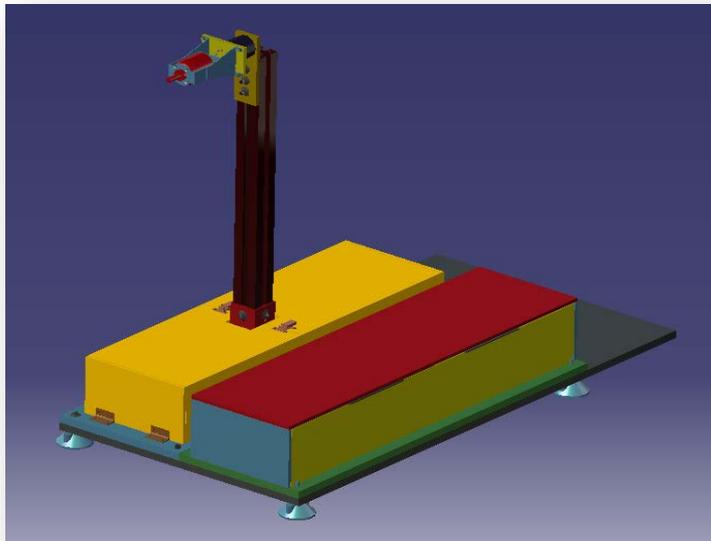


PROYECTO FIN DE CARRERA

Diseño y construcción de una bancada para caracterización de plantas propulsoras por hélice con motor eléctrico



HUGO LÓPEZ PÉREZ

**GRUPO DE INGENIERÍA
AEROESPACIAL**

***ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS***

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

- 1.1. OBJETIVOS
- 1.2. MOTOR Y BATERIAS
- 1.3. MOTOR LÍMITE

2. INVESTIGACIÓN DE PLATAFORMAS SIMILARES

3. DISEÑO DE LA BANCADA

- 3.1. EVOLUCIÓN
- 3.2. DISEÑO ELEGIDO
 - 3.2.1. FUNCIONAMIENTO
 - 3.2.2. DESCRIPCIÓN

ÍNDICE

4. DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS

- 4.1. DISPOSITIVOS GENERALES
- 4.2. SISTEMA DE TELEMETRÍA 1
- 4.3. SISTEMA DE TELEMETRÍA 2

5. CÁLCULOS

- 5.1. CÁLCULOS DE TENSIONES Y DESPLAZAMIENTOS
- 5.2. CÁLCULOS DE REACCIONES
- 5.3. CÁLCULOS AERODINÁMICOS

6. TESTADO

7. DATOS

8. CONCLUSIONES Y MEJORAS

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETIVOS

1.2. MOTOR Y BATERIAS

1.3. MOTOR LÍMITE

2. INVESTIGACIÓN DE PLATAFORMAS SIMILARES

3. DISEÑO DE LA BANCADA

3.1. EVOLUCIÓN

3.2. DISEÑO ELEGIDO

3.2.1. FUNCIONAMIENTO

3.2.2. DESCRIPCIÓN

INTRODUCCIÓN

- Una bancada de pruebas para motores de aviación es un aparato destinado a soportar un conjunto motor-hélice y a realizar una serie de medidas de interés sobre el mismo durante su funcionamiento.
- Surge por la necesidad del Grupo de Ingeniería Aeroespacial de tener uno de estos aparatos para realizar estudios de actuaciones para diferentes combinaciones de motor-hélice para la conversión de la planta motora del Céfiro.

INTRODUCCIÓN

OBJETIVOS

- **CARACTERIZACIÓN DE LA PLANTA MOTORA
(PAR,RPM,I,V,POT)**
- **CARACTERIZACIÓN DE LA PLANTA PROPULSORA
(TRAC,PAR,REND,POT,...)**
- **CARACTERÍSTICAS PRELIMINARES**
 - **DIMENSIONES**
 - **FACILIDAD DE TRANSPORTE Y ACCESIBILIDAD**
 - **UNIVERSALIDAD EN ENSAYOS Y PLANTAS
MOTORAS**

INTRODUCCIÓN

MOTOR Y BATERÍAS

MOTOR

AXI 5345/16



BATERÍAS

Battery Pack T600 de ion-litio



INTRODUCCIÓN

MOTOR LIMITANTE

CARÁCTERÍSTICAS DEL MOTOR LIMITANTE

N (rpm)	Empuje (N)	Par (N·m)	Potencia (kW)	P. De corte (kg)
8000	245	4,1778	3,5	2

CARÁCTERÍSTICAS DEL MOTOR AXI 5345/16

N (rpm)	Empuje (N)	Par (N·m)	Potencia (kW)	P. De corte (kg)
4500	100	2	2,8	1,7

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETIVOS

1.2. MOTOR Y BATERIAS

1.3. MOTOR LÍMITE

2. INVESTIGACIÓN DE PLATAFORMAS SIMILARES

3. DISEÑO DE LA BANCADA

3.1. EVOLUCIÓN

3.2. DISEÑO ELEGIDO

3.2.1. FUNCIONAMIENTO

3.2.2. DESCRIPCIÓN

INVESTIGACIÓN DE PLATAFORMAS SIMILARES

BANCADAS DE ENSAYOS ESTATICOS



BANCADAS DE ENSAYOS EN TÚNEL DE VIENTO



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETIVOS

1.2. MOTOR Y BATERIAS

1.3. MOTOR LÍMITE

2. INVESTIGACIÓN DE PLATAFORMAS SIMILARES

3. DISEÑO DE LA BANCADA

3.1. EVOLUCIÓN

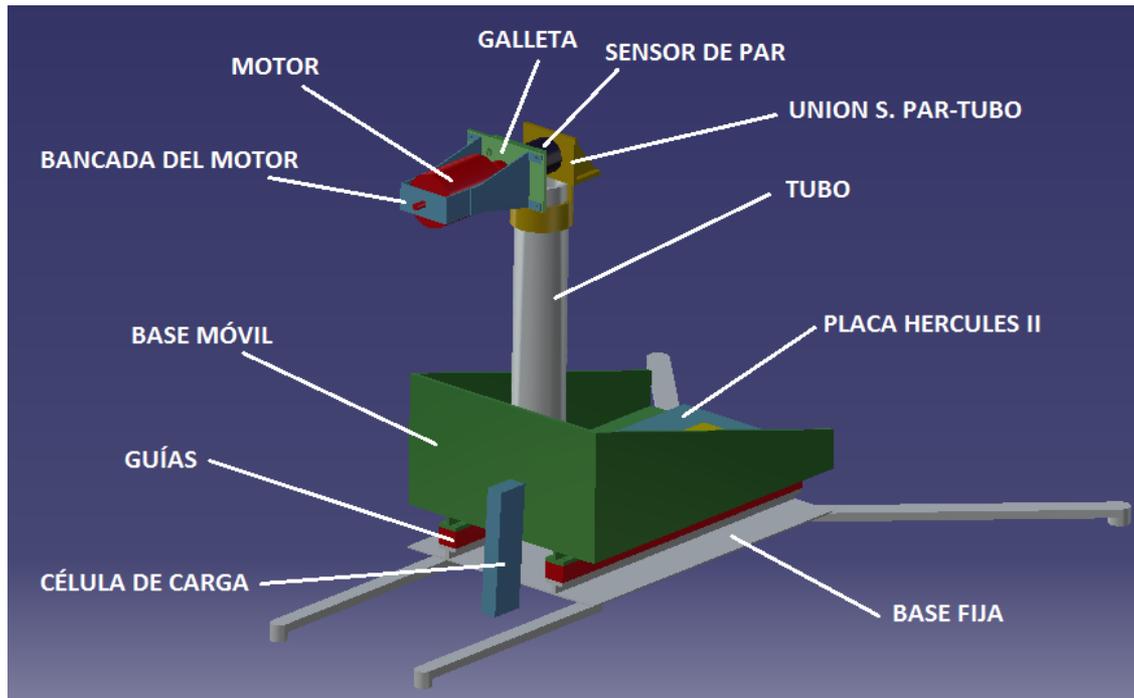
3.2. DISEÑO ELEGIDO

3.2.1. FUNCIONAMIENTO

3.2.2. DESCRIPCIÓN

DISEÑO DE LA BANCADA EVOLUCIÓN

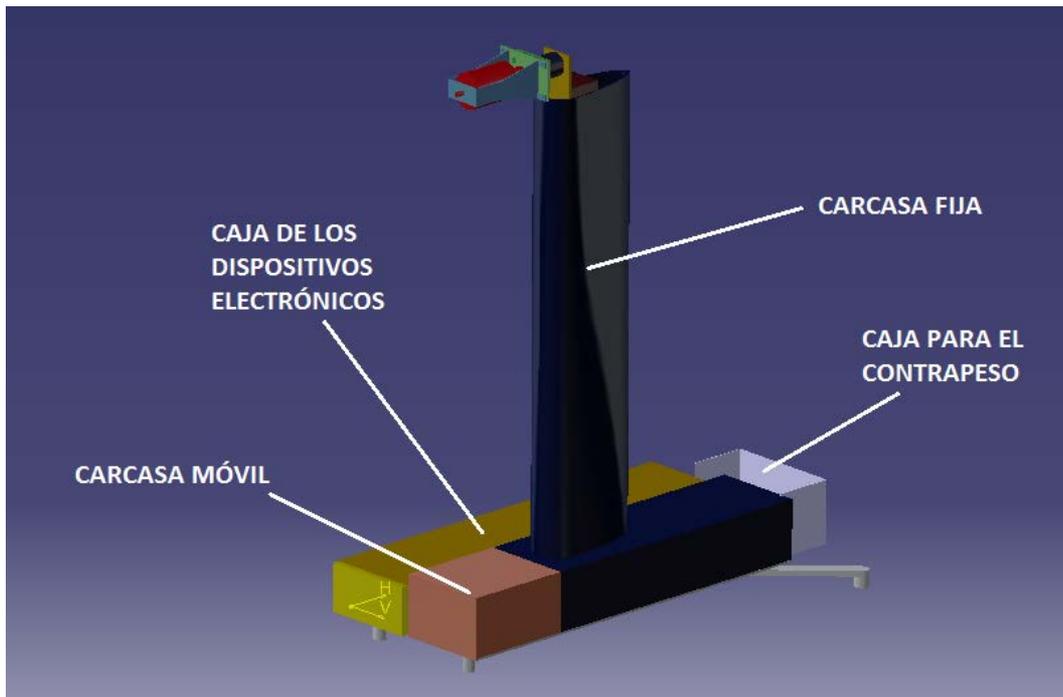
MODELO 1



- **Ventajas:**
Modelo sencillo y eficaz de transmisión de cargas
- **Inconvenientes:**
Demasiado voluminoso y poco protegido frente al viento

