

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Mecatrónica

Trabajo de titulación , previo a la obtención del título de Ingeniero en Mecatrónica

Diseño e implementación de un banco de pruebas para la localización y/o validación de defectos estructurales en UAV de tipo dron multirrotor, mediante el análisis, monitoreo y visualización de la dinámica de vuelo empleando una estructura mecánica giroscópica de 3 GDL para la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga

Autores: Solís Núñez, Marcelo Isaac

Gómez Proaño, Kevin Omar

Director: Msc. Pérez Gutiérrez Milton Fabricio

2023





CONTENIDO

- Introducción
- Desarrollo e implementación
- Pruebas
- Resultados
- Conclusiones
- Recomendaciones



Introducción

Desarrollo e
implementación

Pruebas

Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Introducción

Antecedentes

Vehículos aéreos no tripulados



Permisos comerciales



Centro experimentales de pruebas



Banco de pruebas





Introducción

Planteamiento del problema

Introducción

Desarrollo e implementación

Pruebas

Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Seguridad e Integridad



Pilotos novatos



Software libre



Costo comercial



Interfaz interactiva



Limitación estructural





Introducción

Desarrollo e
implementación

Pruebas

Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Introducción

Objetivo general

Implementar un banco de pruebas para la localización y/o validación de defectos estructurales de UAV de tipo dron multirroto, mediante el análisis dinámico, monitoreo y visualización de vuelo del vehículo empleando una estructura mecánica giroscópica de 3 GDL para la Universidad de las fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga.



Introducción

Objetivos específicos

Introducción

Desarrollo e implementación

Pruebas

Resultados

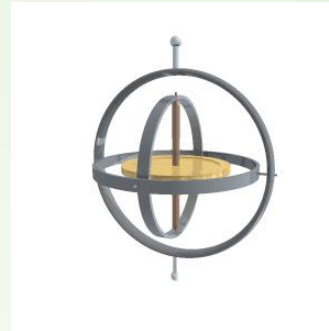
Conclusiones

Recomendaciones

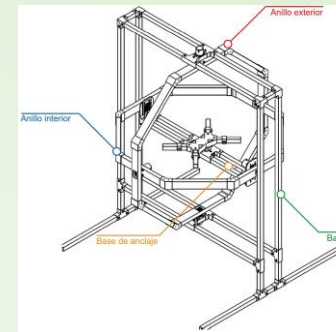
Banco de pruebas



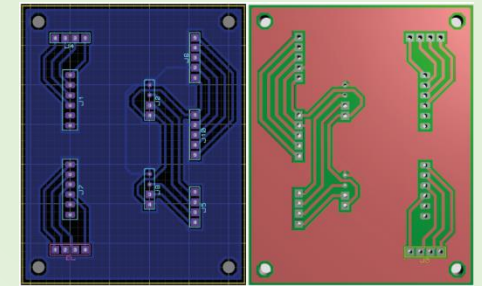
Estructura giroscópica



Sistema mecánico



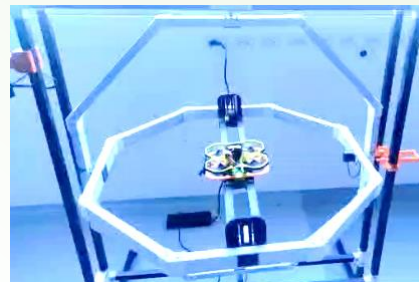
Sistema electrónico



Dispositivos



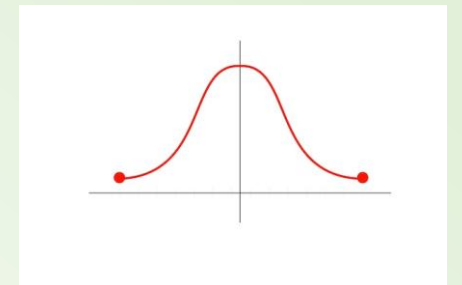
Integración



Software



Validación





Desarrollo e implementación

Sistema mecánico

Introducción

Desarrollo e implementación

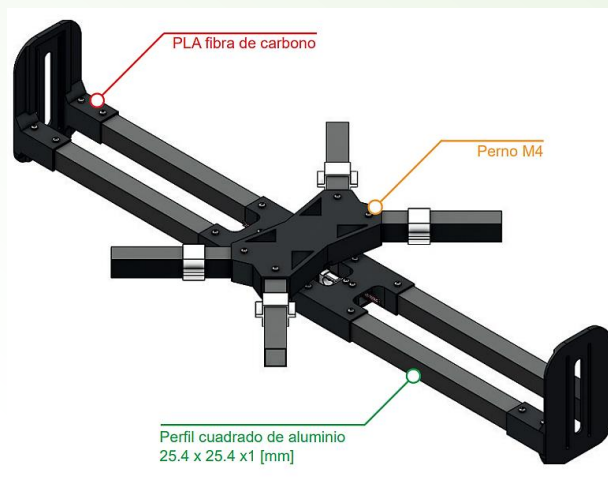
Pruebas

Resultados

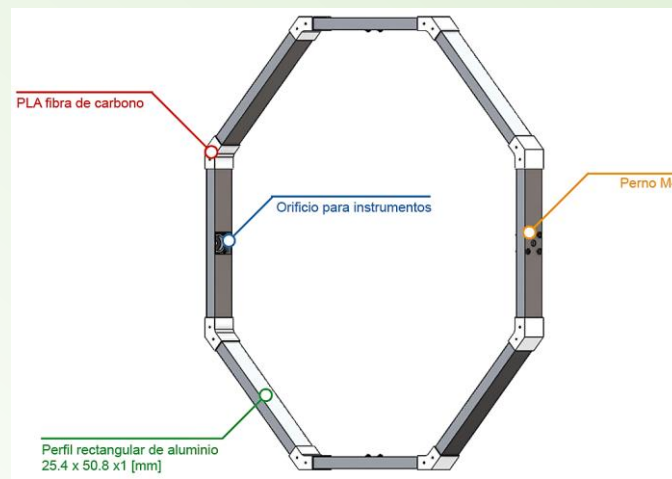
Conclusiones

Recomendaciones

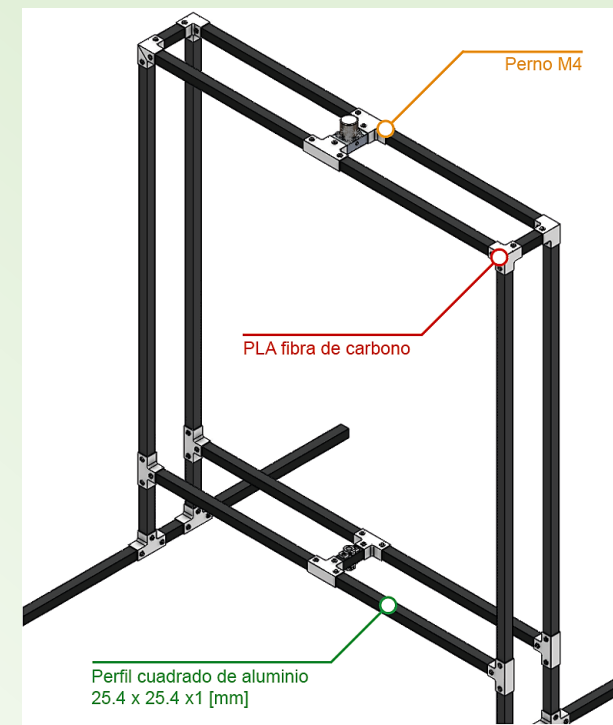
Base de anclaje



Anillos



Bastidor





Desarrollo e implementación

Sistema electrónico

Introducción

**Desarrollo e
implementación**

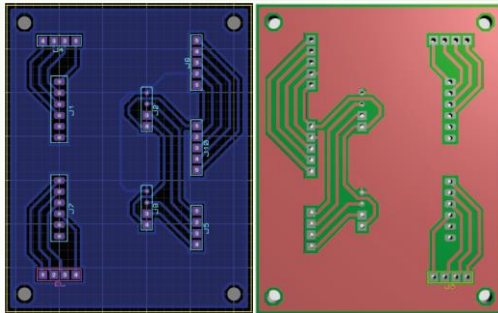
Pruebas

Resultados

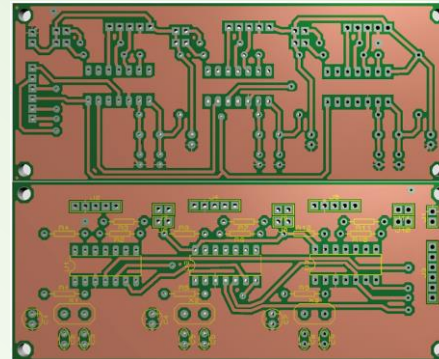
Conclusiones

Recomendaciones

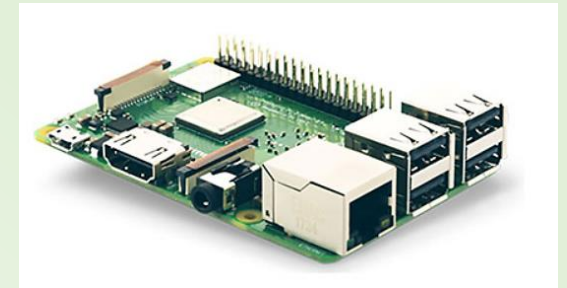
Módulo de lectura para
fuerza de sustentación



