



Universidad Nacional de Rosario



Centro de Estudios Interdisciplinarios

Especialización en Gestión de la Innovación y la Vinculación Tecnológica

Título:

Gestión y Desarrollo de un Sistema Embebido, que permita la Interconexión entre Autopilotos y Motores de Combustión Interna

Autor:

ESCUADERO, Javier Alejandro

*Especialista en Sistemas Embebidos-IUA
Ingeniero Electrónico-UNC-FCEFyN*

Director:

PEDRONI, Juan Pablo

*Magister en Ingeniería en Control Automático-UTN-ECNA
Ingeniero Electrónico-UNC-FCEFyN*

Mayo de 2025

1. Resumen

Esta propuesta de trabajo se plantea para dar respuesta a una demanda real del Centro de Investigaciones Aplicada (CIA), perteneciente a la Dirección General de Investigación y Desarrollo (DGIyD).

Dentro de las diversas funciones que se realizan en este centro, hoy se prioriza el desarrollo de proyectos para la automatización de vehículos aéreos, Tarea en la que deben coexistir el uso de pilotos automáticos o “Autopilotos” y diferentes sistemas de propulsión. Debido a que no existen estos elementos en el mercado nacional, deben ser adquiridos en el exterior, situación que condiciona el avance y finalización de dichos proyectos; sea por la demora en entrega, la actualización de versiones, la discontinuidad en la fabricación, la cotización de la moneda extranjera, etc.

En concreto, se propone diseñar, desarrollar y construir una plataforma embebida de interconexión para sistemas de autopilotos y motores de combustión.

La relevancia del trabajo propuesto, radica en la posibilidad de contar con un sistema que facilite la interconexión de distintos tipos de autopilotos y motores de combustión, sin necesidad de realizar modificaciones en los sistemas de control y propulsión del UAV.

El desarrollo, construcción y puesta en funcionamiento de la plataforma o interfaz de interconexión, no solo daría respuesta a la demanda del CIA, si no que sería un producto de fácil comercialización en el mercado tecnológico nacional.

Palabras clave: sistema embebido, interfaz de interconexión, autopilotos, motores de combustión interna, CIA, UAV,

2. Índice

1. Resumen.....	2
2. Índice	3
3. Índice de Imágenes	5
4. Introducción	6
5. Presentación del Organismo C.I.A.	8
6. Relevamientos de Antecedentes	11
7. Planteo del Problema	13
8. Justificación de la Propuesta.....	14
9. Objetivos.....	15
9.1. General.....	15
9.2. Particulares.....	15
9.3. Institucionales	16
10. Aspectos teóricos.....	17
10.1. Tipos de Autopilotos.....	17
10.2. Tipos de Motores	20
10.3. Tipos de Señales	22
11. Aspectos Metodológicos	31
12. Recursos	32
12.1. Humanos	32
12.2. Materiales.....	33
12.3. Financieros.....	35
12.4. Intangibles.....	36
13. Desarrollo	38
13.1. Análisis del Sistema.....	38
13.2. Requerimientos	42
13.2.1. Requerimientos Funcionales (RF).....	43
13.2.2. Requerimientos No Funcionales (RNF)	44
13.3. Planificación	45
13.3.1. Planificación de Tareas.....	46
13.3.2. Hitos por Semestres	49
13.3.3. Tablero de Control	50
13.3.4. Cronograma	52
13.4. Presupuesto	53
13.5. Análisis de Riesgos	53

14.	Conclusiones.....	55
15.	Bibliografía.....	56
16.	Anexo I – Plantilla modelo definición de proceso	58

3. Índice de Imágenes

Figura N° 1 - Autopilotos de software abierto.....	19
Figura N° 2 - Autopilotos de software cerrado.....	19
Figura N° 3 - Señal RS232	24
Figura N° 4 - Diagrama RS485.....	25
Figura N° 5 - Diagrama I2C	27
Figura N° 6 - Diagrama mensaje CAN.....	28
Figura N° 7 - Señal PPM para actuadores	30

4. Introducción

Con el constante y abrumador avance de las telecomunicaciones, el comercio global, la automatización y el uso de nuevas tecnologías, los campos del quehacer humano se han visto sensiblemente afectados.

La necesidad de innovar nos obliga a generar conocimientos y desarrollar nuevas estrategias para acompañar tan acelerado proceso de crecimiento global.

Así, el ámbito de la Defensa ha debido adaptarse al uso de dispositivos autocontrolados, siguiendo el ritmo innovador en cuestiones de control y sistemas de armas. Una muestra de tales cambios es el rol relevante que cumplen estos dispositivos en la guerra entre Rusia y Ucrania.

Un dispositivo de este tipo puede cumplir misiones de mando, de control de comunicaciones, de inteligencia y vigilancia, reconocimiento del terreno, etc.

En el campo de la aeronáutica, la Fuerza Aérea Argentina ha hecho hincapié en el desarrollo de drones o UAV (Unidad Autónoma de Vuelo), proyectos ejecutados en el Centro de Investigaciones Aplicadas de Córdoba (CIA¹), con el fin de ser parte del equipamiento de la fuerza, pero también desarrollar un producto capaz de ser comercializado en el ámbito privado.

En el año 2008 el CIA comienza el desafío de desarrollar un vehículo aéreo no tripulado, con el apoyo del Ministerio de Ciencia y Tecnología de la Nación, un proyecto para diseñar y construir un prototipo de aeronave clase 2, logrando realizar a fines del año 2015 el primer vuelo no tripulado del Vigía 2A.

Luego de aquel suceso, el Ministerio de Defensa de la Nación toma la posta y bajo su auspicio se desarrollan:

- AR-1F Búho (avión de formación)
- AR-1A Aukan (avión de adiestramiento)
- AR-2T Vigía (avión táctico)
- AR-2E Kuntur (avión estratégico)

Las características y envergaduras de estas aeronaves son variables, según lo requiera la prestación del servicio, aunque tienen una particularidad, todos los dispositivos autocontrolados utilizan un piloto automático o “Autopiloto”.

¹ <https://www.argentina.gob.ar/fuerzaaerea/direccion-general-de-investigacion-y-desarrollo/centro-de-investigaciones-aplicadas-cia>.

El autopiloto es un sistema electrónico, compuesto por hardware y software dedicado. Su función es gestionar las señales necesarias para controlar y mantener estable las superficies de un vector volador no tripulado, y que este, pueda realizar las maniobras pertinentes a cada fase de vuelo.

La electrónica del autopiloto incorpora todos los sensores necesarios para el control autónomo de UAV, como, por ejemplo, magnetómetro, barómetro, gps², datalink³, unidad inercial, etc., también, es el responsable de sensar cada parámetro, controlar las superficies móviles de los vectores y manipular el sistema de propulsión.

En los años trabajando en proyectos de automatización de vehículos aéreos, salió a la vista la imposibilidad de cumplir los plazos de ejecución y/o la cancelación de trabajos debido a problemas de importación, modificaciones en versiones de autopilotos, adquisición de motores, etc.

De la experiencia adquirida a raíz de la situación mencionada, y luego de una vasta investigación en busca de dar respuesta al problema, surge la idea de crear una plataforma de interconexión.

El presente trabajo propone el desarrollo de una interfaz de comunicación entre el piloto automático y demás dispositivos que deben conectarse en la aeronave:

- Motor de combustión interna (como sistema de propulsión).
- Actuadores lineales y servos para el movimiento de las superficies.
- Puertos de comunicación para sensores varios.
- Etc.

Teniendo en cuenta la actividad planteada y el análisis de la bibliografía presentada en el desarrollo de la “Especialización en Gestión de la Innovación y la Vinculación Tecnológica”, resulta pertinente abordar el proyecto tomando como referencia el método de diseño denominado “Generación”, en el que se propone crear un prototipo de prueba. Así mismo, el trabajo se apoya en el método “Sin usuarios/experto” ya que se cuenta con experiencia previa y dominio del tema.

²Sistema de Posicionamiento Global, es un sistema de radionavegación.

³Datalink, en telecomunicaciones, es un enlace de datos, medio de conexión entre dos lugares con el propósito de transmitir y recibir información.

5. Presentación del Organismo C.I.A.

El Centro de Investigaciones Aplicadas, “CIA”, es un organismo dependiente de la Dirección General de Investigación y Desarrollo (DGIyD⁴) de la Fuerza Aérea Argentina, cuya sede se emplaza en la ciudad capital de la provincia de Córdoba.

En esta institución se realizan investigaciones, desarrollos, ensayos y evaluaciones vinculadas con actividades aeronáuticas, espaciales, de Defensa y otras áreas de ciencia y técnica, con el fin de promover la investigación y desarrollo científico tecnológico.