DISEÑO DE LA BANCADA EVOLUCIÓN

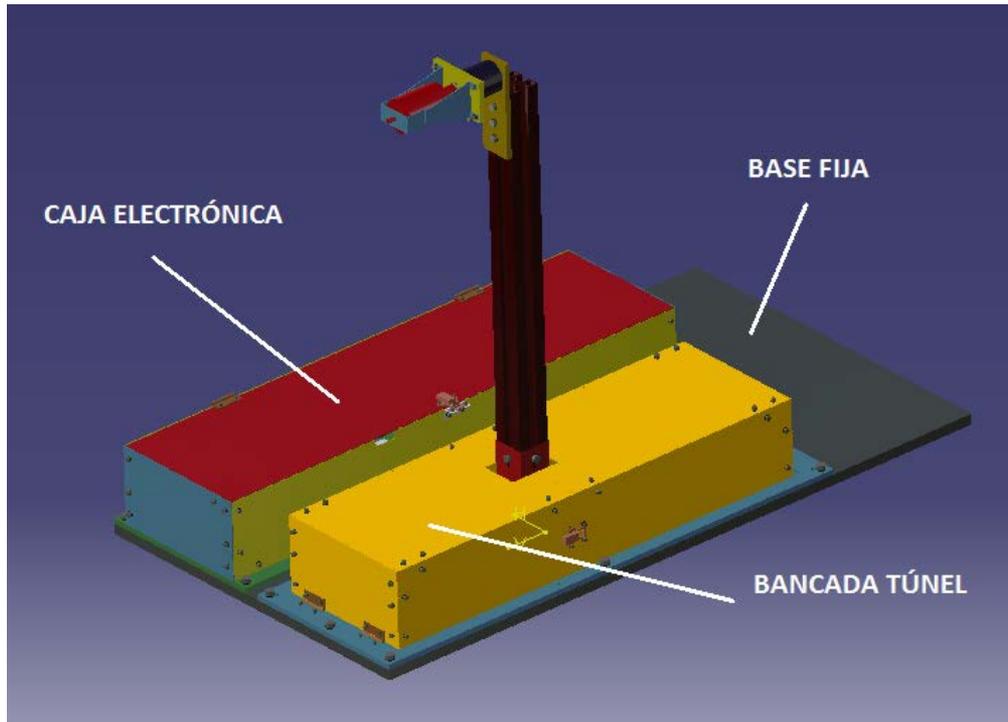
MODELO 2



- **Ventajas:**
Protección contra el viento y sistema de contrapeso simplificado
- **Inconvenientes:**
Posible volcado frente en el túnel de viento

DISEÑO DE LA BANCADA EVOLUCIÓN

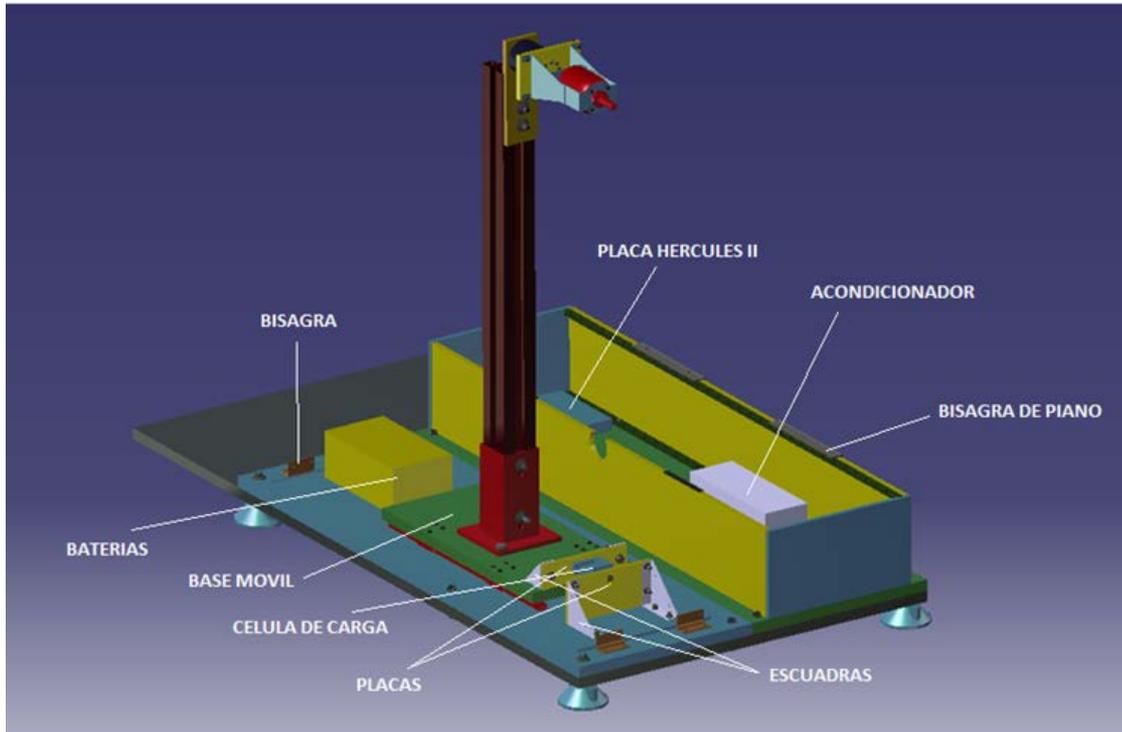
MODELO 3



- **Ventajas:**
Funcionamiento en el túnel de viento y en estático. Simplificación de todo el modelo.
- **Inconvenientes:**
Materiales y fabricación no depurados.

DISEÑO DE LA BANCADA EVOLUCIÓN

MODELO 4



- Ventajas:
Elección de materiales y fabricación depurados

DISEÑO DE LA BANCADA

DISEÑO ELEGIDO



DISEÑO ELEGIDO: MODELO 4

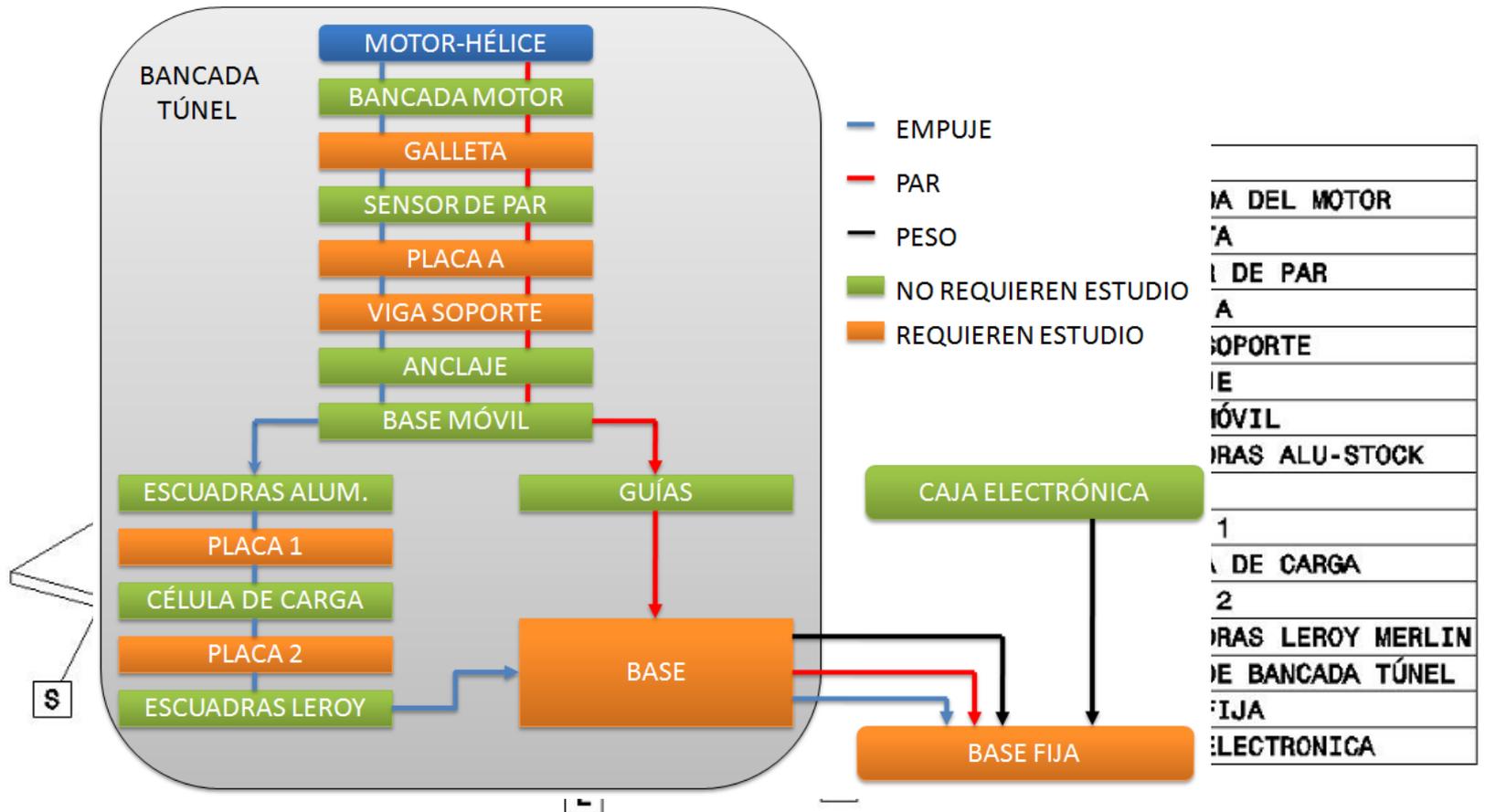
DIVISIÓN EN 3 PARTES:

1. BASE FIJA
2. CAJA ELECTRÓNICA
3. BANCADA TÚNEL

DISEÑO DE LA BANCADA TÚNEL

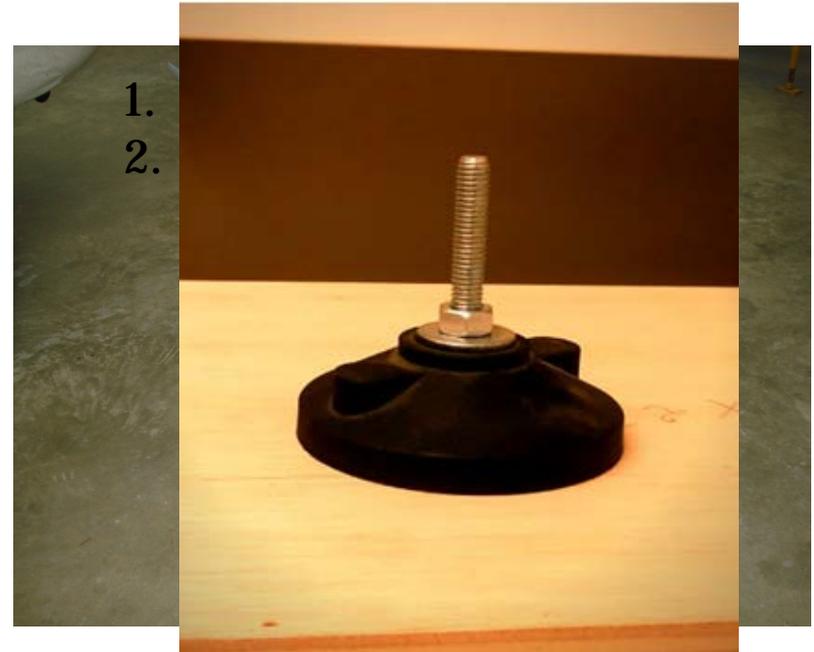
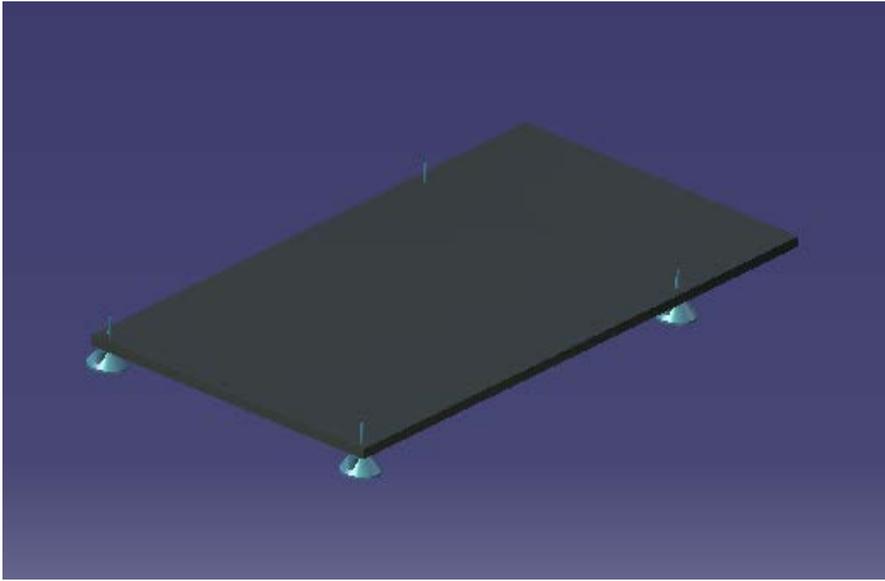
DISEÑO ELEGIDO