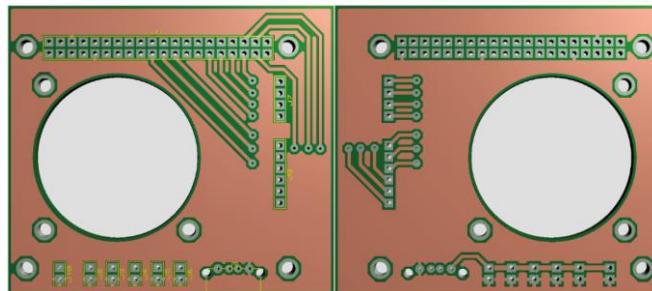
Módulo de lectura para
codificadores rotatorios



Tarjeta de adquisición de datos



Módulo de adquisición de datos



Monitor



Fuente de alimentación





ECUADOR

Desarrollo e implementación

Software

Introducción

Pantalla principal

Ventana de pruebas

Desarrollo e implementación

Pruebas

Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

BANCO DE PRUEBAS ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
ESPE SEDE LATACUNDA
MEGATRÓNICA

REPORTES	FECHA
REPORTE_Nº_27.PDF	12/01/22 13:37
REPORTE_Nº_28.PDF	12/01/22 13:42
REPORTE_Nº_29.PDF	12/01/22 13:49
REPORTE_Nº_30.PDF	12/01/22 13:54
REPORTE_Nº_1.PDF	12/01/22 13:58
REPORTE_Nº_2.PDF	12/01/22 14:09
REPORTE_Nº_3.PDF	12/01/22 14:17
REPORTE_Nº_4.PDF	12/01/22 14:28
REPORTE_Nº_5.PDF	12/01/22 14:32
REPORTE_Nº_6.PDF	12/01/22 15:07

PRUEBAS AYUDA INFORMACIÓN APAGAR

HORA: 11:09:08 FECHA: 12/05/22

UAV DE TIPO 1 PRUEBAS

MODIFICAR DATA GENERAR REPORTES EXPORTAR ARCHIVOS

FUERZA DE SUSTENTACIÓN (N): 0.0

TIEMPO DE EJECUCIÓN (s): 0.0

Gráfica

PITCH (DEG): 0.0

ROLL (DEG): 0.0

YAW (DEG): 0.0

CELDA DERECHA (N): 0.0

CELDA IZQUIERA (N): 0.0

SALIR

PRUEBA 1: FUERZA DE SUSTENTACIÓN

PRUEBA 2: PITCH - PRIMER GDL

PRUEBA 3: ROLL - SEGUNDO GDL

PRUEBA 4: YAW - TERCER GDL

VUELO LIBRE

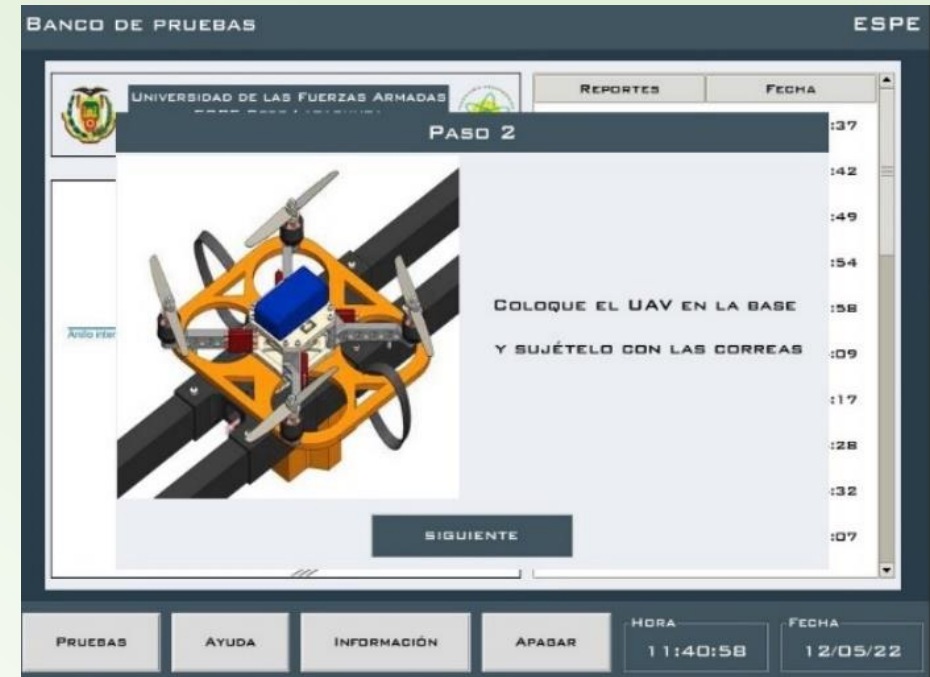
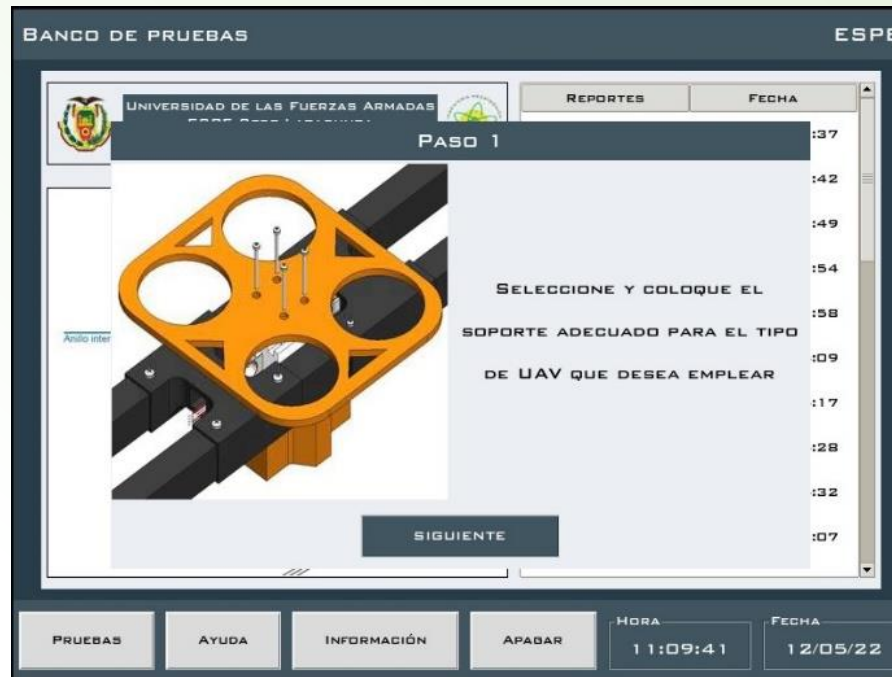


Desarrollo e implementación

Software

Ventanas emergentes

Ventana de AYUDA



Introducción

Desarrollo e implementación

Pruebas

Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



ECUADOR

Desarrollo e implementación

Software

Introducción

Ventanas de selección de dron

Ventana de Modificar DATA

Desarrollo e implementación

Pruebas

Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

The screenshot shows the 'BANCO DE PRUEBAS' (Drone Test Bank) interface. At the top, it displays the logo of the 'UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE SEDE LATACUNGA MECATRÓNICA'. Below this, there are tabs for 'REPORTES' and 'FECHA'. A report titled 'REPORTE_N°_27.PDF' is shown with a date of '12/01/22 13:37'. The main area is titled 'SELECCIONE EL TIPO DE DRON' and features three drone models: a yellow and black quadcopter (UAV DE TIPO 1), a black quadcopter (UAV DE TIPO 2), and a red and black quadcopter (UAV DE TIPO 3). Each model has a radio button for selection. Below the models are 'CONTINUAR' and 'CANCELAR' buttons. At the bottom, there are navigation buttons: 'PRUEBAS', 'AYUDA', 'INFORMACIÓN', 'APAGAR', 'HORA' (11:44:16), and 'FECHA' (12/05/22).