Son objetivos primordiales para el CIA:

- Contribuir al avance de la ciencia y la innovación a través del desarrollo de proyectos tecnológicos e investigación aplicada de alta calidad, con base en un enfoque multidisciplinario, para dar respuesta a las necesidades de la Defensa Nacional, pero también al sector productivo y la sociedad.
- Colaborar en la formación y especialización de profesionales en el campo aeroespacial, facilitando el acceso a infraestructura, equipamiento, tecnología y asesoramiento para generar capital humano de excelencia.

Es por esto que el CIA interactúa con centros de estudios universitarios (UNC⁵, UTN⁶, UNDEF⁷, etc.) a través de prácticas profesionales, tutorías de tesis de grado, y pasantías para alumnos universitarios en el campo aeronáutico y aeroespacial. También forma parte del Programa de Investigación y Desarrollo para la Defensa (PIDEF), a partir del cual se ejecutan muchos de los proyectos realizados en este organismo.

El CIA nace en los últimos años de la década del 80, luego de la disolución del Instituto de Investigaciones Aeronáuticas y Espaciales (IIAE), siendo este centro donde muchos de los profesionales del ex instituto, resguardaron y continuaron con el desarrollo de los proyectos que quedaron a medio camino.

En las instalaciones del CIA se han puesto en marcha proyectos multidisciplinarios que involucran personal profesional altamente capacitados en áreas como la mecánica, química, aeronáutica, electrónica, telecomunicaciones, etc.; tanto del ámbito civil, como militar.

⁴ <https://www.argentina.gob.ar/fuerzaaerea/direccion-general-de-investigacion-y-desarrollo>

⁵Universidad Nacional de Córdoba

⁶Universidad Tecnológica Nacional – Regional Córdoba

⁷Universidad de la Defensa – Regional Córdoba (Ex Instituto Universitario Aeronáutico)

Desde su creación y a través de los años, las actividades en el centro de investigación se han desarrollado de manera simultánea y en paralelo, para el avance de los proyectos, y a su vez para dar respuesta a las necesidades de la Fuerza Aérea en cuestión de Defensa.

Es así, que en el CIA:

- Se artilló al “Hércules C-130” que participó en la guerra de Malvinas.
- Se diseñó y construyó un Sistema Identificador de Impacto (SIDI) utilizado para el entrenamiento de pilotos de guerra.
- Se construyó una estación de control terrestre móvil, equipada para operaciones de comando y control de los Sistemas Aéreos Remotamente Tripulados (SART), posee capacidad de movilidad propia pero también puede ser transportada por las aeronaves Hércules C-130.
- Se diseñó y construyó el TV-Traker⁸ o seguidor óptico (una estructura con movilidad en dos ejes, elevación y azimut, que incorpora una videocámara para la adquisición de imágenes).

El sistema de seguimiento óptico desarrollado, está constituido por:

- Pedestal móvil de dos ejes, elevación y azimut, con soporte para cámara.
- Hardware para la adquisición de imágenes
 - Video cámara digital
 - Interfaz para la digitalización de imágenes NI PCI-1409⁹
- Hardware para la movilidad del pedestal
 - Motores Faulhaber, con encoders¹⁰ incorporados.
 - Drivers Gecko G340
 - Interfaz para control de los motores
- Software para adquisición y procesamiento de imágenes y sistema de control para los motores, desarrollado bajo entorno LabVIEW¹¹.

Los proyectos más conocidos y renombrados en los que ha participado el CIA, o que se han desarrollado en su totalidad por su personal son muchos, hemos de mencionar algunos a continuación:

- En satélites: se diseñó, integró y calificó el μ Sat-1 (Víctor 1), primer satélite artificial de Argentina, lanzado a fines de 1996 en Rusia.

⁸TV-Traker Pedestal con cámara fílmica móvil, para seguimiento de objetivos o imágenes

⁹NI PCI-1409 National Instruments, Adquisición de imagen monocromática de 4 canales

¹⁰Dispositivo que convierte un movimiento mecánico en señales eléctricas

¹¹Desarrollo de programación interactiva para personas como científicos e ingenieros.

Actualmente se trabaja en el proyecto μ Sat-3, que sigue vigente a través del financiamiento del programa PIDEF.

- En cohetaría: el CIA ha desarrollado sondas meteorológicas, y cohetes para propulsar μ satélites a órbita, siendo los más conocidos los programas “Centauro”, “Tauro”, “Alacrán”, “Cóndor” y “Centenario”.
- En vehículos aéreos: se participó en el diseño y desarrollo de sistemas para vehículos tripulados, como el “Guaraní”, “Pucará”, “Pampa”, entre otros.
En cuanto a vehículos no tripulados, el CIA ha desarrollado los Sistemas de Arma “Vigía 2B”, “Vigía 2A”, “Aukan” y “Búho” (estos dos últimos se encuentran actualmente en fase operativa); así como también “Espoleta de proximidad” y “Dardo II” que se diferencian de los sistemas anteriores por contar con cargas explosivas.
- En radar: el Vitro RIR-778C fue adquirido por Argentina en 1984 y quedó fuera de funcionamiento en 1990. Este radar fue trasladado a las instalaciones del CIA, y años más tarde se lo refuncionalizó y equipó con sistemas operativos y de seguimiento óptico de alta resolución.

6. Relevamientos de Antecedentes

Con el objetivo de iniciar el proceso de diseño y desarrollo de un proyecto de ingeniería de relevancia, es importante realizar un exhaustivo relevamiento de antecedentes. Este proceso constituye el cimiento sobre el cual se fundará la estructura conceptual y técnica del proyecto, permitiendo una comprensión integral de los factores clave que influyen en su viabilidad, alcance y ejecución.

- **Reprogrammable AUV Autopilot System.**
Mariano Lizarraga, Renwick Curry and Gabriel Elkain, April 2011.
Este artículo cubre el diseño, desarrollo y prueba de un sistema de piloto automático reprogramable para UAV, muestra una descripción detallada del diseño de pilotos automáticos, con énfasis en su hardware y software, y los protocolos de comunicación óptimos para el desarrollo de los UAV.
- **Sistema de Interconexión entre Pilotos automáticos y Motores de Combustión Interna.**
Ing. Javier A. Escudero, marzo 2014.
Este trabajo propone el desarrollo de un Sistema Embebido capaz de interconectar un autopiloto específico, Piccolo II de la empresa Cloud Cap Technology, y el motor de combustión HKS700E.
- **Development of Engine-Autopilot interface circuits for AUVS.**
Mostafa Ismail Yacoub, April 2018.
Este artículo presenta un algoritmo de desarrollo para circuitos de interfaz entre la ECU (Engine Control Unit) de un motor y pilotos automáticos para UAV.

El análisis de los trabajos que anteceden al proyecto propuesto arroja algunas conclusiones:

- El protocolo de comunicación óptimo para interconectar los sensores del motor y el autopiloto es el protocolo CANUAV.
- Es indispensable al momento del diseño, tener en cuenta la comunicación entre el autopiloto y la ECU del motor.

- La plataforma de trabajo será un microcontrolador de 16 bits¹² de la empresa Microchip Technology.
- Para la selección del modelo de la plataforma, se deberá tener en cuenta la necesidad de nuevos protocolos de comunicación como el CAN.
- Para el diseño de PCB¹³ se deberán tener en cuenta las siguientes reglas básicas:
 - Definir reglas de diseño de placa de PCB con el objetivo de garantizar el rendimiento de la fabricación y el montaje.
 - Colocar de manera eficiente los componentes, para garantizar la capacidad de solución y la facilidad de enrutamiento.
 - Ubicar la alimentación y la tierra en el stack-ups¹⁴ de la PCB, incluidos algunos puntos para diseños de PCB de señal mixta.
 - Obedecer las limitaciones mecánicas, como la ubicación de los conectores y las limitaciones de la carcasa.

¹²Bit, corresponde a un dígito del sistema de numeración binario y representa la unidad mínima de información.

¹³PCB (Printed Circuit Board) es un circuito cuyos componentes y conductores están contenidos dentro de una estructura mecánica.

<https://resources.altium.com/es/p/what-is-a-pcb>

¹⁴Se refiere a la disposición de las capas de cobre y las capas aislantes que forman el PCB.

<https://www.pcbcart.com/pcb-capability/layer-stackup.html#:~:text=Stack%20Dup%20refers%20to%20the,%E2%80%A2>

7. Planteo del Problema

En el desarrollo de los proyectos UAV que se realizan en el C.I.A. Córdoba, nos enfrentamos a menudo con la tarea de efectuar modificaciones en los sistemas de conexión, en la programación de software y en los cableados internos de las aeronaves.