FUNCIONAMIENTO



DISEÑO DE LA BANCADA
DISEÑO ELEGIDO
DESCRIPCIÓN

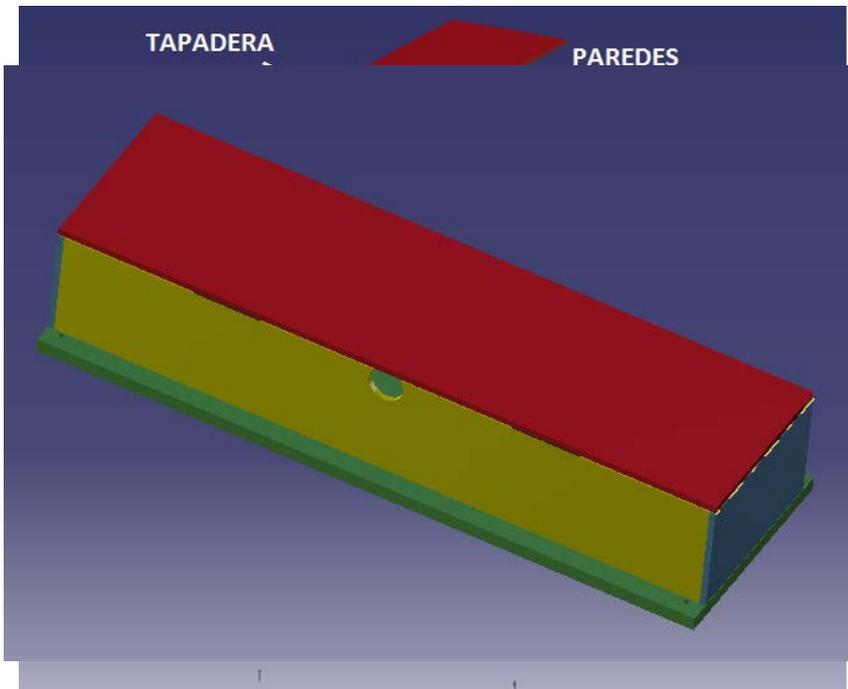
- **BASE FIJA**



DISEÑO DE LA BANCADA
DISEÑO ELEGIDO

DESCRIPCIÓN

•CAJA ELECTRÓNICA

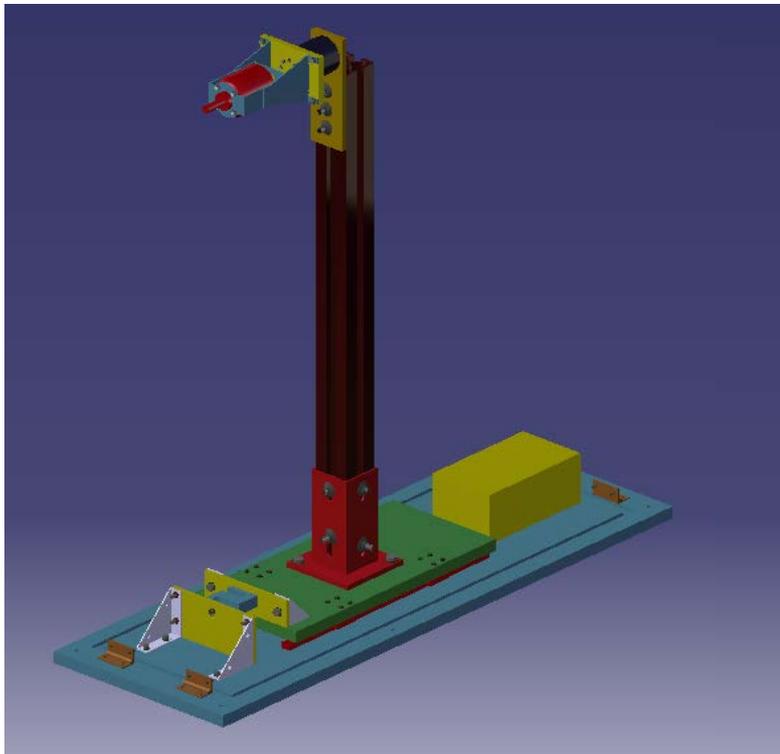


DISEÑO DE LA BANCADA

DISEÑO ELEGIDO

DESCRIPCIÓN

•BANCADA TÚNEL



1. CARCASAS Y BASE
2. SIST. DE CARGA INFERIOR
3. SIST. DE CARGA SUPERIOR

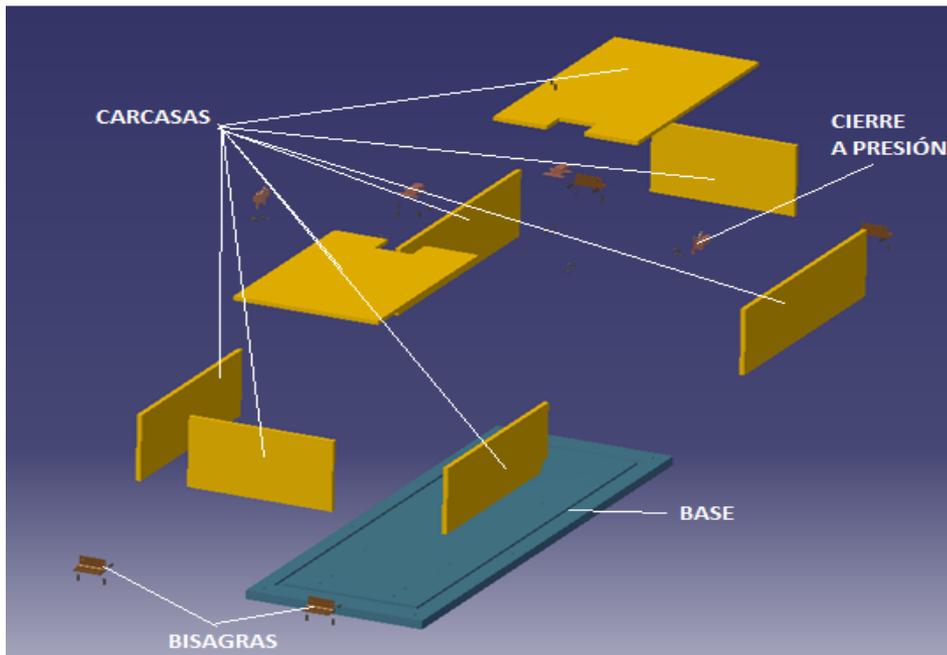


DISEÑO DE LA BANCADA

DISEÑO ELEGIDO

DESCRIPCIÓN

- **BANCADA TÚNEL**
CARCAS Y BASE



1. CARCASAS

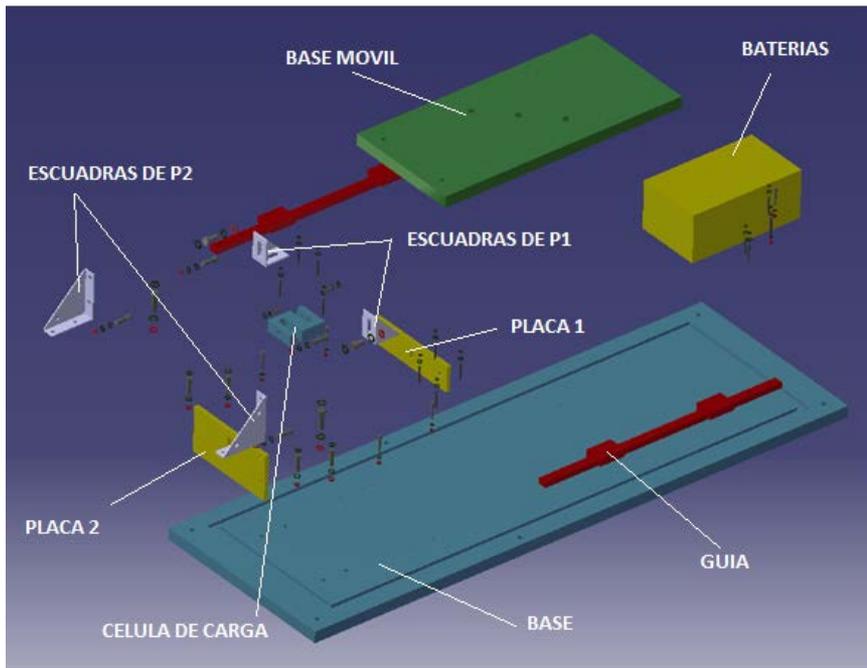


DISEÑO DE LA BANCADA

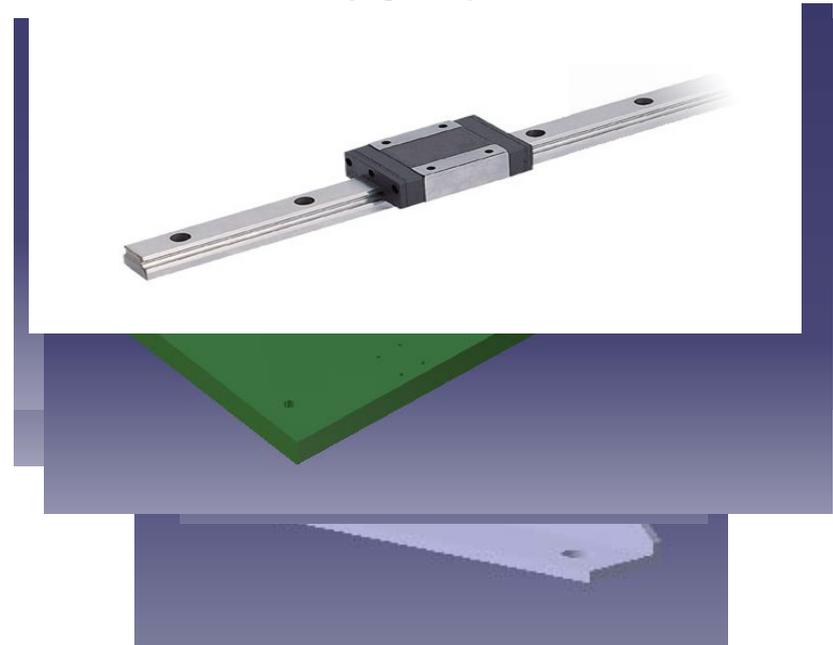
DISEÑO ELEGIDO

DESCRIPCIÓN

- **BANCADA TÚNEL**
- **SISTEMA DE CARGA INFERIOR**



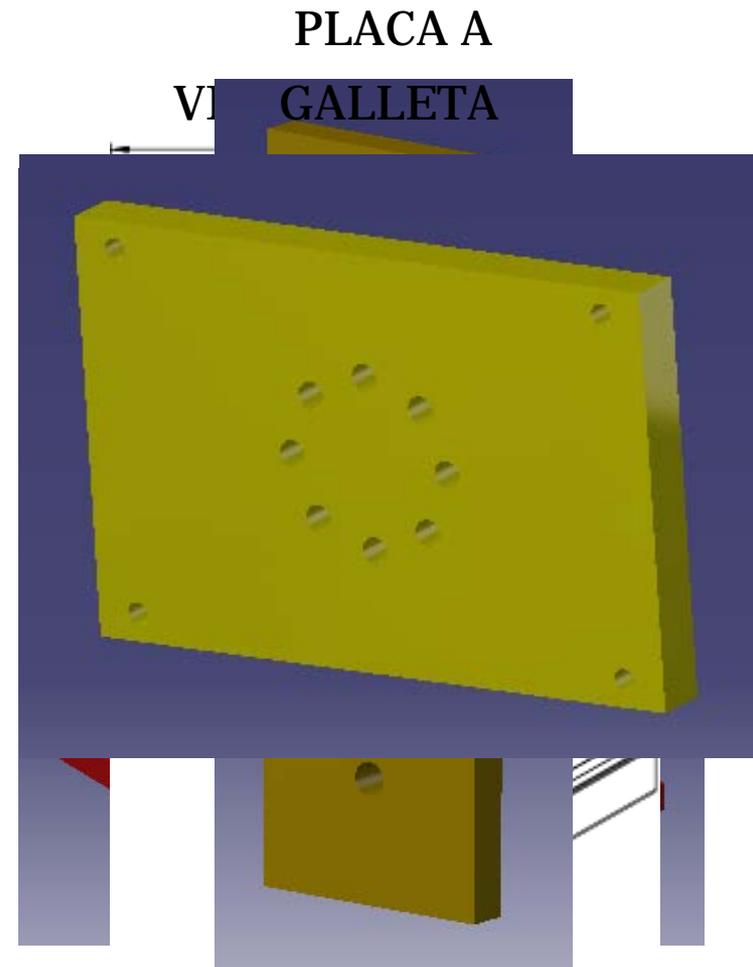
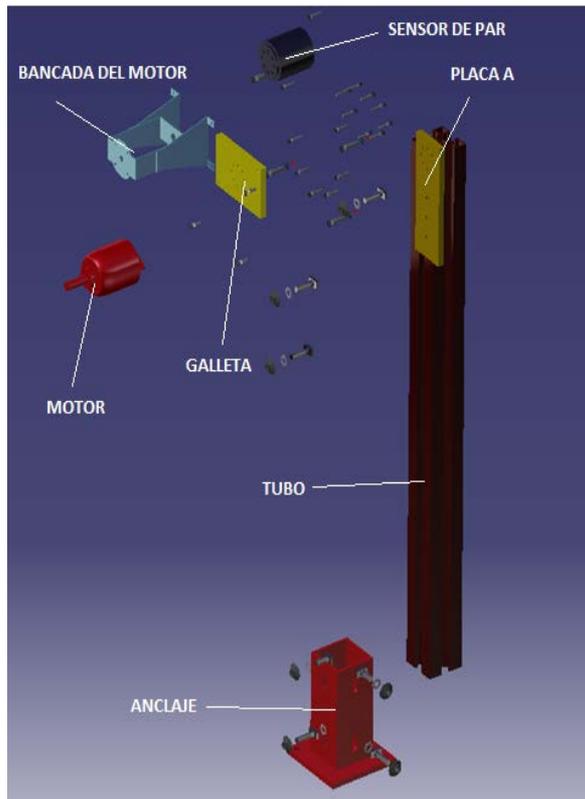
~~ESCUADRA DE P1~~
~~ESCUADRA DE P2~~
~~PLACA 1~~
~~PLACA 2~~
~~CELULA DE CARGA~~
~~GUIA~~
~~BASE~~
~~BASE MOVIL~~
~~BATERIAS~~