The screenshot shows the 'UAV DE TIPO 1' (UAV Type 1) interface for modifying test data. It features a graph on the left with 'Magnitud [-]' on the y-axis (0.0 to 1.0) and '0.0' to '0.2' on the x-axis. On the right, there are input fields for 'FUERZA DE SUSTENTACIÓN (N)' and 'TIEMPO DE EJECUCIÓN (S)'. A central panel titled 'MODIFICAR BASE DE DATOS DEL UAV SELECCIONADO' contains radio buttons for 'PRUEBA 1', 'PRUEBA 2', 'PRUEBA 3', 'PRUEBA 4', and 'VUELO LIBRE'. Below these are 'ACEPTAR' and 'CANCELAR' buttons. On the far right, there are input fields for 'PITCH (DEG)', 'ROLL (DEG)', 'YAW (DEG)', 'CELDA DERECHA (N)', and 'CELDA IZQUIERA (N)', each with a '0.0' value. A 'SALIR' button is at the bottom right. At the bottom of the interface, there are five buttons: 'PRUEBA 1: FUERZA DE SUSTENTACIÓN', 'PRUEBA 2: PITCH - PRIMER GDL', 'PRUEBA 3: ROLL - SEGUNDO GDL', 'PRUEBA 4: YAW - TERCER GDL', and 'VUELO LIBRE'.



ECUADOR

Desarrollo e implementación

Software

Introducción

Ventanas de instrucciones para prueba

Ventana de prueba 1

Desarrollo e implementación

Pruebas

Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

UAV DE TIPO 1 PRUEBA 1: FUERZA DE SUSTENTACIÓN

MODIFICAR DATA GENERAR REPORTES EXPORTAR ARCHIVOS FUERZA DE SUSTENTACIÓN (N): 0 TIEMPO DE EJECUCIÓN (S): 0

PRUEBA 1: FUERZA DE SUSTENTACIÓN

Fuerza [N]

ACELERE GRADUALMENTE
HASTA ALCANZAR LA POTENCIA
MÁXIMA (↑)

13

TIEMPO [s]

SALIR

PRUEBA 1: FUERZA DE SUSTENTACIÓN PRUEBA 2: PITCH - PRIMER GDL PRUEBA 3: ROLL - SEGUNDO GDL PRUEBA 4: YAW - TERCER GDL VUELO LIBRE

UAV DE TIPO 1 PRUEBA 1: FUERZA DE SUSTENTACIÓN

MODIFICAR DATA GENERAR REPORTES EXPORTAR ARCHIVOS FUERZA DE SUSTENTACIÓN (N): 0.0 TIEMPO DE EJECUCIÓN (S): 30.33

Fuerza de sustentación

Magnitud

Referencia UAV

TIEMPO [s]

SALIR

PITCH (DEG): 0.0
ROLL (DEG): 0.0
YAW (DEG): 0.0
CELDA DERECHA (N): 0.0
CELDA IZQUIERA (N): 0.0

PRUEBA 1: FUERZA DE SUSTENTACIÓN PRUEBA 2: PITCH - PRIMER GDL PRUEBA 3: ROLL - SEGUNDO GDL PRUEBA 4: YAW - TERCER GDL VUELO LIBRE