Esta necesidad de cambios es provocada por las dificultades que se presentan a la hora de adquirir determinados modelos o marcas de autopilotos, de motores o de componentes de producción extranjera. Costos elevados, falta de comercialización, sustitución de software, discontinuidad de fabricación, incumplimiento en los plazos de entrega, etc.; son los problemas que nos llevan al retraso de los proyectos, he incluso, al retroceso para rediseñar sistemas, o más grave aún, a la suspensión de los desarrollos.

Ante tal situación nos planteamos...

¿Puede una plataforma embebida facilitar la interconexión de diferentes tipos de autopilotos y motores de combustión, sin necesidad de realizar modificaciones en los sistemas de control y propulsión del UAV?

Siendo afirmativa la respuesta a dicho planteo, surge así una nueva pregunta.

¿Cómo desarrollar una plataforma de interconexión eficiente, con capacidad de ser utilizada por cualquier tipo de sistemas autopiloto dentro de una unidad de vuelo?

8. Justificación de la Propuesta

Hasta la fecha de elaboración de este trabajo, no existen sistemas autopilotos de fabricación nacional, lo que nos obliga a adquirirlos en empresas extranjeras, esto nos enfrenta a largos trámites de importación y demoras en las entregas.

Estas dificultades, sumadas a que con frecuencia las empresas proveedoras dejan de comercializar algún modelo de autopiloto, o modifican la versión del software de configuración, provocan retrasos considerables en el desarrollo de las unidades de vuelo.

Por otro lado, la implementación de los sistemas autopiloto en los UAV, plantea la necesidad de realizar la interconexión de dicho sistema, con sensores, servos y motor de combustión interna, propios de cada aeronave, de manera más directa y dinámica.

Siendo que no existe en el mercado nacional e internacional una plataforma que facilite la maniobrabilidad de todos los sistemas, se propone el desarrollo de una interfaz de conexión. Esta interfaz permitirá ampliar la capacidad de interconexión de subsistemas y optimizar las prestaciones del vector.

La intervención profesional se enfoca en la creación de una plataforma embebida capaz de realizar en forma directa la interconexión de cualquier tipo de piloto automático con los demás sistemas del vector remotamente pilotado.

9. Objetivos

La razón por la que se emprende el desafío de llevar adelante este trabajo, se centra en la necesidad de contar con un sistema o plataforma que dé respuesta a las demoras que se originan por la dificultad de adquirir o remplazar los sistemas autopilotos de los proyectos de UAV del CIA. Esto permitirá no solo concretar los trabajos en proceso, sino reafirmar y crear nuevas acciones que impulsen el desarrollo de proyectos con mayor eficiencia e innovación.

9.1. General

- Diseñar y construir un prototipo de interfaz, que permita conectar autopilotos de diversas características, con diferentes sistemas de propulsión de combustión interna.

9.2. Particulares

- Realizar una investigación exhaustiva sobre sistemas autopilotos y motores de combustión disponibles en el mercado.
- Identificar requerimientos básicos para la implementación de la plataforma en los UAV.
- Seleccionar los autopilotos y motores que se adecuen eficientemente a los requerimientos básicos.
- Identificar componentes que otorguen mayor eficiencia para el funcionamiento de la interfaz.
- Gestionar los recursos financieros, materiales y humanos para la ejecución del proyecto.
- Establecer estrategias para optimizar los recursos propios del CIA.
- Diseñar la plataforma de interconexión entre autopilotos y motores de combustión.
- Realizar la simulación y revisión del diseño de la plataforma.
- Construir un prototipo de plataforma embebida o interfaz de conexión.

- Ensayar el funcionamiento del prototipo en laboratorios.
- Analizar resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio.
- Realizar la validación para verificar que el prototipo cumpla con los requerimientos del usuario.
- Efectuar ensayos y análisis operativos.
- Evaluar resultados en ensayos operativos.
- Construir la plataforma embebida de interfaz.

9.3. *Institucionales*

- Avanzar en el proceso de innovación científico tecnológico, a fin de mejorar la calidad de investigación en la institución.
- Promover la participación y el interés del capital humano de la institución.
- Capacitar al personal para el proceso de desarrollo del proyecto.
- Adaptarse a las exigencias del mercado globalizado.
- Fortalecer el intercambio con organismos empresariales afines al proyecto.
- Gestionar los recursos económicos necesarios para el desarrollo de la propuesta planteada.
- Promover la producción de la plataforma embebida para su futura comercialización en el mercado tecnológico nacional e internacional.

10. Aspectos teóricos

El trabajo que se pretende realizar tiene una base de conocimientos multidisciplinaria, ya que muchas especialidades deben trabajar en conjunto para facilitar el desarrollo del mismo. A continuación, se menciona un listado minimizado y muy escueto del marco teórico que acompaña dicho proyecto.

Ingeniería aeronáutica, donde se pondrá énfasis, en todas las leyes y normativas referidas a vectores voladores, (Velocidad del flujo del aire y principio de Bernoulli, Sustentación de una aeronave, basado en la deflexión del flujo y las leyes de Newton, etc.).

Ingeniería mecánica: aplicando conocimientos en principios, leyes y normativas de motores de combustión interna, (Teoría y principio de funcionamiento del motor de combustión interna que permita la generación de trabajo, Principios y cálculos de máquinas térmicas, etc.).

Ingeniería electrónica, se pondrán en conocimiento todas las leyes y normativas de electrónica y capacidad de conducción, (Ley de Kirchhoff para el desarrollo del cableado, conservación de la energía y carga en los circuitos eléctricos, Leyes de Joule, transferencia de energía para el desarrollo del tamaño del circuito impreso, por aglomeración de componentes, Etc.).

Ingeniería Química, se aplicarán conocimientos y normativas sobre la composición, propiedad y fatiga de los materiales, para el desarrollo del circuito impreso y gabinete donde se montará todo el sistema.

Ingeniería en Sistemas de la Información, se tendrán en cuenta todas las normativas para el desarrollo del software, (nomenclatura de las variables, usabilidad de la plataforma, capacidad y velocidad de procesamiento, etc.).

Dentro de este trabajo debemos tener un amplio conocimiento sobre tres temas principales.

10.1. Tipos de Autopilotos

Años atrás un piloto automático era un sistema mecánico, eléctrico o hidráulico usado para guiar un vehículo sin la ayuda de un ser humano. El término se usa mayoritariamente para aludir al de un avión, pero también existen sistemas para barcos y automóviles.

El piloto automático nace de la necesidad de mantener controlados los tres ejes del avión (longitudinal, vertical y transversal) durante periodos prolongados de tiempo, incluso de varias horas, sin necesidad de actuar continuamente sobre los controles de vuelo.

En 1912 un investigador norteamericano, Lawrence Sperry, inventó un girocompás para los aviones. La utilidad de este artefacto precursor de los modernos pilotos automáticos era ayudar al piloto a mantener nivelado en todo momento el avión y que mantuviera altitud y rumbo. El girocompás estaba conectado a un indicador de altitud, era capaz de detectar el norte geográfico mediante una brújula, y el sistema actuaba sobre los elementos de control de la aeronave; alerones y timones de profundidad y dirección. No se llegó a probar el invento hasta 1920, no en un avión sino en un buque petrolero. Solo años más tarde el invento de Sperry se aplicó a la aviación.

Así, los avances tecnológicos han permitido automatizar hasta cierto punto algunas tareas a bordo, en fases como ascenso, descenso, aterrizaje (auto-landing), crucero, o control de potencia (auto thrust) pero siempre bajo el control de los pilotos.

Los pilotos automáticos modernos, son sistemas informáticos, se basan particularmente en su hardware y software; constan de una base inercial, giróscopos, girómetros, sensores de presión estática y dinámica, etc.; que detectan la velocidad y desplazamiento del vehículo respecto a un eje de coordenadas, estos calculan la diferencia o desvío respecto al camino a seguir, enviando órdenes a los sistemas de control para corregir la desviación.

Hoy en día existe gran variedad de tipos y marcas de pilotos automáticos, dentro de una clasificación austera, se pueden dividir en:

- Desarrollo abierto, para vehículos de aerodelismo.
 - Ardupilot, perteneciente al Equipo de desarrollo de ArduPilot y la comunidad de Software libre y código abierto.
 - Pitlab, perteneciente a la empresa PitLab Piotr Laskowski, Varsovia, Polonia
 - PixHawk4, diseñado y fabricado en colaboración con Holybro y el equipo de PX4.
 - Etc.