DISEÑO DE LA BANCADA DISEÑO ELEGIDO

DESCRIPCIÓN

•BANCADA TÚNEL SISTEMA DE CARGA SUPERIOR



ÍNDICE

4. DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS

- 4.1. DISPOSITIVOS GENERALES
- 4.2. SISTEMA DE TELEMETRÍA 1
- 4.3. SISTEMA DE TELEMETRÍA 2

5. CÁLCULOS

- 5.1. CÁLCULOS DE TENSIONES Y DESPLAZAMIENTOS
- 5.2. CÁLCULOS DE REACCIONES
- 5.3. CÁLCULOS AERODINÁMICOS

6. TESTADO

7. DATOS

8. CONCLUSIONES Y MEJORAS

DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS DISPOSITIVOS GENERALES

8. SENSORES DE CONTROL A DISTANCIA MRT2 REACTION SYSTEMS INCORPORATED 4000 DUNBAR RD SUITE 200 Y RECEPTOR FUTABA

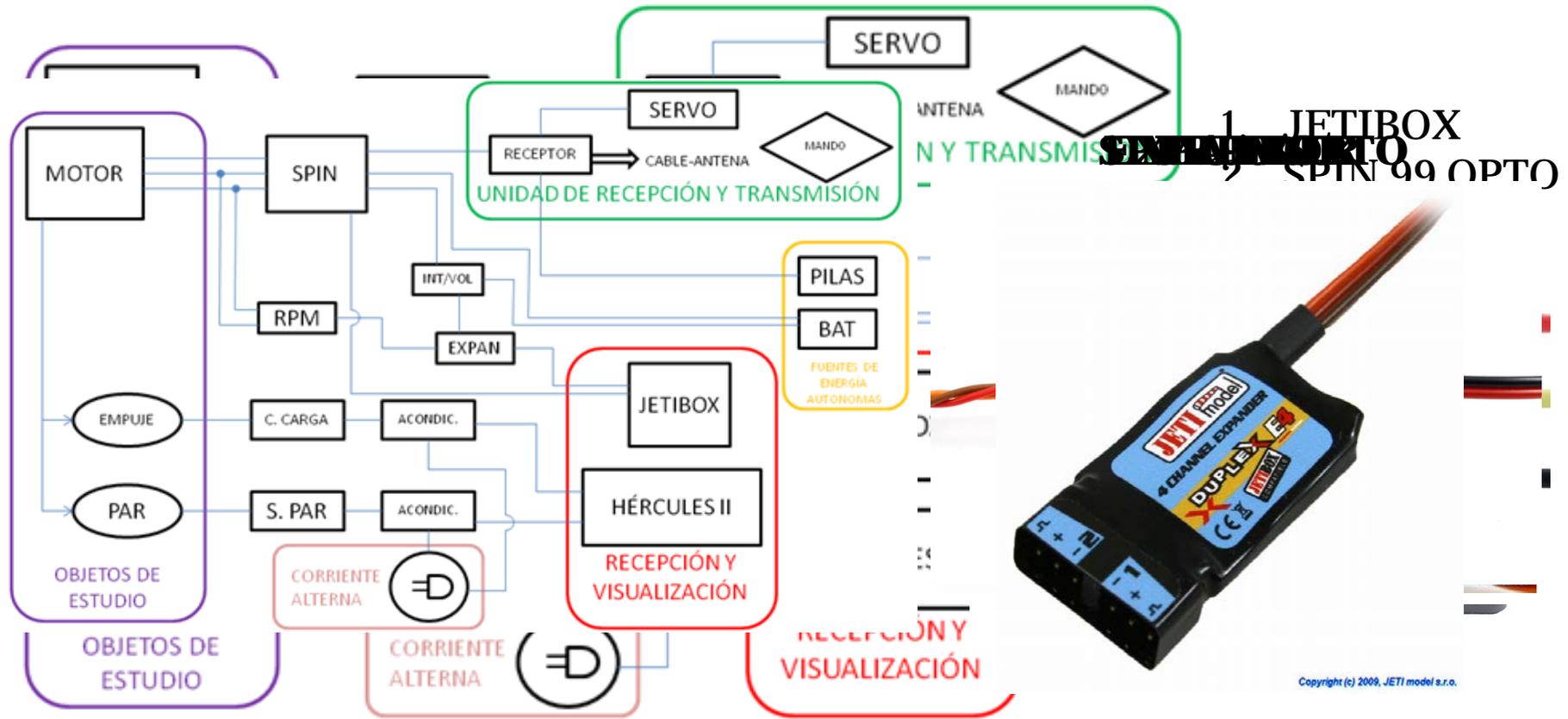


- Descripción
Dispositivo selectivo electrónico que se activa y desactiva de forma remota mediante un control remoto. Este sistema de control remoto se utiliza para el control de los sistemas de iluminación.

Este receptor se encuentra en la situación de control remoto en la familia de control remoto de la serie de control remoto.

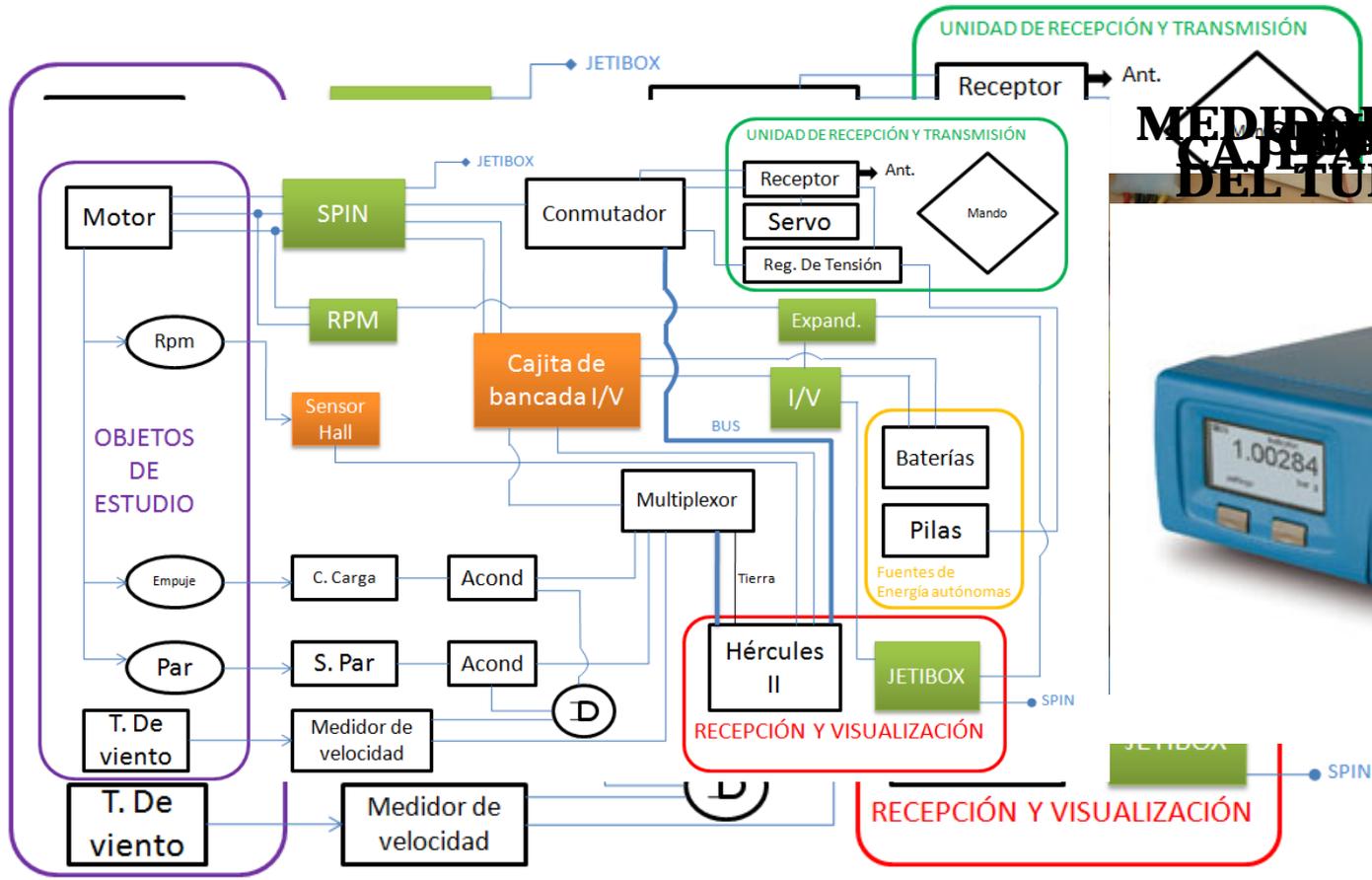
DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS

SISTEMA DE TELEMETRÍA 1



DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS

SISTEMA DE TELEMETRÍA 2



MEDIDOR DE VELOCIDAD
CAPA ELECTRÓNICA
DEL TUNEL DE VIENTO



ÍNDICE

4. DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS

- 4.1. DISPOSITIVOS GENERALES
- 4.2. SISTEMA DE TELEMETRÍA 1
- 4.3. SISTEMA DE TELEMETRÍA 2

5. CÁLCULOS

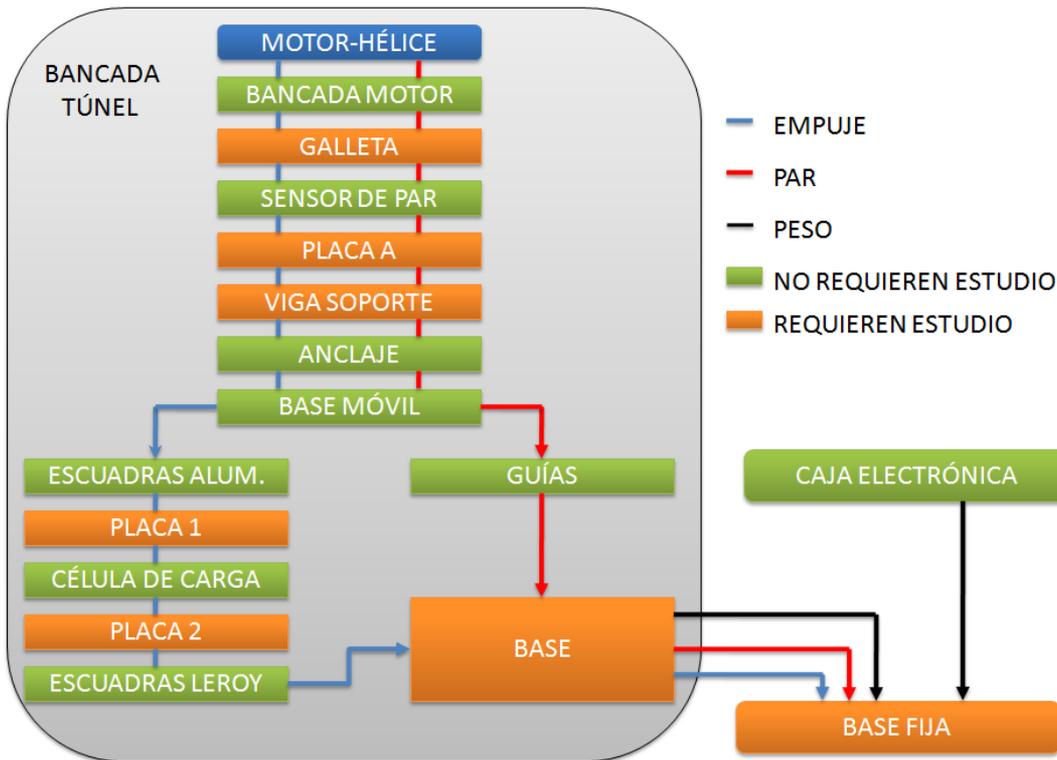
- 5.1. CÁLCULOS DE TENSIONES Y DESPLAZAMIENTOS
- 5.2. CÁLCULOS DE REACCIONES
- 5.3. CÁLCULOS AERODINÁMICOS

6. TESTADO

7. DATOS

8. CONCLUSIONES Y MEJORAS

CÁLCULOS



Cálculos de tensiones y desplazamientos:

PATRAN-NASTRAN

1. Galleta
2. Placa A
3. Placa 1
4. Placa 2
5. Viga-soporte

Cálculos de reacciones

Tª ESTRUCTURAS

1. Base fija
2. Base

Cálculos aerodinámicos

MEC. DE FLUIDOS Y ANALISIS ADIMENSIONAL

CÁLCULOS DE TENSIONES Y DESPLAZAMIENTOS



• CARGA

Tensión máxima: **3,73 Mpa**

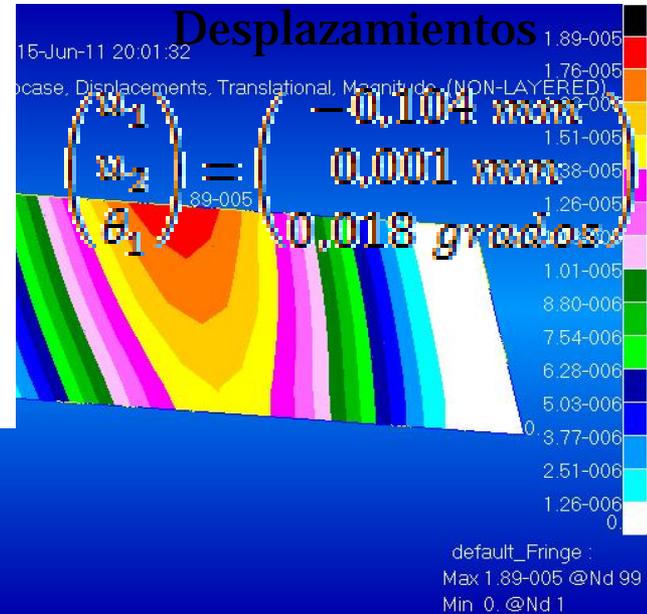
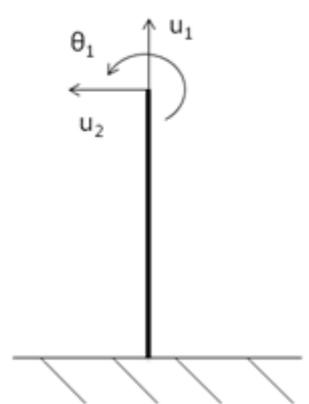
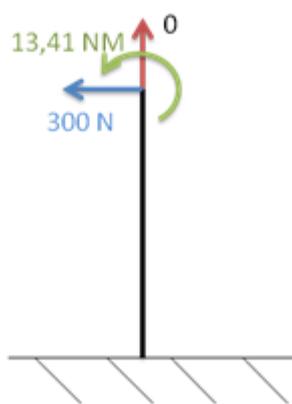
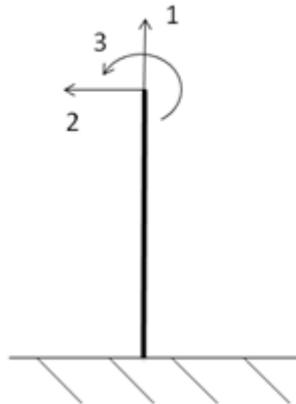
Desplazamiento máximo: **6,89-10-5 mm**

SIST. DE COORDENADAS

FUERZAS

DESPLAZAMIENTOS

Patrón
Fringe



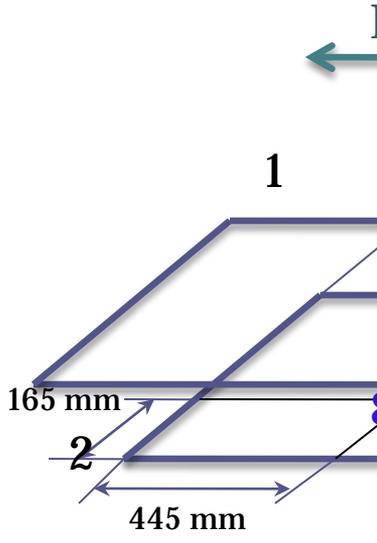
default_Fringe :
Max 3.73+006 @Nd 27
Min 0. @Nd 1