Desarrollo e implementación

Diagrama de flujo

Introducción

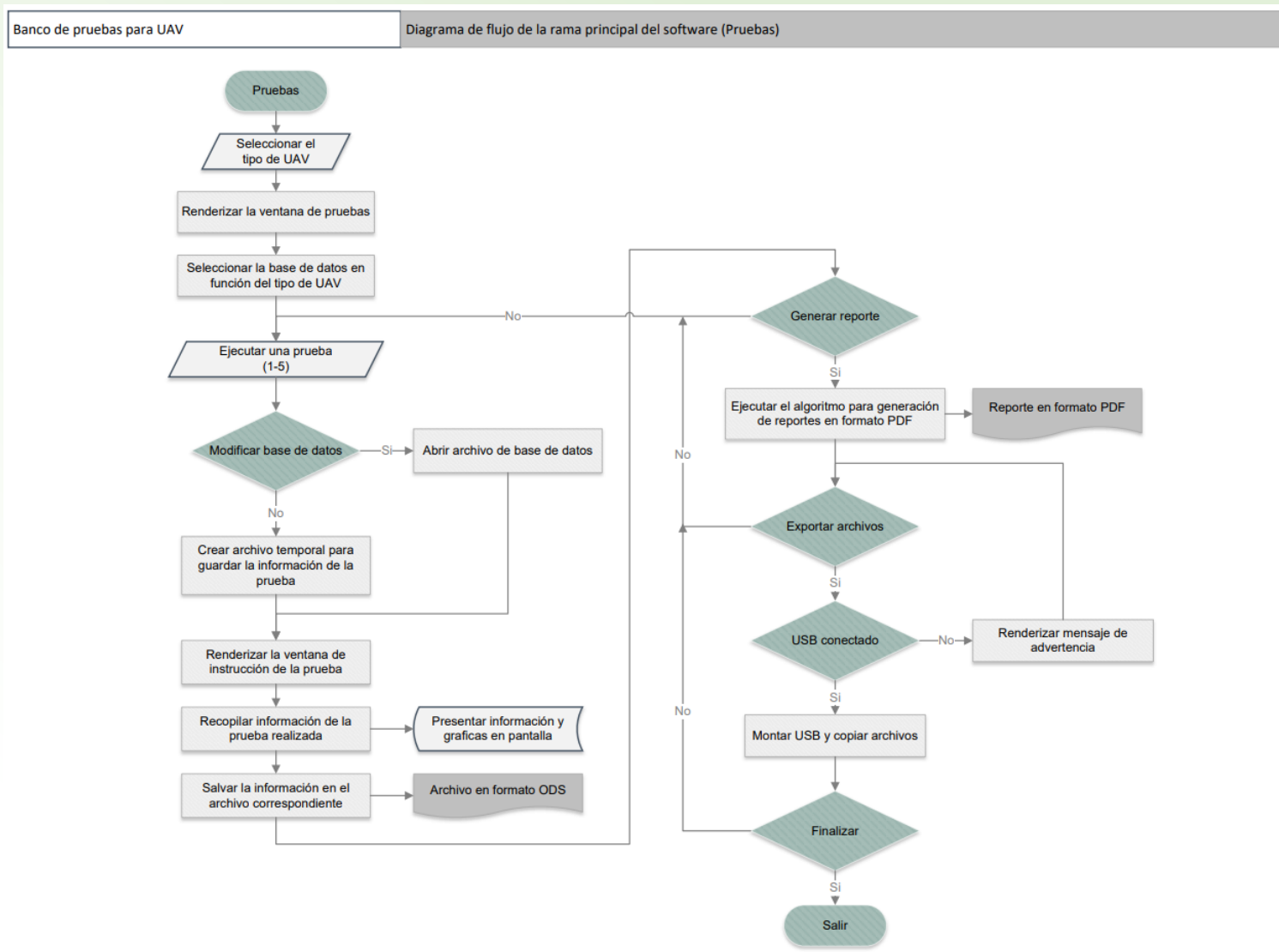
Desarrollo e implementación

Pruebas

Resultados

Conclusiones

Recomendaciones





Desarrollo e implementación

Construcción sistema mecánico

Introducción

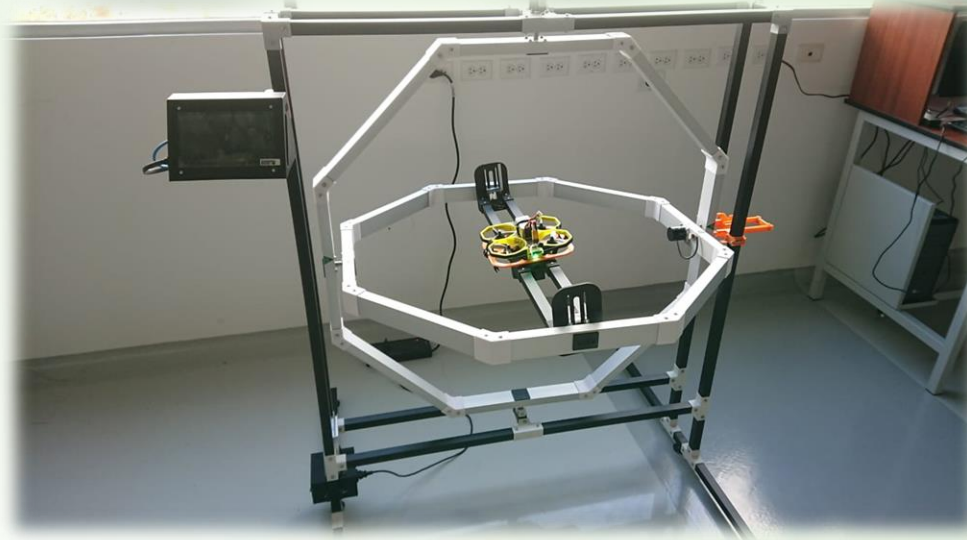
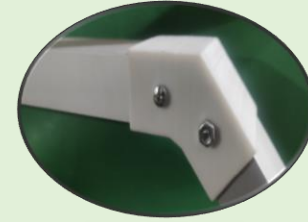
**Desarrollo e
implementación**

Pruebas

Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



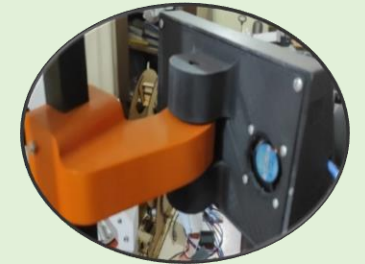
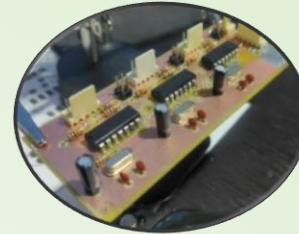
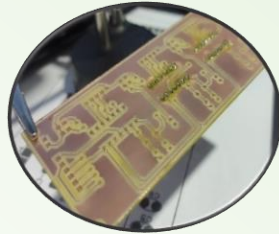


ECUADOR

Desarrollo e implementación

Construcción sistema electrónico

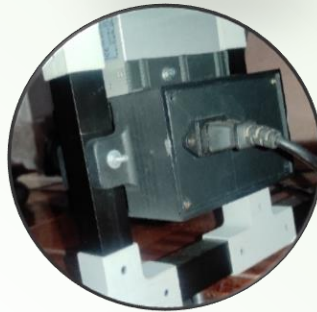
Introducción



Desarrollo e implementación



Pruebas

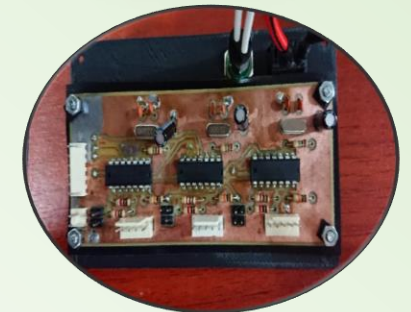


Resultados



Conclusiones

Recomendaciones

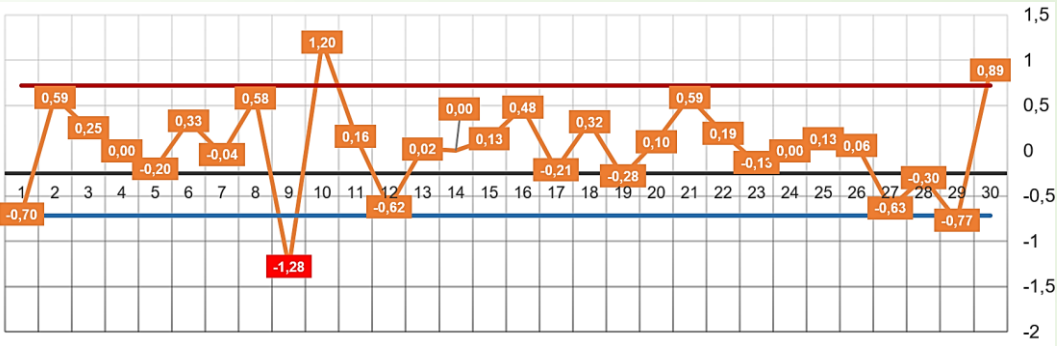




Pruebas

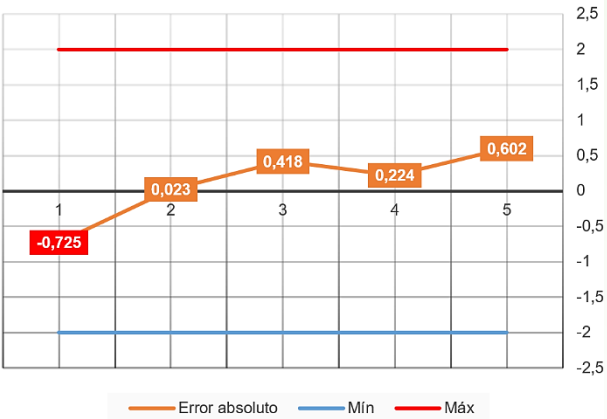
Validación de módulos de lectura

Ángulos de rotación



Error máximo: -1.28°
Muestras: 30
Nivel de confianza: 95%
 H_0 : error medio absoluto $\geq 0.72^\circ$
 H_1 : error medio absoluto $< 0.72^\circ$
 $T_{cal} = -5,4874$ $T_{tabla} = -1,669$

Fuerza de sustentación



Error máximo: $-0,725$ [g]
Muestras: 5
Nivel de confianza: 95%
 H_0 : error medio absoluto ≥ 0.2 [g]
 H_1 : error medio absoluto < 0.2 [g]
 $T_{cal} = -12,66$ $T_{tabla} = -2,1318$

Introducción

Desarrollo e implementación

Pruebas

Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



Introducción

Desarrollo e
implementación

Pruebas

Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Pruebas

Pruebas en drones

Requisitos mínimos

Característica	Valor mínimo	Valor máximo
Distancia entre rotores	150 [mm]	500 [mm]
Numero de motores	4	8
Velocidad	80 [km/h]	150 [km/h]
Peso	400 [g]	1k [g]
Altitud máxima	2 [km]	6 [km]
Empuje máximo por motor	500 [g]	750 [g]

Dron utilizado



- Placa: True-AIO de alto rendimiento Beast Whoop F7 AIO 55A
- Motor: XING 2205 2300KV 6S
- Hélices: Nazgul 3535
- Peso: 348,3 [g] (sin batería)
- Velocidad máxima: 120 [Km/h]
- Tamaño del cuerpo: 118 x 94.5 [mm]
- Espesor de la placa superior: 2 [mm]
- Tamaño de la hélice: 3,5 [in]
- Distancia entre ejes: 151 [mm]