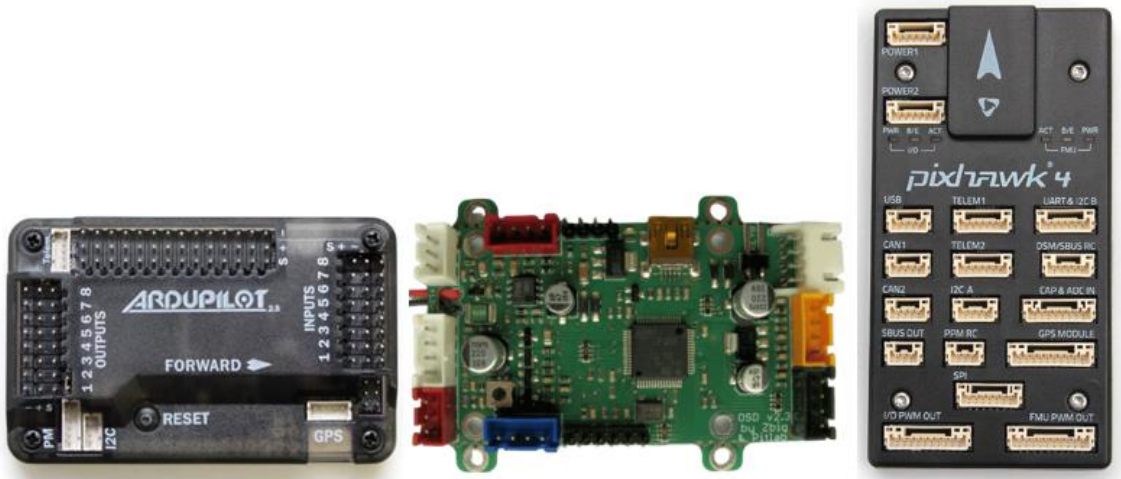


Figura N° 1 - Autopilotos de software abierto

- Desarrollo cerrado, para vehículos aéreos de mayor envergadura
 - Vector 600, UAV Navigation Group Oesía, empresa española, San Sebastián de los Reyes, España.
 - Veronte 4, diseñado y fabricado por la empresa española Embention, Alicante, España.
 - Piccolo II, perteneciente a la empresa Cloud Cap Technology, Hood River, Estados Unidos.
 - Etc.



Figura N° 2 - Autopilotos de software cerrado

- Desarrollo profesional, para aviones comerciales o automóviles.
 - Boeing, The Boeing Company, empresa multinacional Virginia, Estados Unidos.

- Tesla, pertenece a la empresa Tesla, oficinas centrales en Texas, Estados Unidos.
- Etc.

10.2. Tipos de Motores

Un motor de combustión interna o motor de explosión, es un tipo de máquina que obtiene energía mecánica directamente de la energía química de un combustible que arde dentro de la cámara de combustión. El nombre se debe a que dicha combustión se produce dentro de la propia máquina, a diferencia de, por ejemplo, la máquina de vapor.

Existen diferentes clasificaciones, según el combustible, según ciclo de trabajo, etc.

Una clasificación principal es:

- Motor de combustión interna alternativo
 - El motor de explosión ciclo Otto, cuyo nombre proviene del técnico alemán que lo desarrolló, Nikolaus August Otto, es el motor convencional de gasolina, aunque también se lo conoce como motor de ciclo Beau de Rochas debido al inventor francés que lo patentó en 1862.
 - El motor diésel, llamado así en honor del ingeniero alemán Rudolf Diesel, funciona con un principio diferente y suele consumir gasóleo.
- Turbina de gas.
- Motor rotativo o Motor Wankel.

Clasificación alternativa según el ciclo de trabajo

- De dos tiempos (2T), efectúan una carrera útil de trabajo en cada giro.
- De cuatro tiempos (4T), efectúan una carrera útil de trabajo cada dos giros.

La invención del motor se les adjudica a dos italianos, un sacerdote y un ingeniero hidráulico mecánico, el Padre Eugenio Barsanti, y Felice Matteucci, que ya en 1853 detallaron documentos de operación, construcción y patentes pendientes en varios países europeos.

Los primeros prototipos carecían de la fase de compresión; es decir, la fase de succión terminaba prematuramente con el cierre de la válvula de admisión antes de que el pistón llegase a la mitad, lo que provocaba que la chispa que generaba la combustión que empuja la carrera del pistón fuese débil. Como consecuencia, el funcionamiento de estos primeros motores era deficiente. Fue la fase de compresión la que dio una eficiencia significativa al motor de combustión interna, que lograría el reemplazo definitivo de los motores a vapor e impulsaría el desarrollo de los automóviles, ya que lograba desarrollar una potencia igual o mayor en dimensiones considerablemente mucho más reducidas.

Las primeras aplicaciones prácticas de los motores de combustión interna fueron los motores fuera de borda, debido a que el principal impedimento para la aplicación práctica de este tipo de motor en vehículos terrestres era el hecho de que, a diferencia de la máquina de vapor, no podía comenzar desde parado. Los motores marinos no sufren este problema, ya que las hélices están libres de un momento de inercia significativo.

El motor, tal como lo conocemos hoy, fue desarrollado por el alemán Nikolaus Otto, quien en 1886 patentó el diseño de un motor de combustión interna a cuatro tiempos, basado en los estudios del inventor francés Alphonse Beau de Rochas de 1862, que a su vez se basó en el modelo de combustión interna de Barsanti y Matteucci.

Otra clasificación podría ser según la forma en que se recupera la energía mecánica, pudiendo ser agrupados en alternativos, rotativos, de reacción.

- Los alternativos según el modo de encendido de la mezcla aire-combustible se suelen dividir en:
 - Motor de encendido provocado (MEP).
 - Motor de encendido por compresión (MEC).
- Los rotativos están divididos en:
 - Turbomáquinas. Las turbomáquinas están representadas por la Turbina de gas, el funcionamiento consiste en aire adquirido del exterior que entra en un compresor, después, este ya comprimido entra en la cámara de combustión donde al mezclarse con combustible arde a altas temperaturas, luego pasa a la turbina que

extrae la energía suficiente para mover el compresor y aún queda energía restante, que es la potencia que genera la turbina.

- Volumétricos. En cuanto a los volumétricos el Motor Wankel utiliza un rotor triangular que gira sobre una cámara con una geometría particular, este rotor al girar cumple con el ciclo de cuatro tiempos, es un motor de pocas partes mucho más sencillo y ligero, tiene poca vibración. Este motor es usado en automóviles deportivos de alto desempeño¹⁵.
- Los de reacción: estos motores se basan en la propulsión a chorro, procedimiento por el que se impulsa hacia delante un objeto como reacción a la expulsión hacia atrás de una corriente de líquido o gas a gran velocidad; utilizados en cohetes y aeroreactores.

10.3. Tipos de Señales

Las señales eléctricas son ondas electromagnéticas que se utilizan para transmitir información o energía a través de circuitos electrónicos. Hay varios tipos de señales eléctricas, cada una con sus propias características y usos específicos.

También existen diferentes clasificaciones, en este trabajo se realizará una clasificación según necesidades.

- Señales analógicas: varían de forma continua en el tiempo, normalmente son utilizadas en aplicaciones como la transmisión de audio y video.

Estas señales:

- Se pueden procesar directamente entiempos real.
- Consumen menos ancho de banda que las señales digitales.
- Cuentan con 2 parámetros, amplitud y frecuencia.
- Se transmiten sin depender del contenido de la información.
- Son señales de alta densidad.
- Señales digitales: tienen dos valores posibles, como una señal de encendido/apagado. Estas señales se utilizan en aplicaciones como la transmisión de información digital y para el control de dispositivos

¹⁵Proyecto de grado, Daniel Bacca, Ingeniería Mecánica, Universidad de los Andes, 2004.

electrónicos, ya que pueden ser fácilmente procesadas por circuitos electrónicos.

Dentro de este tipo de señales encontramos la comunicación serial, que consiste en transmitir y recibir la información en forma de cadena de impulsos eléctricos que representan bits.

La EIA (Electronic Industries Association) ha promovido la creación de numerosos estándares en este tipo de comunicaciones, dependiendo de factores como la velocidad de transmisión, la forma de representar los datos, niveles máximos y mínimos de la señal, etc. Entre ellos:

- RS-232: es un método de transmisión de señal, que especifica que, con respecto a masa, cualquier voltaje más negativo que -3 V es interpretado como un "1", y cualquier voltaje más positivo que $+3\text{ V}$ es interpretado como un "0". La comunicación requiere que el transmisor y el receptor acuerden un protocolo a utilizar.

