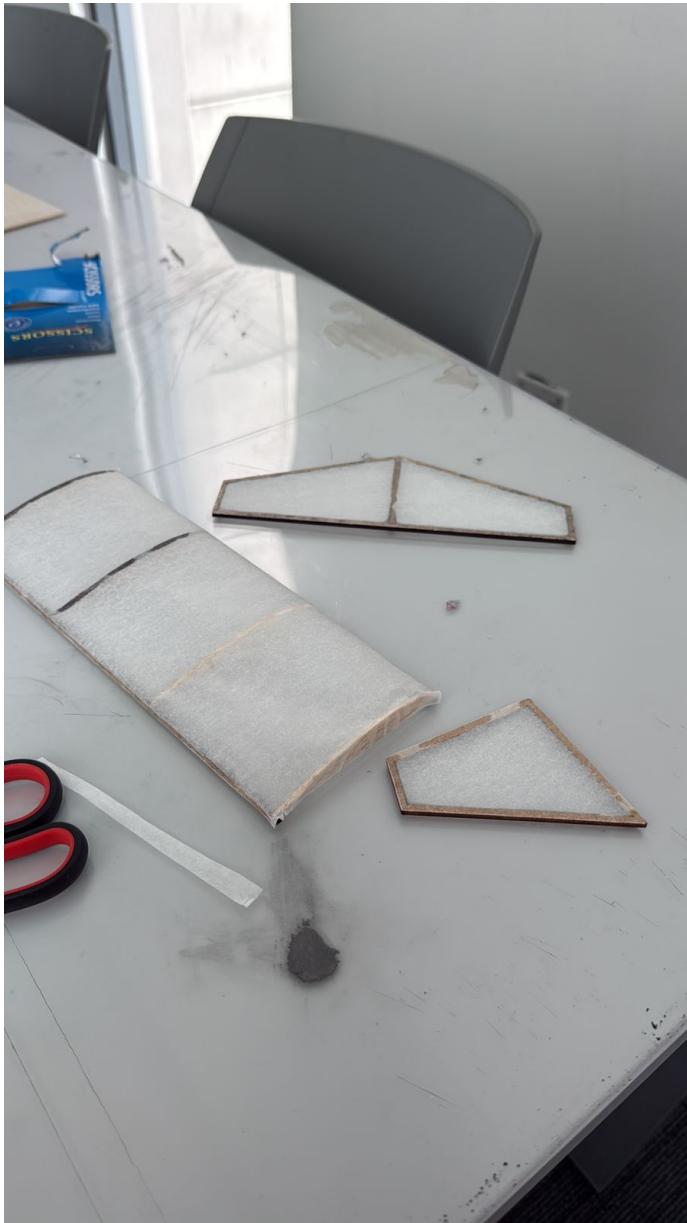


Figura 5: Alas y estabilizadores revestidos con papel mantequilla

### 3. Sistema de Propulsión

#### 3.1. Diseño de la Hélice

Para la fabricación de la hélice, utilizamos un enfoque innovador y sostenible: **reciclar una lata de aluminio** de bebida. Este material ofrece características ideales para este componente:

- Excelente relación peso-resistencia
- Facilidad de corte y moldeado manual
- Disponibilidad inmediata y bajo costo
- Flexibilidad suficiente para ajustar el paso de las palas
- Acabado liso que reduce la fricción con el aire



Figura 6: Lata de aluminio utilizada como materia prima para fabricar la hélice

### 3.2. Motor de Caucho

El sistema de propulsión consiste en una banda de caucho (goma) que almacena energía mecánica al ser enrollada. Al liberarse, la energía se transfiere a la hélice generando el empuje necesario para el vuelo.

### 3.3. Pruebas de Funcionamiento

Antes de ensamblar las alas, realizamos pruebas preliminares del sistema de propulsión utilizando únicamente el fuselaje con la hélice y el motor de caucho montados. Esto nos permitió verificar:

- Correcta rotación de la hélice sin vibraciones
- Empuje generado por el motor de caucho
- Eficiencia del sistema de propulsión
- Estabilidad del eje y la hélice durante el giro



Figura 7: Prueba del sistema de propulsión: fuselaje con hélice y motor de caucho (sin alas)

## 4. Trabajo en Equipo

El éxito de este proyecto fue posible gracias a la colaboración efectiva de todos los miembros del equipo. La distribución de responsabilidades permitió un avance eficiente y coordinado.