Pruebas

Pruebas en drones

Prueba de repetibilidad y reproducibilidad

Introducción

Desarrollo e implementación

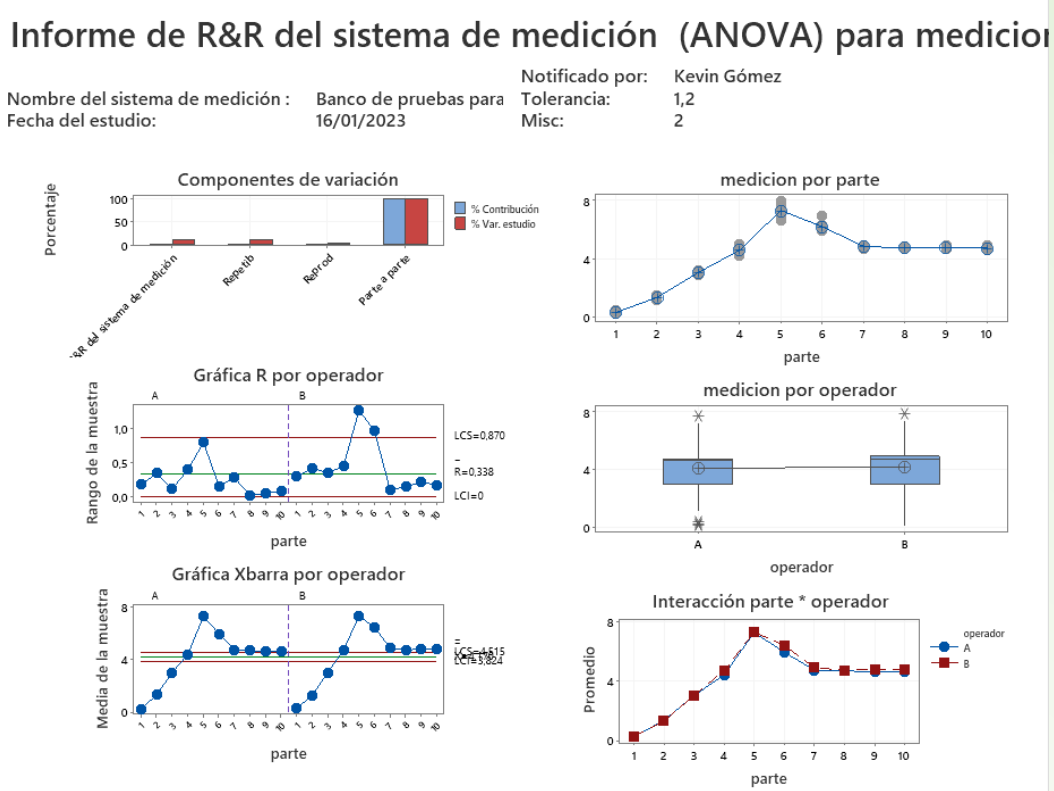
Pruebas

Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Menos del 10%	El sistema de medición es satisfactorio
Entre el 10% y 30%	El sistema de medición es aceptable dependiendo de la aplicación
Más del 30%	El sistema de medición es malo. Descubrir las causas y emprender las acciones correctivas necesarias



Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	1,727	10,359	1,34
Repetibilidad	1,092	6,553	0,85
	1,337	8,023	1,04

Con base en los resultados obtenidos a partir del análisis R&R :

- 9.35% para la prueba 1 – fuerza de sustentación
- 5.46% para la prueba 2 – pitch
- 5.45% para la prueba 3 – roll
- 1.34% para la prueba 4 – yaw