default_Fringe :
Max 1.89-005 @Nd 99
Min 0. @Nd 1

CÁLCULOS CÁLCULOS DE REACCIONES

•VOLCADO



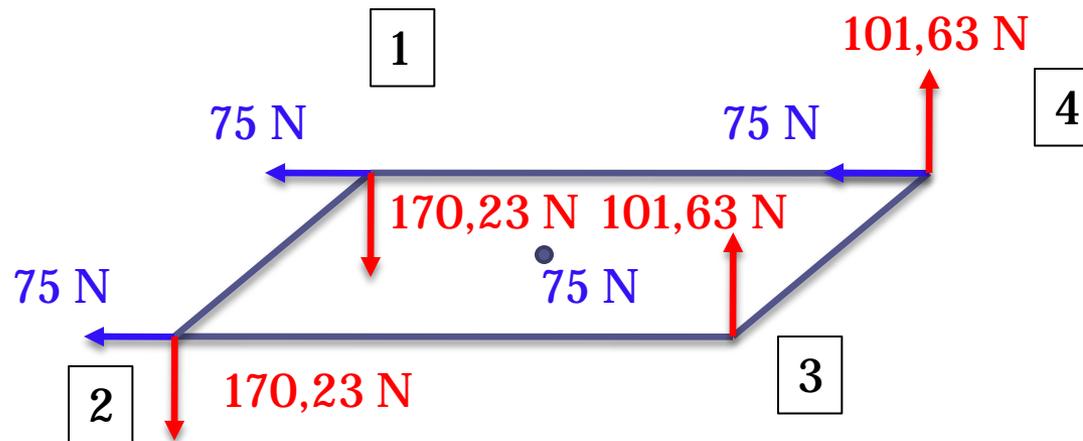
ENTRAPESO

8'27 KG

CÁLCULOS

CÁLCULOS DE REACCIONES

- REACCIONES



CÁLCULOS CÁLCULOS AERODINÁMICOS

• ECUACIONES

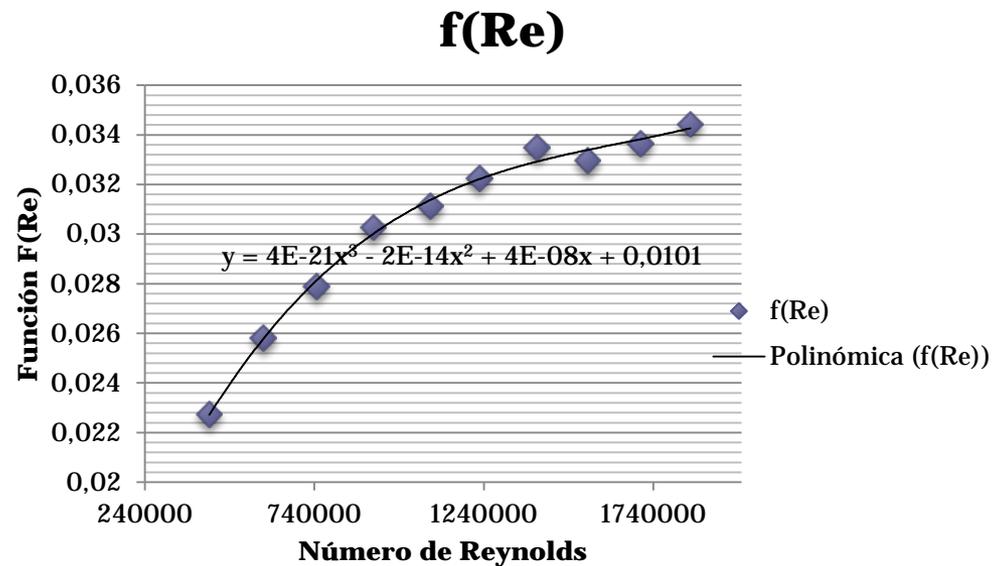
$$D = f(\rho, \mu, U_{\infty}, T_{\infty}, p_{\infty}, p, T, \text{geometría})$$

ANÁLISIS ADIMENSIONAL

$$\frac{D}{\rho U_{\infty}^2 l^2} = f\left(\frac{x}{l}, \frac{\mu}{\rho U_{\infty} l}, \frac{p - p_{\infty}}{\rho U_{\infty}^2}, \frac{T - T_{\infty}}{T_{\infty}}\right)$$

ESTUDIO DEL PROBLEMA

$$\frac{D}{\rho U_{\infty}^2 l^2} = f\left(\frac{\mu}{\rho U_{\infty} l}\right) = f(Re)$$



ÍNDICE

4. DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS

- 4.1. DISPOSITIVOS GENERALES
- 4.2. SISTEMA DE TELEMETRÍA 1
- 4.3. SISTEMA DE TELEMETRÍA 2

5. CÁLCULOS

- 5.1. CÁLCULOS DE TENSIONES Y DESPLAZAMIENTOS
- 5.2. CÁLCULOS DE REACCIONES
- 5.3. CÁLCULOS AERODINÁMICOS

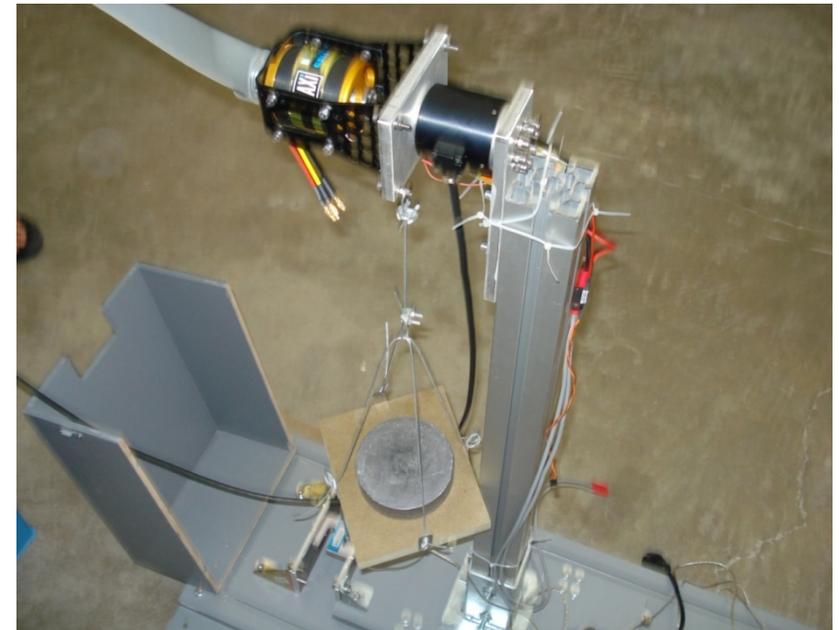
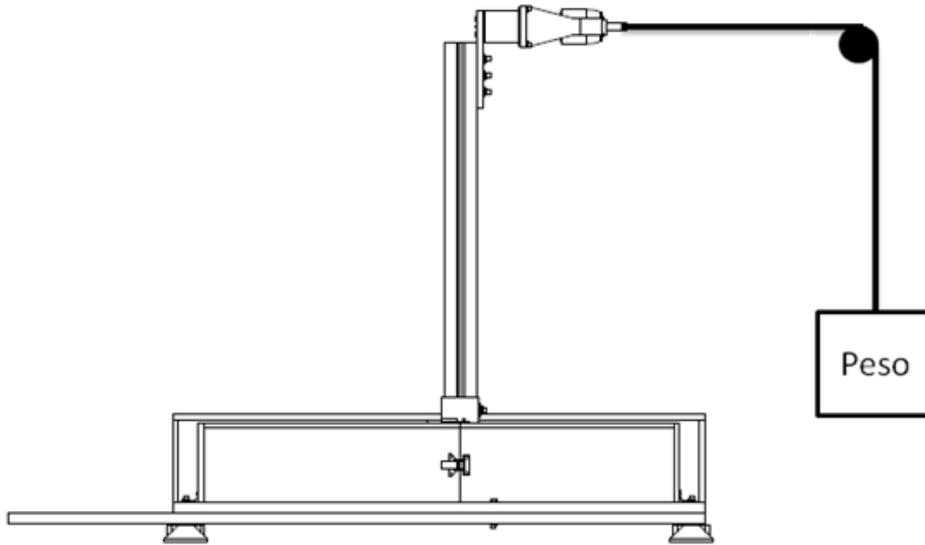
6. TESTADO

7. DATOS

8. CONCLUSIONES Y MEJORAS

TESTADO

- **TESTADO MEDIANTE EXPERIMENTOS CON UTILIZACIÓN DE CARGAS**
 1. CÉLULA DE CARGA
 2. SENSOR DE PAR



TESTADO

- **TESTADO MEDIANTE DISPOSITIVOS DE MEDIDA**
 1. SENSOR DE INTENSIDAD Y VOLTAJE
 2. SENSOR DE REVOLUCIONES



ÍNDICE

4. DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS

- 4.1. DISPOSITIVOS GENERALES
- 4.2. SISTEMA DE TELEMETRÍA 1
- 4.3. SISTEMA DE TELEMETRÍA 2

5. CÁLCULOS

- 5.1. CÁLCULOS DE TENSIONES Y DESPLAZAMIENTOS
- 5.2. CÁLCULOS DE REACCIONES
- 5.3. CÁLCULOS AERODINÁMICOS

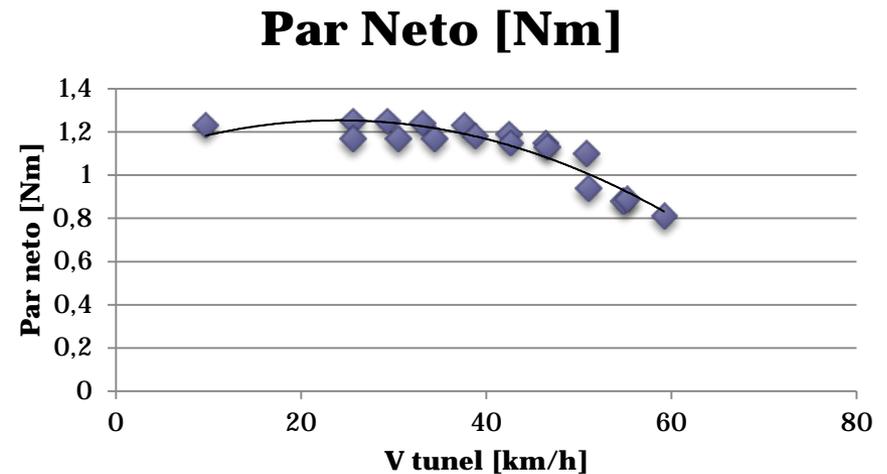
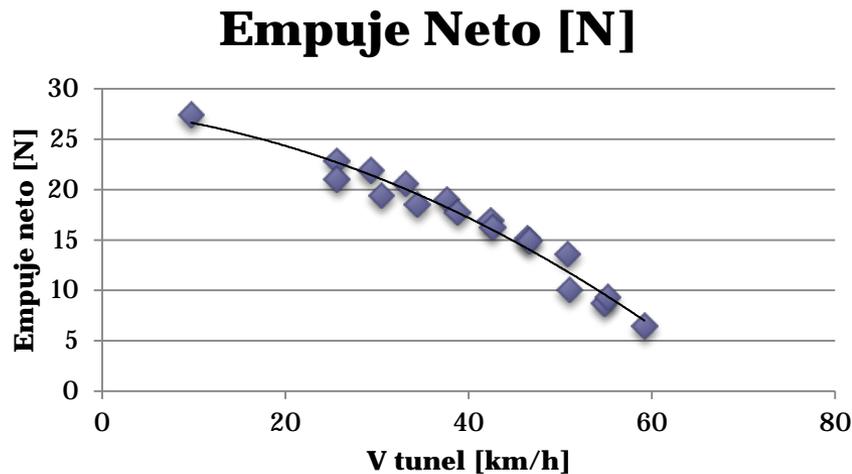
6. TESTADO