### 4.1. Distribución de Tareas

Área	Descripción
Corte láser	Supervisión y ejecución del proceso de corte en MDF
Ensamblaje estructural	Armado de alas, fuselaje y empenaje
Fabricación de hélice	Diseño y construcción del sistema de propulsión
Pruebas y ajustes	Iteraciones para optimizar el rendimiento
Documentación	Registro fotográfico y elaboración del informe

Cuadro 1: Distribución de tareas del equipo

### 4.2. Valores del Equipo

La comunicación constante, el respeto mutuo y el compromiso de cada miembro fueron fundamentales para cumplir con los plazos establecidos y lograr un producto final funcional. El trabajo colaborativo en el Mecha Lab fortaleció las habilidades de trabajo en equipo y resolución de problemas.

## 5. Resultados y Conclusiones

### 5.1. Resultados Obtenidos

Se logró construir exitosamente un vehículo aéreo tipo Hangar Rat que cumple con todas las especificaciones técnicas requeridas:

- ✓ Sistema de propulsión funcional con motor de caucho

- ✓ Tren de aterrizaje incorporado
- ✓ Superficies aerodinámicas adecuadas para la sustentación
- ✓ Estructura liviana pero resistente

## 5.2. ¿Por Qué Debería Volar?

El avión fue diseñado siguiendo los principios fundamentales de la aerodinámica:

- **Sustentación:** Las alas generan sustentación gracias al perfil aerodinámico creado por las costillas y el papel mantequilla tensado. El aire que pasa por encima del ala viaja más rápido que el de abajo, creando una diferencia de presión que empuja el avión hacia arriba.
- **Empuje:** La hélice, impulsada por el motor de caucho enrollado, genera el empuje necesario para vencer la resistencia del aire y propulsar el avión hacia adelante.
- **Peso reducido:** La combinación de MDF, madera de balsó y papel mantequilla mantiene el peso total lo suficientemente bajo para que la sustentación generada supere la fuerza de gravedad.
- **Estabilidad:** Los estabilizadores horizontal y vertical (empenaje) proporcionan control direccional y evitan que el avión cabeece o gire descontroladamente.

## 5.3. Lecciones Aprendidas

Durante el desarrollo del proyecto, el equipo adquirió valiosas experiencias en:

1. **Manufactura digital:** Uso de cortadora láser para corte de precisión
2. **Selección de materiales:** Criterios de peso vs. resistencia
3. **Aerodinámica aplicada:** Principios de sustentación y empuje
4. **Trabajo colaborativo:** Coordinación y comunicación efectiva
5. **Resolución de problemas:** Adaptación ante imprevistos
6. **Sostenibilidad:** Uso de materiales reciclados (lata de aluminio)

## 5.4. Resultado Final: Pivote a 100 % Madera de Balsó

Tras las pruebas iniciales con la estructura híbrida (MDF + balsa), el equipo tomó la decisión de **pivotar a una construcción 100 % en madera de balsó**. Esta decisión se basó en un análisis comparativo de las propiedades de los materiales:

Propiedad	MDF	Madera de Balsó	Ventaja
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	700 - 800	100 - 200	Balsa (4x más liviana)
Peso relativo	Alto	Muy bajo	Balsa
Facilidad de corte	Media	Alta	Balsa
Resistencia/peso	Baja	Excelente	Balsa
Uso en aeromodelismo	Limitado	Estándar	Balsa

Cuadro 2: Comparación de propiedades: MDF vs. Madera de Balsó

## ¿Por qué la madera de balsó es mejor para este tipo de aviones?

- **Densidad extremadamente baja:** Con una densidad de 100-200 kg/m<sup>3</sup> (vs. 700-800 kg/m<sup>3</sup> del MDF), la balsa permite construir estructuras hasta 4 veces más livianas.
- **Relación resistencia-peso óptima:** A pesar de su ligereza, la balsa tiene suficiente rigidez para soportar las fuerzas aerodinámicas del vuelo.
- **Material tradicional:** La madera de balsó ha sido el material estándar en aeromodelismo desde hace décadas, precisamente por estas propiedades.
- **Mayor tiempo de vuelo:** Un avión más liviano requiere menos sustentación para mantenerse en el aire, lo que se traduce en vuelos más largos con la misma energía del motor de caucho.