ECUADOR

Introducción

Desarrollo e implementación

Pruebas

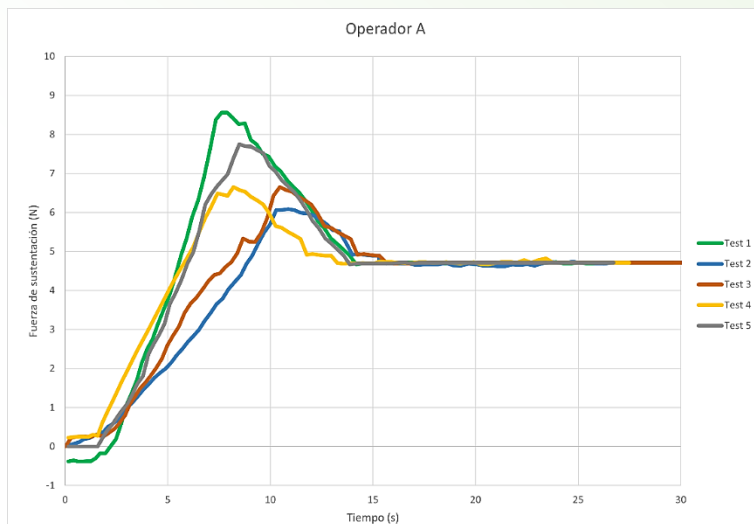
Resultados

Conclusiones

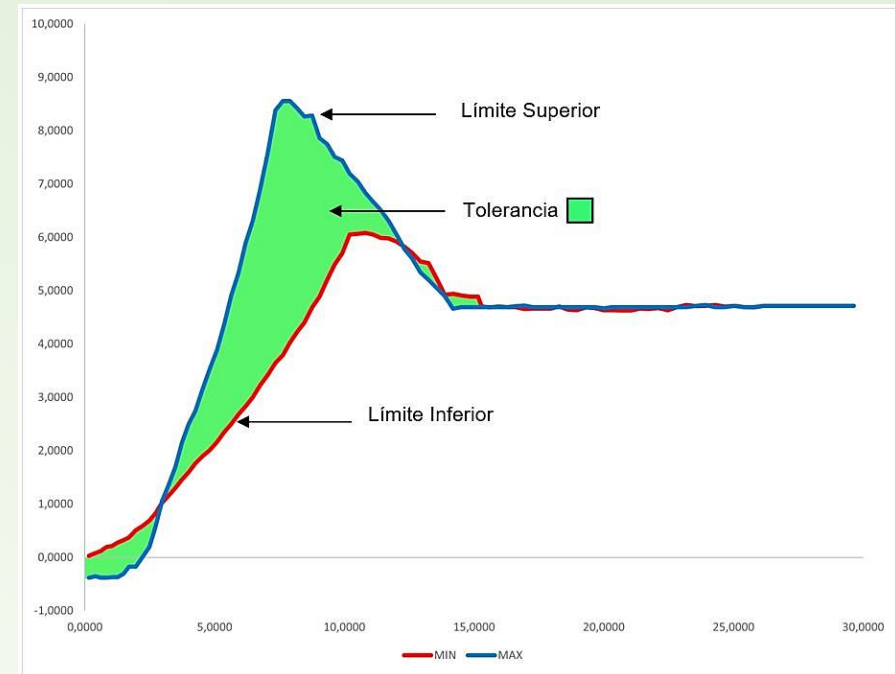
Recomendaciones

Pruebas

Curvas estándar



Prueba 1





Introducción

Desarrollo e implementación

Pruebas

Resultados

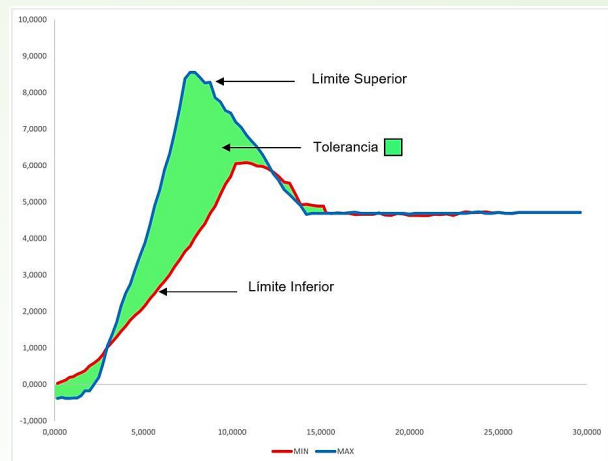
Conclusiones

Recomendaciones

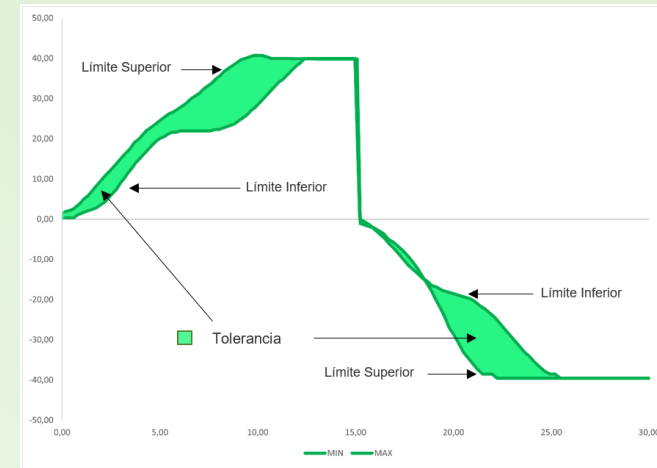
Pruebas

Curvas estándar

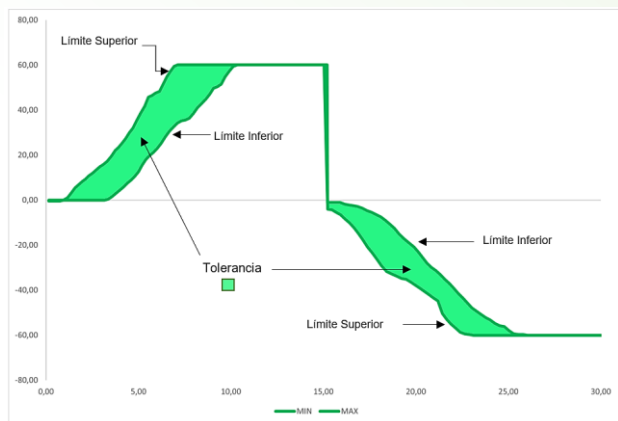
Prueba 1 : Fuerza de sustentación



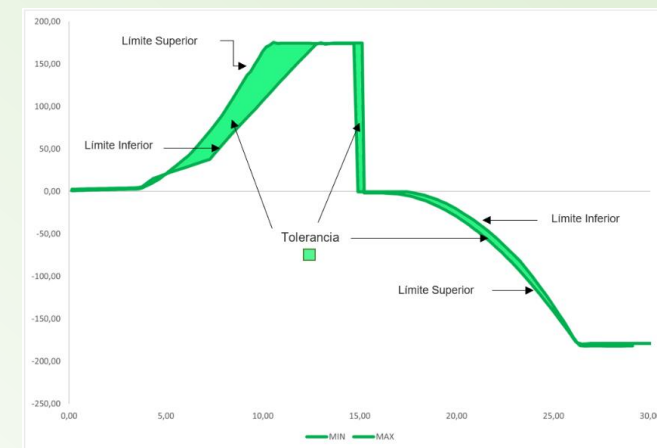
Prueba 2 : Ángulo de rotación Pitch



Prueba 3 : Ángulo de rotación Roll



Prueba 4 : Ángulo de rotación Yaw

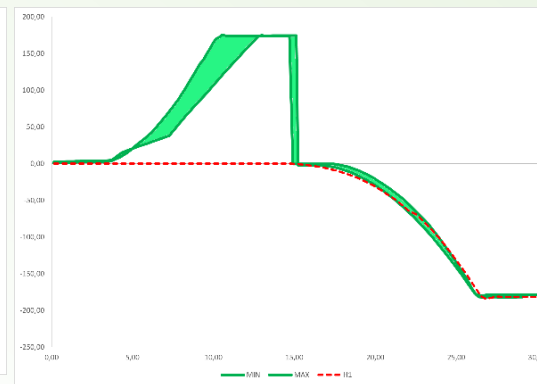
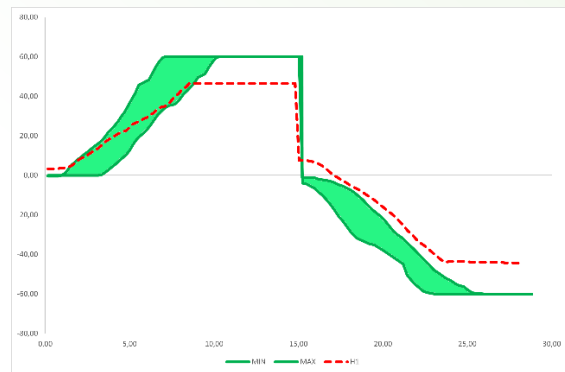




Resultados

Localización de defectos estructurales

Hélice 1



Pruebas	Semiciclo positivo		Semiciclo negativo	
	Estado Transitorio	Estado Estable	Estado Transitorio	Estado Estable
Prueba 1	Ausencia del sobre impulso característico	Se mantiene por debajo del rango nominal para un UAV en buen estado	-	-
Prueba 2	Se mantiene en el límite superior del rango nominal	Se mantiene por debajo del rango nominal	La fuerza ejercida por el UAV es insuficiente para producir rotación	
Prueba 3	Se mantiene dentro del rango nominal	Se mantiene por debajo del rango nominal	Se mantiene por debajo del rango nominal	
Prueba 4	La fuerza ejercida por el UAV es insuficiente para producir rotación		Se mantiene dentro del rango nominal	

Introducción

Desarrollo e implementación

Pruebas

Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



Resultados

Localización de defectos estructurales

Hélice 2

Introducción

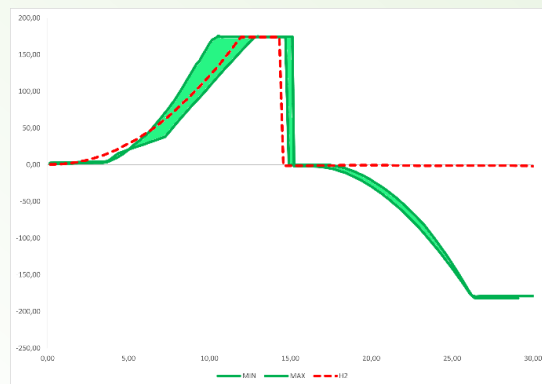
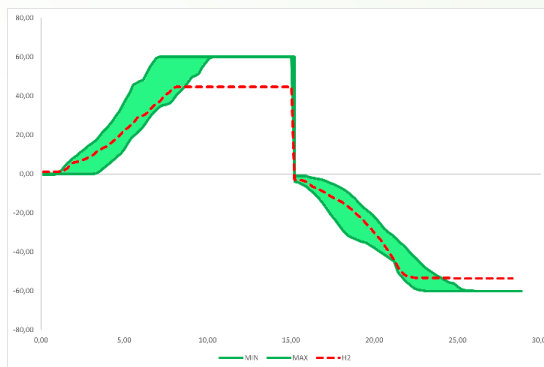
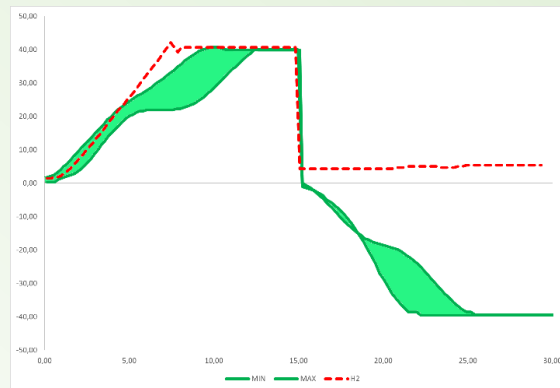
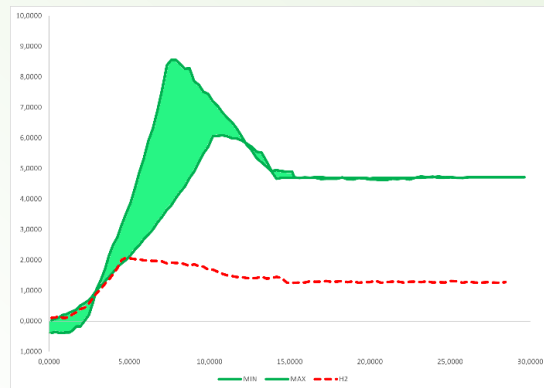
Desarrollo e implementación

Pruebas

Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



Pruebas	Semiciclo positivo		Semiciclo negativo	
	Estado Transitorio	Estado Estable	Estado Transitorio	Estado Estable
Prueba 1	Ausencia del sobre impulso característico	Se mantiene muy por debajo del rango nominal para un UAV en buen estado	-	-
Prueba 2	Supera el rango nominal	Se mantiene en el límite superior del rango nominal	La fuerza ejercida por el UAV es insuficiente para producir rotación	
Prueba 3	Se mantiene dentro del rango nominal	Se mantiene por debajo del rango nominal	Se mantiene dentro del rango nominal	Se mantiene por debajo del rango nominal
Prueba 4	Se mantiene dentro del rango nominal		La fuerza ejercida por el UAV es insuficiente para producir rotación	