7. DATOS

8. CONCLUSIONES Y MEJORAS

DATOS

PROYECTO FIN DE CARRERA DE ALBERTO GARCÍA ENSAYOS EN ESTÁTICO Y TÚNEL DE VIENTO SISTEMA DE TELEMETRÍA 1



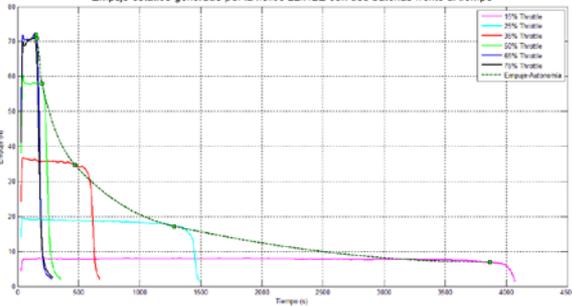
DATOS

PROYECTO FIN DE CARRERA DE ELIO CARRASCO

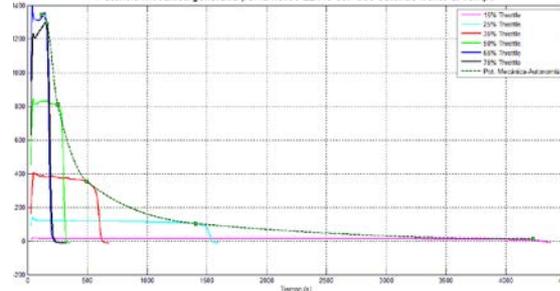
ENSAYOS EN ESTÁTICO Y TÚNEL DE VIENTO

SISTEMA DE TELEMETRÍA 2

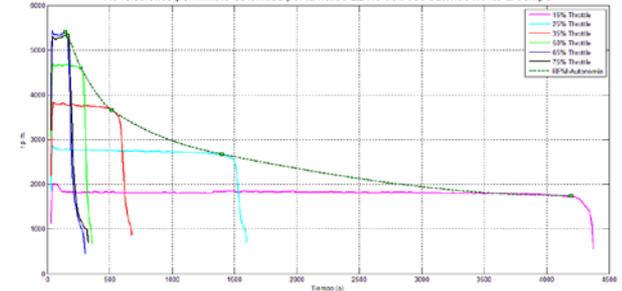
Empuje estático generado por la hélice 22x12E con dos baterías frente al tiempo



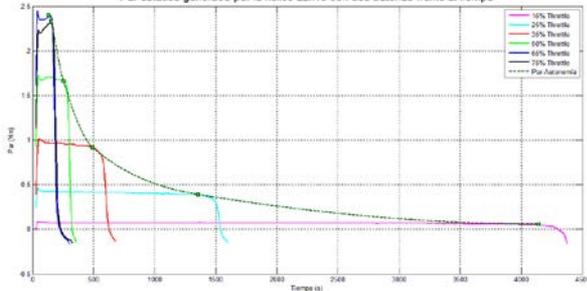
Potencia mecánica generada por la hélice 22x10 con dos baterías frente al tiempo



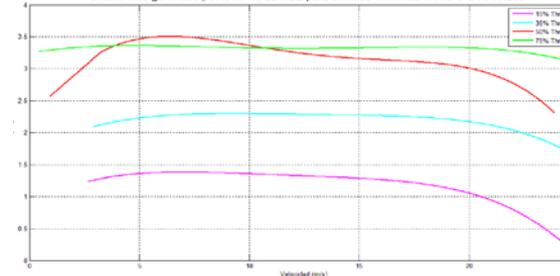
Revoluciones por minuto obtenidas por la hélice 22x10 con dos baterías frente al tiempo



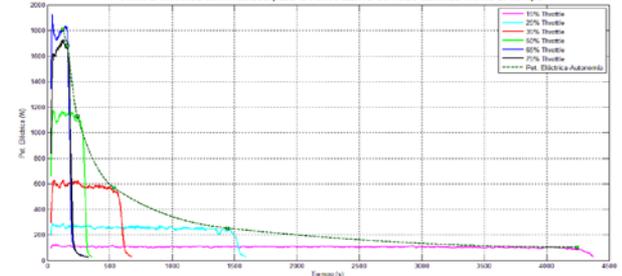
Par estático generado por la hélice 22x10 con dos baterías frente al tiempo



Par dinámico generado por la hélice 22x12E para el modo Heli-Auto frente a la velocidad



Potencia eléctrica suministrada para la hélice 22x10 con dos baterías frente al tiempo



ÍNDICE

4. DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS

- 4.1. DISPOSITIVOS GENERALES
- 4.2. SISTEMA DE TELEMETRÍA 1
- 4.3. SISTEMA DE TELEMETRÍA 2

5. CÁLCULOS

- 5.1. CÁLCULOS DE TENSIONES Y DESPLAZAMIENTOS
- 5.2. CÁLCULOS DE REACCIONES
- 5.3. CÁLCULOS AERODINÁMICOS

6. TESTADO

7. DATOS

8. CONCLUSIONES Y MEJORAS

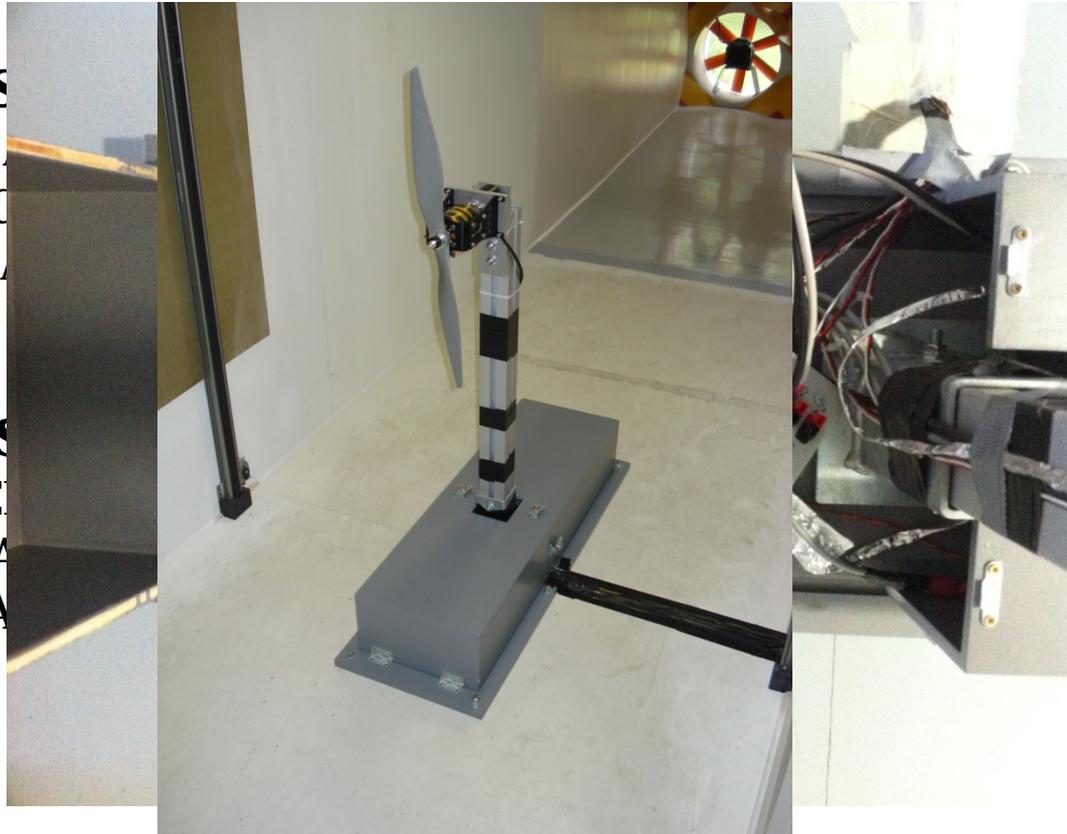
CONCLUSIONES Y MEJORAS

CONCLUSIONES

1. SE HAN
2. LA BANC
- RESULTA

MEJORAS

1. PROBLE
2. BATERÍA
3. MEJORA



BUENOS

GRACIAS POR SU
ATENCIÓN