El protocolo RS-232-C consiste en:

- Frecuencia de reloj (Baudrate): La velocidad de transmisión se mide en bits por segundo. Es necesario que el transmisor y el receptor tengan sus relojes sincronizados a la misma velocidad.
- Marca (Markingstate): Período de tiempo durante el cual no se transmite información. El transmisor mantiene la línea en un estado alto (1 lógico) denominado "marca". Se emplea para sincronizar.
- Bit de inicio (Start bit): Es un bit "0" que indica que la transmisión va a empezar. Este estado bajo se denomina "spacingstate" o "espacio".
- Bits de datos (Data bits): La cadena de bits correspondientes al dato puede estar compuesta por 5, 6, 7 u 8 bits y representan al carácter transmitido. El bit menos significativo (LSB –Least Significant Bit) es el primero en ser transmitido y el bit más significativo (MSB –Most Significant Bit) el último.
- Bit de paridad (Parity bit): Es opcional. Se transmite tras los bits de datos y se usa para detección de errores.

- Bits de stop (Stop bit): Uno o más bits a nivel alto ("1" lógico). Garantizan que el receptor tendrá tiempo de procesar la información antes de que le llegue el próximo dato.

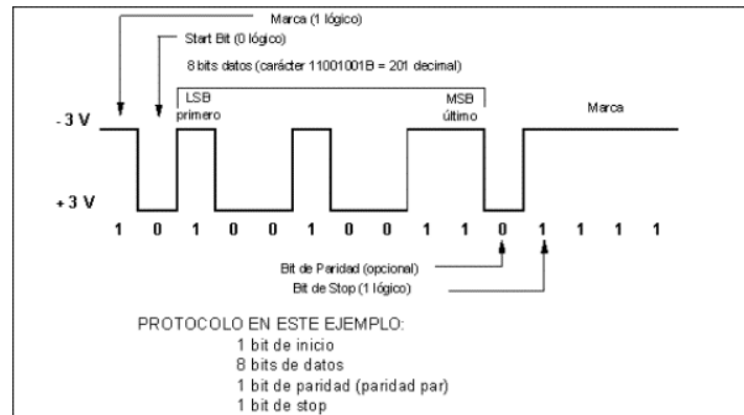


Figura Nº 3 - Señal RS232

- RS-485: este protocolo fue creado para ampliar las capacidades físicas de la interfaz RS-232. La conexión serie EIA-485 es realizada utilizando un cable de dos o tres hilos: un hilo de datos, un hilo con datos invertidos y, a menudo, un hilo cero (tierra, 0 V). De este modo, los transmisores y los receptores intercambian los datos a través de un cable de par trenzado de hilos rígidos de 22 o 24 AWG¹⁶. Su principal función es transportar una señal a través de dos cables. Uno de los cables transmite la señal original y el otro transporta su copia inversa. Este método de transmisión ofrece una gran resistencia a las interferencias en modo común. El cable de par trenzado utilizado como línea de transmisión puede ser blindado o no blindado.

¹⁶ AWG American Wire Gauge, los conductores se definen especificando un número de hilos y un diámetro de cada hilo.

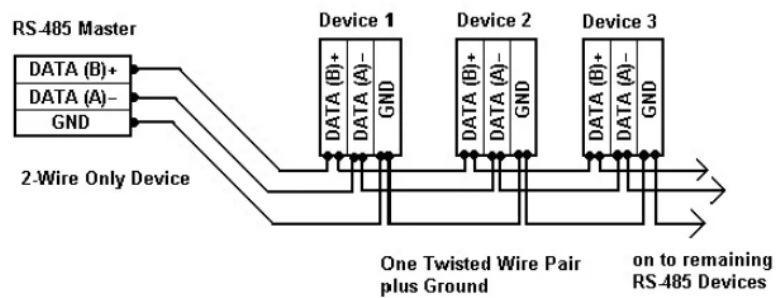


Figura N° 4 - Diagrama RS485

Cuando la línea de comunicación RS-485 está preparada para funcionar a nivel físico, hay que pensar en el protocolo de transferencia de datos: es decir, es necesario que los dispositivos del sistema establezcan un formato común para la transmisión de los paquetes de datos.

Por la naturaleza de la interfaz RS-485, los dispositivos RS-485 no pueden transmitir y recibir datos al mismo tiempo, ya que se produce un conflicto de transmisores. Por lo tanto, es necesario adoptar un comportamiento determinista para evitar la colisión de los paquetes de datos.

En el protocolo de comunicación RS-485, los comandos son enviados por el nodo establecido como maestro. Todos los demás nodos conectados al maestro reciben los datos a través de los puertos RS-485. Dependiendo de la información enviada, ninguno o varios nodos de la línea responden al maestro.

Sin embargo, este tipo de comunicación no es la única forma posible de intercambiar datos a través del protocolo RS-485.

Las principales ventajas de la interfaz RS-485 son:

- Intercambio de datos bidireccional a través de un par de hilos trenzados.
- Admite varios transceptores conectados a la misma línea, es decir, permite crear una red.
- Gran longitud de la línea de comunicación.
- Alta velocidad de transmisión.

- I²C: circuito inter-integrado (I²C, del inglés Inter-Integrated Circuit) es un bus serie de datos, desarrollado en 1982 por Philips Semiconductors (hoy NXP Semiconductors, parte de Qualcomm¹⁷). Se utiliza internamente para la comunicación entre diferentes partes de un circuito, por ejemplo, entre un controlador y circuitos periféricos integrados.

El sistema original fue desarrollado por Philips con el fin de controlar varios chips en televisores de manera sencilla. Desde mediados de 1990 el I²C también es utilizado por algunos competidores para designar los sistemas compatibles I²C Philips, incluyendo Siemens AG (posteriormente Infineon Technologies AG), NEC, STMicroelectronics, Motorola (Freescale más adelante), Intersil, etc. Hay un total de mil circuitos integrados diferentes de más de 50 fabricantes (según datos de 2014).

Atmel introdujo por motivos de licencia la designación TWI (interfaz de dos hilos) actualmente utilizada por algunos otros fabricantes. Desde el punto de vista técnico, TWI e I²C son idénticos. Sin embargo, el 1 de octubre de 2006, la patente original caducó, así que ya no hay derechos de autor para el uso del término I²C. Este, no es tampoco una marca comercial registrada de NXP Semiconductors, la protección de marca es solo para el logotipo.

El I²C está diseñado como un bus maestro-esclavo. La transferencia de datos es siempre inicializada por un maestro; el esclavo reacciona. Es posible tener varios maestros mediante un modo multimaestro, en el que se pueden comunicar dos maestros entre sí, de modo que uno de ellos trabaja como esclavo. El arbitraje (control de acceso en el bus) se rige por las especificaciones, de este modo los maestros pueden ir turnándose.

¹⁷Qualcomm to Acquire NXP |Qualcomm. 27 de octubre de 2016.

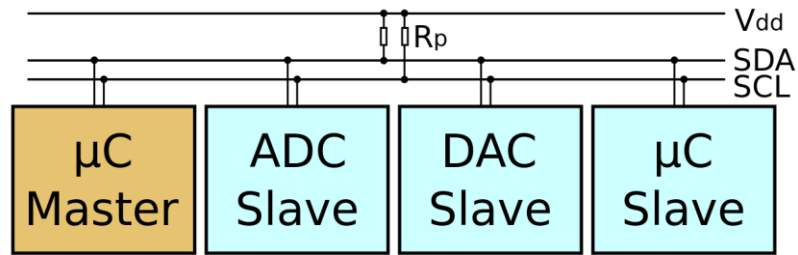


Figura N° 5 - Diagrama I2C

- CAN: es un protocolo de comunicaciones desarrollado por la firma alemana Robert Bosch GmbH, basado en una topología bus para la transmisión de mensajes en entornos distribuidos. Además, ofrece una solución a la gestión de la comunicación entre múltiples CPUs (Unidad de Proceso Central).

El protocolo de comunicaciones CAN proporciona los siguientes beneficios:

- Ofrece alta inmunidad a las interferencias, habilidad para el autodiagnóstico y la reparación de errores de datos.
- Es un protocolo de comunicaciones normalizado, con lo que se simplifica y economiza la tarea de comunicar subsistemas de diferentes fabricantes sobre una red común o bus.
- El procesador anfitrión (host) delega la carga de comunicaciones a un periférico inteligente, por lo tanto, el procesador anfitrión dispone de mayor tiempo para ejecutar sus propias tareas.
- Al ser una red multiplexada, reduce considerablemente el cableado y elimina las conexiones punto a punto, excepto en los enganches.