Resultados

Localización de defectos estructurales

Hélice 3

Introducción

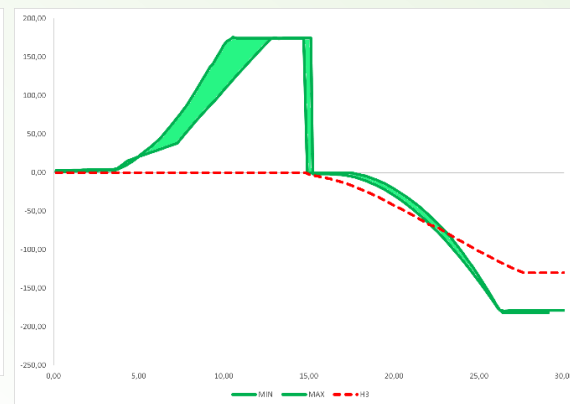
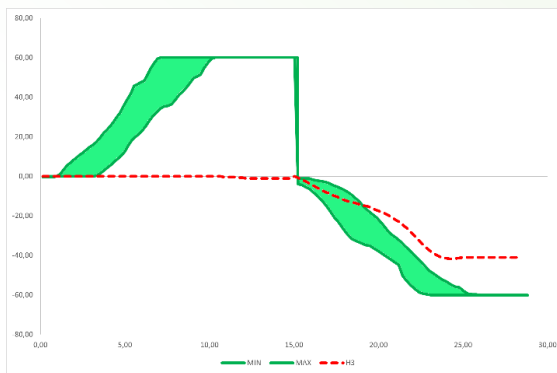
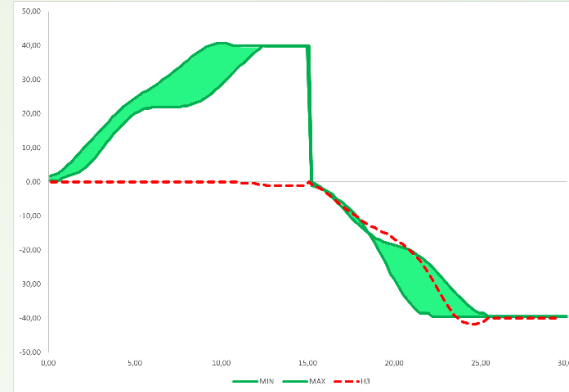
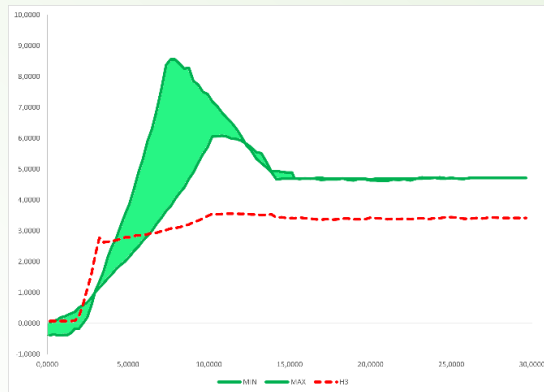
Desarrollo e implementación

Pruebas

Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



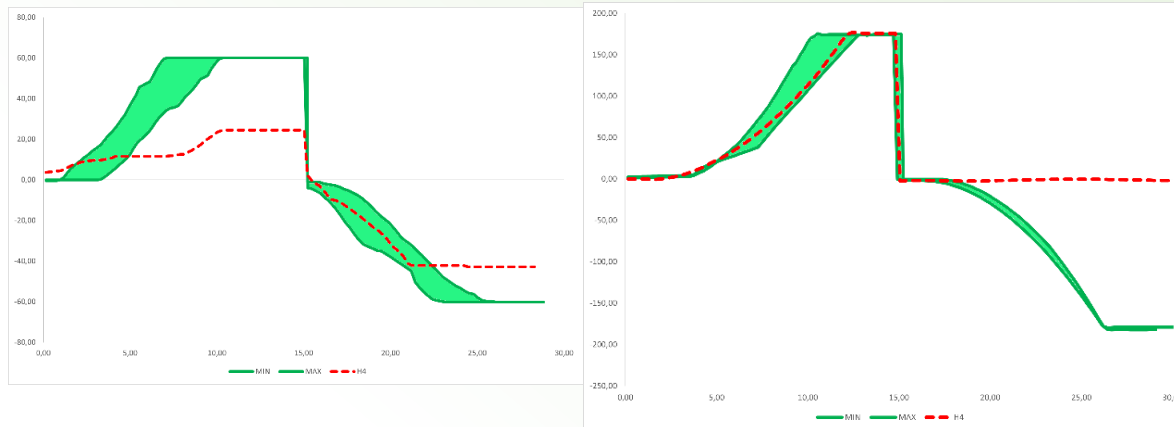
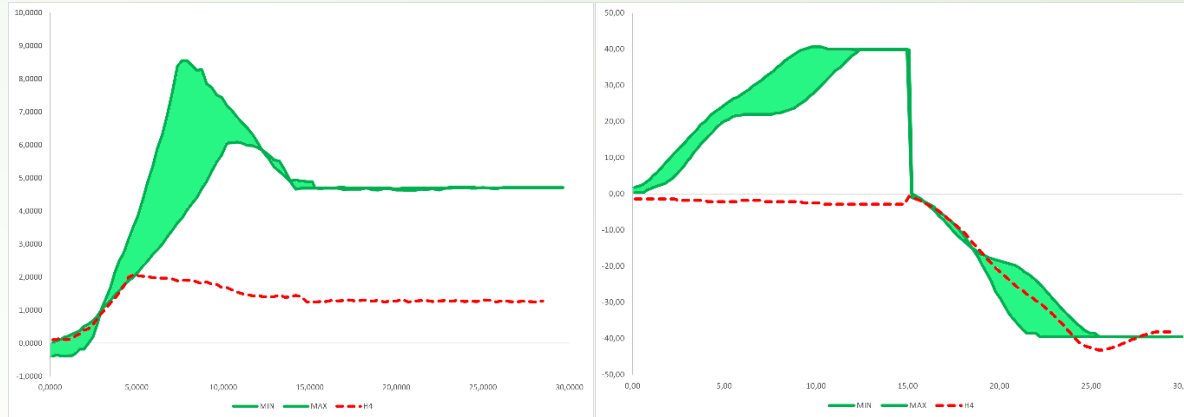
Pruebas	Semicyclo positivo		Semicyclo negativo	
	Estado Transitorio	Estado Estable	Estado Transitorio	Estado Estable
Prueba 1	Ausencia del sobre impulso característico	Se mantiene por debajo del rango nominal para un UAV en buen estado	-	-
Prueba 2	La fuerza ejercida por el UAV es insuficiente para producir rotación	Se mantiene dentro del rango nominal		
Prueba 3	La fuerza ejercida por el UAV es insuficiente para producir rotación	Se mantiene por debajo del rango nominal		
Prueba 4	La fuerza ejercida por el UAV es insuficiente para producir rotación	Se mantiene por debajo del rango nominal		



Resultados

Localización de defectos estructurales

Hélice 4



Pruebas	Semiciclo positivo		Semiciclo negativo	
	Estado Transitorio	Estado Estable	Estado Transitorio	Estado Estable
Prueba 1	Ausencia del sobre impulso característico	Se mantiene muy por debajo del rango nominal para un UAV en buen estado	-	-
Prueba 2	La fuerza ejercida por el UAV es insuficiente para producir rotación	Se mantiene en el límite superior del rango nominal		
Prueba 3	Se mantiene por debajo del rango nominal	Se mantiene por debajo del rango nominal		
Prueba 4	Se mantiene dentro del rango nominal	La fuerza ejercida por el UAV es insuficiente para producir rotación		

Introducción

Desarrollo e implementación

Pruebas

Resultados

Conclusiones

Recomendaciones



Resultados

Análisis de defectos estructurales

Introducción

Desarrollo e implementación

Pruebas

Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Defecto Hélice	Pitch		Roll		Yaw		Sustentación	
	+	-	+	-	+	-	+	-
1	✓	X	X	X	X	✓	X	X
2	✓	X	X	✓	✓	X	X	X
3	X	✓	X	X	X	X	X	X
4	X	✓	X	X	✓	X	X	X

Cada prueba se divide en dos semiciclos, uno positivo (+) y uno negativo (–) correspondientes a las instrucciones programadas para cada prueba del banco. Un visto (✓) simboliza que la curva del test se mantiene dentro de la zona de tolerancia de la prueba, por tanto, su comportamiento corresponde a un UAV en buen estado, mientras que una equis (X) simboliza que la curva no se encuentra dentro de la zona de tolerancia de la prueba, por tanto manifiesta una falla o desviación respecto al comportamiento de un UAV en buen estado.