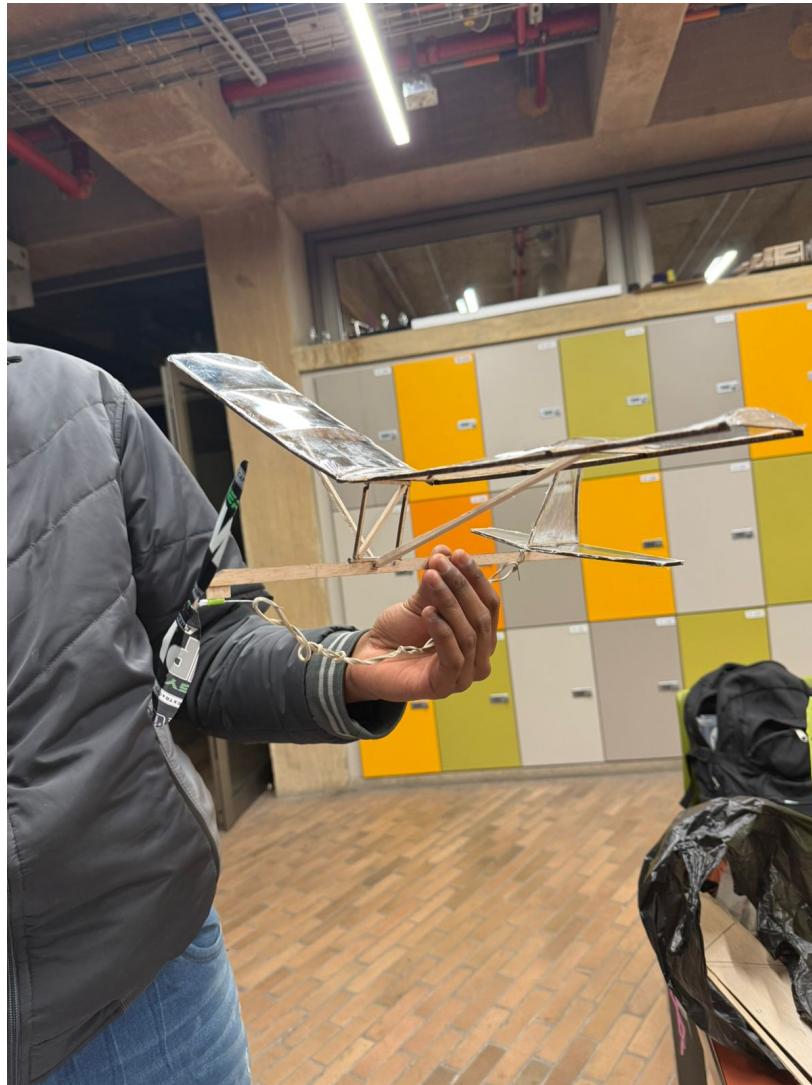


Figura 8: Resultado final: Avión construido 100 % en madera de balsó

## 5.5. Conclusiones

El proyecto permitió aplicar de manera práctica los conceptos teóricos de aerodinámica e ingeniería en la construcción de un vehículo aéreo. La decisión de pivotar a una estructura 100 % en madera de balsó demostró la importancia de la iteración y adaptación en el proceso de ingeniería, priorizando siempre la optimización del rendimiento.

El trabajo en equipo fue el pilar fundamental para completar el proyecto dentro del plazo establecido, y la experiencia adquirida será invaluable para futuros proyectos de ingeniería.

## 6. Referencias

1. Wickert, J. and Lewis, K. (2013). *An Introduction to Mechanical Engineering*, Third Edition. SI. Stamford: Cengage Learning.
2. Radical RC. “Free flight old time rubber phantom flash ROG 16”. Disponible en: <https://www.radicalrc.com/item/Free-Flight-Old-Time-Rubber-Phantom-Flash-ROG-16-107964>
3. Joyplanes. “Free flight balsa wood model airplane with rubber powered propeller”. Disponible en: <https://joyplanes.com/en/product/free-flight-rubber-powered/>