CAN se basa en el modelo productor/consumidor, el cual es un concepto, o paradigma de comunicaciones de datos, que describe una relación entre un productor y uno o más consumidores. CAN es un protocolo orientado a mensajes, es decir, la información que se va a intercambiar se descompone en mensajes, a los cuales se les asigna un identificador y se encapsulan en tramas para su transmisión. Cada mensaje tiene un identificador único dentro de la red, con el cual los nodos deciden aceptar o no dicho mensaje.

Dentro de sus principales características se encuentran:

- Prioridad de mensajes.
- Garantía de tiempos de latencia.
- Flexibilidad en la configuración.
- Recepción por multidifusión (multicast) con sincronización de tiempos.
- Sistema robusto en cuanto a consistencia de datos.
- Sistema multimaestro.
- Detección y señalización de errores.
- Retransmisión automática de tramas erróneas
- Distinción entre errores temporales y fallos permanentes de los nodos de la red, y desconexión autónoma de nodos defectuosos.

CAN fue desarrollado inicialmente para aplicaciones en los automóviles y por lo tanto, la plataforma del protocolo es resultado de las necesidades existentes en el área de la automoción.

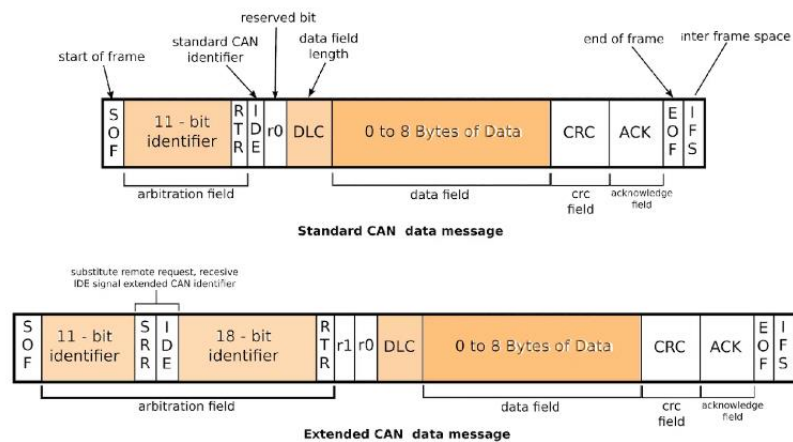


Figura N° 6 – Diagrama mensaje CAN

- PPM: la Modulación por Posición de Pulso, o en inglés, Pulse Position Modulation (PPM), en donde la amplitud y el ancho son fijos y la posición es variable, es un tipo de modulación en la cual una palabra de M bits es codificada por la transmisión de un único pulso que puede encontrarse en alguna de las $2^M = N$ posiciones posibles, donde N corresponde al tipo de modulación PPM (N-PPM). Si esto se repite cada X segundos (tiempo de símbolo), la tasa de transmisión es de M/X bits por segundo. Este tipo de modulación se usa principalmente

en sistemas de comunicación óptica, donde tiende a haber poca o ningún tipo de interferencia por caminos múltiples.

En los tiempos modernos, la modulación de posición de pulso tiene sus orígenes en la multiplexación por división de tiempo telegráfico, que se remonta a 1853, y evolucionó junto con la modulación de código de pulso y la modulación de ancho de pulso. A principios de la década de 1960, Don Mathers y Doug Spreng de la NASA inventaron la modulación de posición de pulso utilizada en sistemas de radiocontrol (R / C). PPM se está utilizando actualmente en comunicaciones de fibra óptica, comunicaciones de espacio profundo, y continúa utilizándose en sistemas de R /C.

Codificación PPM para radiocontrol

Un marco PPM completo es de aproximadamente 22.5 ms (puede variar entre el fabricante), y el estado bajo de la señal siempre es de 0.3 ms. Comienza con un marco de inicio (estado alto para más de 2 ms). Cada canal (hasta 8) está codificado por el tiempo del estado alto (estado alto PPM + 0,3 × (estado bajo PPM) = ancho de pulso servo PWM).

Los sistemas de control de radio más sofisticados ahora se basan a menudo en la modulación de código de pulso, que es más compleja, pero ofrece una mayor flexibilidad y confiabilidad. El advenimiento de los sistemas de radiocontrol FHSS de banda de 2,4 GHz a principios del siglo XXI cambió esto aún más.

La modulación de posición de pulso, también se utiliza para la comunicación con la tarjeta inteligente sin contacto ISO / IEC 15693, así como en la implementación HF del protocolo Clase 1 del Código Electrónico de Producto (EPC) para etiquetas RFID¹⁸.

¹⁸Identificación con Radio Frecuencia, tecnología que permite identificar o rastrear de manera automática

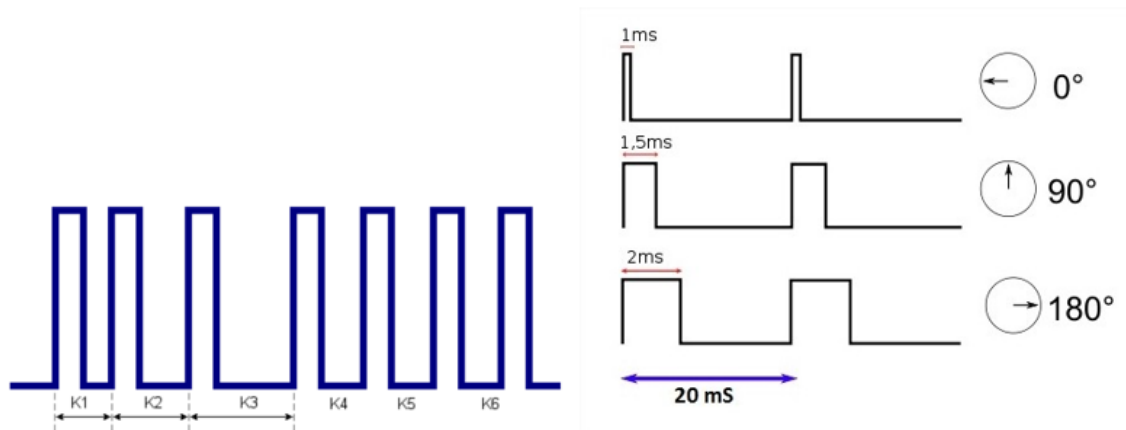


Figura N° 7 - Señal PPM para actuadores

Es importante tener en cuenta que los diferentes tipos de señales eléctricas, requieren diferentes tipos de equipos y circuitos para su procesamiento y transmisión. Por ejemplo, un circuito que puede procesar señales de corriente alterna no necesariamente puede procesar señales de pulsos o señales digitales.

En conclusión, existen varios tipos de señales eléctricas, cada una con sus propias características y usos específicos. Desde señales continuas hasta señales analógicas y digitales, estas señales son esenciales para la transmisión de energía e información en el mundo de la electrónica.

11. Aspectos Metodológicos

Para el desarrollo del proyecto propuesto es necesario aplicar metodologías de naturaleza experimental, ya que se cuenta con muy poco apoyo teórico para tal fin.

El desarrollo experimental es una Actividad de Investigación y Desarrollo orientada a validar o certificar los resultados de la Investigación Básica y de la Investigación Aplicada, así como también los conocimientos empíricos, de tal modo que se facilite, la introducción al mercado o al servicio, previo control de sus resultados, mediante el diseño, construcción y prueba de modelos y prototipos e instalaciones experimentales que garanticen el beneficio social de la Invención.

El proceso de diseño y desarrollo del prototipo plantea la necesidad de dividir las tareas a abordar en etapas metodológicas:

- Investigación y análisis.
- Gestión de recursos.
- Diseño.
- Simulación y revisión del diseño.
- Construcción del prototipo.
- Ensayos y análisis de laboratorio.
- Validación del prototipo.
- Ensayos y análisis operativos.
- Cierre del proyecto.

12. Recursos

Las empresas emplean una variedad de recursos para alcanzar sus metas, tales como recursos humanos, materiales, financieros y aquellos de naturaleza intangible. La relevancia de cada uno de estos recursos en una empresa específica variará según su tipo y el sector económico en el que esté involucrada. En términos generales, los recursos humanos tienen un valor significativo en todas las empresas.