Introducción

Desarrollo e implementación

Pruebas

Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Resultados

Validación de hipótesis

Hipótesis

¿La implementación de un banco de pruebas dotado de una estructura mecánica giroscópica de 3 GDL permitirá la localización y/o validación de defectos estructurales en UAV de tipo dron multirrotor, mediante el análisis, monitoreo y visualización de la dinámica de vuelo empleando una estructura mecánica giroscópica de 3 GDL para la universidad de las fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga?

Pruebas realizadas

	Sustentación	Pitch	Roll	Yaw	TOTAL
No Funciona	0	1	5	1	7
Funciona	10	9	5	9	33
TOTAL	10	10	10	10	40

- Grados de libertad : 3
- Nivel de confianza: 95%
- Chi cuadrado tabla: 7.8147

Ho: El banco de pruebas no permite la localización y/o validación de defectos

estructurales en UAV de tipo dron multirrotor.

H1: El banco de pruebas permite la localización y/o validación de defectos



estructurales en UAV de tipo dron multirrotor.

10.21 > 7.81

$0 \rightarrow \frac{10 * 7}{40} = 1.75$	$1 \rightarrow \frac{10 * 7}{40} = 1.75$	$5 \rightarrow \frac{10 * 7}{40} = 1.75$	$1 \rightarrow \frac{10 * 7}{40} = 1.75$
$10 \rightarrow \frac{10 * 33}{40} = 8.25$	$9 \rightarrow \frac{10 * 33}{40} = 8.25$	$5 \rightarrow \frac{10 * 33}{40} = 8.25$	$9 \rightarrow \frac{10 * 33}{40} = 8.25$

$$(x_{calc}^2) = \sum \frac{(f - ft)^2}{ft} \rightarrow (x_{calc}^2) = 10.21$$



Introducción

Desarrollo e implementación

Pruebas

Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Conclusiones

Considerando la información obtenida en la investigación bibliográfica se encontró varias alternativas de banco de pruebas en drones como es el caso de: DronLab y el FFT Gyro, los cuales al poseer una estructura giroscópica que ayuda a mejorar la movilidad del dron en los tres ejes de rotación, logrando una medición en tiempo real de los ángulos roll, pitch y yaw. Por tanto, se consideró este modelo giroscópico como base de diseño por sus ventajas en el movimiento y visualización de información.

La estructura del banco de pruebas se diseñó empleando el software SolidWorks con base en cuatro subestructuras: base de anclaje, anillo interior, anillo exterior y bastidor estructural. El sistema de análisis por elementos finitos del software junto con la configuración de los materiales previamente seleccionados permitió verificar la integridad de la estructura sometida a cargas externas, asegurando que cada subestructura no falle por deflexión excesiva o acumulación de esfuerzos y permitiendo estimar su factor de seguridad mínimo.

El sistema mecánico fue construido con base en el diseño previamente realizado, empleando perfiles de aluminio estandarizados, que, de acuerdo con la selección de materiales, ofrece las mejores características en cuanto a peso, resistencia, rigidez y enrutamiento de cableado. Para garantizar la integridad de la rotación de los anillos y la reducción de la carga aplicada en los dispositivos de lectura (codificadores rotatorios) se emplearon chumaceras, rodamientos y ejes de acero plata mecanizados para su anclaje a través de anillos de retención y prisioneros. De acuerdo con las especificaciones de la estructura mecánica desarrollada se requiere de una fuerza mínima para romper la inercia de los anillos, por lo cual se estableció una gama de drones con las características mínimas necesarias para el correcto funcionamiento del banco de pruebas.



Introducción

Desarrollo e implementación

Pruebas

Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Conclusiones

Dentro del sistema electrónico se encuentran los dispositivos de medición de ángulos (codificadores rotatorios), y fuerza (celdas de carga) los cuales juntamente con sus módulos de acondicionamiento hacen que el sistema tenga un error máximo en la medición de 0.72° de los codificadores rotatorios y $2[g]$ en las celdas de carga, estableciendo que el sistema electrónico funciona de manera adecuada.

Se empleó una Raspberry Pi Model 3B+ ya que brinda un entorno de desarrollo que vincula el hardware de adquisición de datos con el software para la interpretación y procesamiento de información, además de conectividad wifi con respecto a otras alternativas como una tarjeta BeagleBone de similares características. El lenguaje de programación utilizado es Python, debido a sus recursos nativos para la creación de GUI, dando como resultado un sistema autónomo y de código abierto.

Los sistemas mecánico y electrónico fueron integrados mediante el montaje de los módulos de lectura y dispositivos electrónicos de visualización en la estructura giroscópica previamente construida, dando como resultado un sistema instrumentado, con el enrutamiento de cable de menor longitud para garantizar la integridad de la información recolectada y listo para iniciar con el desarrollo del software de control.

El software desarrollado permite interpretar la información obtenida de los módulos de lectura, procesarla y presentarla a través de una pantalla que funciona como nexo con el usuario. Con los datos de los sensores se obtiene la información de los tres ejes de rotación con una resolución de 0.36° y un rango de $\pm 180^\circ$ y la fuerza de sustentación, con una resolución de $0.0098 [N]$ y un rango de $49.05 [N]$ a intervalos de $250 [ms]$ (tiempo de muestreo), correspondiente a un ciclo completo de procesamiento, dando como resultado un sistema de alta fidelidad respecto a los datos mencionados.



Introducción

Desarrollo e implementación

Pruebas

Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Conclusiones

A partir de los ensayos realizados con un dron en buen estado se verificó que los valores R&R de repetibilidad y reproducibilidad en cada uno de los ejes de rotación presentan un valor máximo de 9.35%, que de acuerdo con las directrices para la aceptación del R&R debe ser inferior al 10% por lo que se establece que el banco de pruebas posee una repetibilidad y reproducibilidad aceptable en la medición de los ángulos de rotación y fuerza de sustentación del dron en movimiento.

Se establecieron curvas patrón para cada uno de los test programadas en el banco de pruebas con base en varios ensayos desarrollados con un UAV en buen estado, estableciendo zonas de tolerancia delimitadas por los valores máximos y mínimos obtenidos durante la experimentación. Dichas curvas se catalogan como curvas estándar que describen el comportamiento de un dron sin defectos estructurales.

De los ensayos realizados en un UAV con un defecto estructural conocido, correspondiente a la extracción de una hélice en cada punto, se verificó que las curvas de las pruebas presentan una desviación respecto al patrón establecido para un dron en buen estado, concluyendo que el sistema permite la localización y validación de los defectos estructurales relacionados a las hélices de un dron.



ECUADOR

Introducción

Desarrollo e
implementación

Pruebas

Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Recomendaciones

La estructura del banco de pruebas se puede mejorar incorporando materiales de menor peso para la construcción de los anillos interno y externo, sin perder las propiedades de rigidez y resistencia, con el objetivo de reducir la inercia del sistema y ampliar la gama de UAV que pueden ser analizados. Así como emplear rodamientos de efecto axial para la sujeción del anillo exterior del banco de pruebas.

En lo referente al sistema electrónico cabe la posibilidad de incorporar algún tipo de sensor para facilitar la nivelación de la base de anclaje, reduciendo así el error humano que puede repercutir en la ejecución de las pruebas, además de integrar una IMU (unidad inercial de medida) para nivelar el bastidor estructura con respecto a la superficie donde se encuentra montado.

Respecto al software cabe la posibilidad de emplear IoT con el propósito de facilitar el acceso remoto a la información, y complementar los reportes obtenidos del banco de pruebas con otras herramientas de análisis

Para expandir la base de información de drones es recomendable realizar pruebas con diferentes defectos estructurales conocidos y establecer sus patrones de comportamiento con el propósito mejorar la detección de las distintas fallas estructurales en UAV.

Es recomendable utilizar el banco de pruebas como una herramienta de experimentación para mejorar el rendimiento de los drones con modificaciones mecánicas o de control y verificar su desempeño antes de ser expuestos a un vuelo exterior.

Video





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



GRACIAS