12.1. Humanos

Los recursos humanos son el trabajo y conocimiento que aporta el conjunto de personas de una organización. Las personas otorgan tiempo y esfuerzo a las organizaciones, a cambio de un beneficio como puede ser el salario u otras retribuciones. Con el término de recursos humanos también se suele designar a aquella parte de la organización encargada de administrar el personal de la misma¹⁹.

Es necesario tener en cuenta tales definiciones y conceptos para poder realizar una correcta gestión de este tipo de recursos, lo que permitirá llevar adelante la propuesta planteada en este trabajo.

La tabla que se presenta a continuación muestra los recursos disponibles y necesarios para el desarrollo del proyecto.

Actores	Esfera en la que se inserta:	Escala territorial en la cual actúa:	Interés o rol en la problemática:	Herramientas con las que cuenta para incidir en la problemática
Ministerio de Defensa	Estado Nacional	Nacional	Ente financiador	FONDEF, Fondo Nacional de la Defensa
Jefatura de la DGlyD-FAA	Estado Nacional	Nacional	Interés primordial, presentación de proyectos de interés al Ministerio de Defensa	Gestión de los recursos financieros otorgado por el Ministerio de Defensa
Jefatura del CIA-DGlyD-FAA	Estado Nacional	Nacional	Interés primordial, desarrollar proyectos de innovación y	Gestión de la asignación y control de los recursos humanos,

¹⁹zoniaeconomica.com "Recursos Humanos" <https://zoniaeconomica.com/recursos/humanos>

			tecnologías para la Defensa Nacional	técnicos e infraestructura
Ingenieros del CIA-DGIyD-FAA	Estado Nacional	Nacional	Interés primordial, desarrollar proyectos de innovación y tecnologías para la Defensa Nacional	Conocimientos científicos en el ámbito de la problemática planteada
Técnicos del CIA-DGIyD-FAA	Estado Nacional	Nacional	Interés primordial, desarrollar proyectos de innovación y tecnologías para la Defensa Nacional	Conocimientos en la producción de elementos para la problemática planteada
Administrativos del CIA-DGIyD-FAA	Estado Nacional	Nacional	Interés primordial, gestionar la adquisición y control de los recursos financieros, vienes obtenidos, y documentación	Conocimientos en la gestión financiera y manejo de la documentación

12.2. Materiales

Los recursos materiales son los bienes tangibles que la organización puede utilizar para el logro de sus objetivos. Podemos encontrar los siguientes elementos:

- Maquinarias
- Inmuebles
- Insumos
- Productos terminados
- Elementos de oficina
- Instrumentos y herramientas

Contar con los recursos materiales adecuados es un elemento clave en la gestión de las organizaciones. La administración debe tener en cuenta que se debe encontrar un punto óptimo de recursos materiales, lo que no significa que se deba aumentar la cantidad o la calidad de los recursos materiales en exceso, debido a que esto representaría un elevado costo de oportunidad. Al mismo tiempo, se debe

tener en cuenta que los recursos materiales deben ser adecuados para los recursos humanos con los que cuenta la organización.

La ubicación de las plantas productivas y de los puntos de venta también juega un rol fundamental, ya que determinan los recursos humanos con los que se contarán y los costos de transporte de insumos y productos, como también los servicios disponibles para la organización.

La tabla que se presenta a continuación muestra un resumen de los recursos disponibles y necesarios para el desarrollo del proyecto.

Recursos		Descripción
Inmuebles	Oficina de la DGIyD en el Edificio Cóndor, CABA ²⁰	Oficinas del directorio de la DGIyD.
	Predio del CIA, CBA ²¹	Pabellón 122. Oficinas del directorio del CIA, Dpto. contable, Dpto. Comunicaciones y Dpto. Sistemas Electrónicos.
		Pabellón 119. Oficinas y Taller del Dpto. Sistemas Electromecánicos.
		Pabellón 214. Oficinas y Taller de Materiales Compuestos.
		Pabellón 77. Oficinas y Taller del Dpto. Sistemas Aeronáuticos y Armamento.
		Pabellón 120. Oficinas del Dpto. Planificación y Proyectos.
Elementos de Oficina	Mobiliario	Escritorios, mesas de reunión, sillas, estanterías, armarios, pizarras, etc.
	Otros	Carpetas, hojas, bolígrafos, reglas, marcadores, gomas de borrar, sacapuntas, clips, perforadoras, abrochadora, etc.
Productos informáticos	Hardware	Computadoras de oficina, laptops para ensayos de campo, impresoras, equipamiento de redes informática, proyectores, teléfonos, central telefónica, etc.
	Software	Sistema operativo, administrativo, gestión, programación, simulación, diseño, etc.
Maquinarias	Herramientas de mano	Martillos, destornilladores, alicates, llave de boca, llaves Alem, llaves inglesas, arco de sierra, cúter, taladro de batería, amoladora, lijadora, etc.
	Herramientas neumáticas y/o hidráulicas	Atornillador de impacto, atornillador neumático, sierras neumáticas, prensas, amoladoras, grúa, etc.
	Máquinas Herramientas	Tornos CNC ²² , torno paralelo, fresadora, rectificadora, pulidora, sierra sin fin, etc.

²⁰CABA, Ciudad Autónoma de Buenos Aires

²¹CBA, Córdoba

Instrumentos	Mecánicos	Calibre (pie de rey), reglas, manómetros, micrómetros, odómetro, cinta métrica, escuadras, etc.
	Eléctricos y/o Electrónicos	Multímetro, osciloscopio, frecuencímetro, generador de señales, voltímetros, óhmetros, analizador de espectro, etc.
Insumos	Eléctricos	Cables, borneras, cinta aisladora, soldador de estaño, estaño, circuitos integrados, termo contraíble, componentes pasivos, etc.
	Mecánicos	Tornillos, electrodos, hojas de sierra, disco para amoladora, placas de materiales, tipos de materiales, diluyentes, etc.
	Material compuesto	Fibra de carbono, resina, guantes, antiparras, barbijos, estufas, etc.
Productos Terminados	Mecánicos	Soportes, gabinetes, piezas especiales, etc.
	Eléctricos y/o electrónicos	Antenas, cableado, fuente de alimentación, rectificador, etc.

12.3. Financieros

Los recursos financieros son el efectivo y el conjunto de activos financieros que tienen un grado de liquidez. Es decir, que los recursos financieros pueden estar compuestos por:

- Dinero en efectivo
- Préstamos a terceros
- Depósitos en entidades financieras
- Tenencias de bonos y acciones
- Tenencias de divisas

Las fuentes de recursos financieros de las organizaciones pueden ser varias, entre las cuales podemos mencionar:

- La principal actividad de la organización: la venta de los productos o servicios que la organización ofrece al mercado, provee un flujo de efectivo cuando los clientes entregan dinero a cambio de los mismos.
- Inversores: socios, tenedores de acciones, tenedores de bonos, etc. Estos entregan capital o efectivo a cambio de un rendimiento futuro.
- Préstamos de entidades financieras: las entidades financieras pueden otorgar préstamos a cambio de un interés.
- Subsidios del gobierno

²²CNC, Torno de control numérico, mecaniza piezas de revolución mediante un software.

La administración de los recursos financieros debe planificar el flujo de fondos, de modo que se eviten situaciones en las que no se puedan financiar las actividades productivas, asegurándose de que los egresos de fondos puedan ser financiados, y que se eviten elevados costos de financiamiento.

El estado nacional ha creado un fondo de afectación específica que tiene por objetivo financiar el proceso de reequipamiento de las Fuerzas Armadas, mediante la recuperación, modernización y/o incorporación de material. Nace así el FONDEF²³.

La Fuerza Aérea apoya la investigación y el desarrollo tecnológico en sus reparticiones o Centros ubicados en diferentes puntos del país. En estos Centros se llevan adelante proyectos que apuntan al uso de las nuevas tecnologías en el ámbito de la Defensa Nacional.

El proyecto presentado, objeto de este trabajo, propone un desarrollo totalmente financiado a través de recursos aportados por el FONDEF.

El Ministerio de Defensa asigna los fondos necesarios a la Fuerza Aérea, y esta se lo reasigna a la DIGyD, quien se encarga de administrar los recursos para el desarrollo de cada proyecto.

12.4. Intangibles

Los recursos intangibles son aquellos recursos que no pueden ser percibidos físicamente (vistos, tocados, medidos).

Hay dos clases principales de recursos intangibles:

- Legales
- Competitivos

Los recursos intangibles legales incluyen a derechos de marca, derechos de autor, patentes, permisos, etc. Los recursos intangibles competitivos se refieren al conocimiento acumulado por la empresa (know-how entre otros tipos de conocimientos). La fuente principal de los recursos intangibles son los recursos humanos.

²³FONDEF, Fondo Nacional de la Defensa, fondo de afectación específica para financiar el reequipamiento de las Fuerzas Armadas.

Si bien es difícil estimar el valor monetario de los recursos intangibles, a diferencia de los recursos materiales, los recursos intangibles pueden tener un fuerte impacto en la eficacia y la eficiencia de la organización. Suelen ser indivisibles. Factores como la percepción de la organización en el público, las relaciones con los proveedores, la capacidad de adaptación, etc, son fundamentales a la hora de determinar los resultados, al mismo tiempo que, a diferencia de la mayoría de los recursos materiales o financieros, no se pueden adquirir en el mercado, sino que son el resultado de un proceso histórico que se produce dentro de cada organización.

Algunas características de los recursos intangibles son las siguientes:

- Dificultad de medición y cuantificación: al no tener soporte físico, es muy difícil estimar o cuantificar el impacto de los mismos en los resultados de la organización. Gran parte del conocimiento organizacional no es codificable ni se puede organizar.
- Posibilidad de apreciación por el uso: a diferencia de los recursos materiales, los recursos intangibles pueden valorarse con el uso de estos.

El conocimiento de un proceso productivo se perfeccionará mientras más tiempo la organización utilice ese proceso. Del mismo modo, ante cambios en el entorno, como cambios tecnológicos, ciertos recursos intangibles, como procesos rutinarios, pueden quedar obsoletos.

- Imposibilidad de adquirirlos en el mercado: los recursos intangibles se crean lentamente en el interior de cada empresa, y usualmente no pueden ser vendidos o comprados por otras empresas.

13. Desarrollo

13.1. Análisis del Sistema

El desarrollo en cuestión será sometido a un análisis desde una perspectiva de gestión de procesos. La gestión de procesos, enraizada en la visión sistémica, aborda el cambio organizacional de manera integral, fusionando los conceptos de "sistema", "gestión" y "procesos". El sistema se concibe como una entidad que va más allá de la suma de sus partes, caracterizado por una considerable energía. La gestión, derivada del término "gestar" o "dar a luz", trasciende la mera administración u operación; es una labor sistémica, creativa, reflexiva y cuestionadora. Se visualiza a los procesos como medios para alcanzar los objetivos de la organización, organizándolos de manera óptima para dicho fin. Los procesos, por su parte, representan el cómo realizamos nuestras actividades, desde la identificación de necesidades hasta la comercialización de productos.

En esta perspectiva, la gestión de procesos considera a estos últimos como construcciones humanas, sujetas a diversas formas de intervención, como diseño, descripción, documentación, comparación, eliminación, modificación, alineación o rediseño, entre otras. Se reconoce que los procesos no pueden dejarse al azar y se establecen formas de intervención con el propósito de alinearlos con la estrategia organizacional y mejorar en múltiples aspectos, tales como eficiencia, satisfacción del cliente, calidad y productividad, entre otros. Se comprende que la gestión de procesos no es un fin en sí misma, sino un medio para alcanzar metas organizacionales significativas.

La gestión de procesos facilita la adaptación de la organización ante cualquier tipo de cambio, ya sea pequeño, como la reducción del número de copias de un formulario, o de gran envergadura, como la implementación de tecnología integral. Algunos proyectos de cambio se centran más en la gestión de la calidad e incluyen formas de mejora continua, mientras que otros, denominados de rediseño, tienen objetivos más ambiciosos y están dispuestos a realizar cambios radicales.

Los beneficios de la gestión de procesos son numerosos:

- Proporciona un entendimiento detallado de las actividades y procesos organizacionales, identificando fortalezas y debilidades.
- Permite aplicar métodos de costeo a nivel de actividades para determinar el costo real de productos o servicios.
- Promueve mejoras simplemente mediante la descripción de procesos, aumentando la conciencia organizacional.
- Facilita el camino hacia la certificación en normas como ISO 9001 y otras.
- Aplica métodos de mejora continua y aseguramiento de calidad para aumentar la eficiencia y eficacia.
- Facilita la comparación de procesos con las mejores prácticas del sector para aprender y mejorar.
- Posibilita el rediseño de procesos para obtener mayores rendimientos.
- Fortalece la gestión del conocimiento al formalizar el conocimiento de la organización a través de la documentación de procesos.
- Fomenta la innovación en distintos niveles, desde el proceso hasta la tarea específica.
- Facilita el emprendimiento al definir claramente los procesos del negocio que sustentan operativamente la actividad emprendedora.

Además, permite un verdadero control de gestión al proporcionar información relevante, como indicadores en tiempo real, que permiten evaluar y comparar adecuadamente el desempeño de los procesos a lo largo del tiempo.

En cuanto al momento para iniciar la gestión de procesos, la recomendación es hacerlo de inmediato, aprovechando la ventaja de no requerir perfección inmediata, sino avanzar gradualmente hacia ella mediante pasos sucesivos, aumentando el nivel de madurez con cada paso.

Cuatro conceptos vitales destacan en este enfoque de gestión de procesos:

- La Ley de los Pocos Críticos de Vilfredo Pareto, que implica priorizar elementos críticos sobre los triviales, a menudo expresada como el principio 80-20.
- El Rediseño en Espiral, una técnica iterativa que aborda objetivos concretos en cada ciclo, avanzando progresivamente hacia otros.
- El concepto de Productividad, que engloba eficiencia y valor agregado para el cliente.
- La noción de Totalidades, que promueve una visión amplia y completa de la situación, reduciendo el riesgo de fracaso en los proyectos.

Tratando de fusionar todos los aspectos antes mencionados, se propone dividir al proyecto objeto de esta tesis, en diversos procesos:

- Adquisición de Autopilotos
- Adquisición de Motores
- Acondicionador de señales
- Diseño y construcción del PCB
- Desarrollo del Firmware (software del procesador)
- Desarrollo de la Aplicación (software del usuario)
- Integración

Cada uno de los procesos mencionados anteriormente debe ser analizado y definido. En la actualidad se utiliza una plantilla modelo para esta tarea (no es un estándar), cada establecimiento o institución puede modificarla según las necesidades; pero se debe buscar una planilla modelo para todos los procesos.

A continuación, se presenta la planilla modelo que se utilizará para definir los procesos.

Proceso: <Nombre del Proceso>		
Objetivo	<Objetivo del proceso>	
Cliente del Proceso	<Nombre del cliente identificado del proceso>	
Producto del Proceso	<Solo la salida principal, resultado de cumplir con el objetivo del proceso>	
Proveedores del proceso e insumos que brinda cada uno	Proveedor	Insumo
	<Nombre de otro proceso proveedor, entidades externas, personas o roles externos proveedores del proceso>	< Información, elementos, materiales, documentos, etc. que provee como insumo del proceso el proveedor correspondiente>
Recursos del proceso	<Se hace especial atención en la definición de los RRHH, también podría enunciarse recursos tecnológicos, tales como software actual o hardware>	
Formularios, registros e información del proceso	Formularios	Registros e información
	<Documentos - Formularios - Salidas Impresas formales>	<Toda información ingresada, procesada y almacenada - también puede considerarse en relación a lo que puede ingresar de información en insumo de proveedores>
Reglas del Proceso	<Políticas, lineamientos, normativas y reglas internas del proceso>	
Restricciones	< Restricciones externas al proceso: leyes, exigencias de organismos reguladores, acuerdos, convenios, etc.>	
Listado de actividades del proceso	< Detalle de actividades realizadas por el curso normal del proceso> [Excepciones] <Todo aquello que interrumpe, cancela o es alternativa del curso normal> Nombre de la excepción <Ej. Conector fuera de producción> Descripción: <Breve descripción de lo que comprende la misma>	
Observaciones	<Toda aclaración necesaria del proceso>	

En Anexo I, podrán encontrarse las planillas para cada uno de los procesos descritos en este trabajo.

13.2. Requerimientos

Un requerimiento es una característica del sistema o una descripción de algo que el sistema es capaz de hacer con el objeto de satisfacer el propósito del mismo.

Deben ser pensados considerando:

- Descripciones de servicios o de aquello que el sistema es capaz de hacer.
- Restricciones que el sistema deba considerar, contemplando las necesidades o condiciones establecidas por el usuario.
- Problemas observados y las mejoras posibles en relación al sistema actual.

Los propósitos de los requerimientos:

- Permiten que los analistas expliquen cómo han entendido lo que el cliente pretende del sistema.
- Indican a los diseñadores que funcionalidad y características va a tener el sistema resultante.
- Indican al equipo de pruebas que demostraciones llevar a cabo para convencer al cliente que el sistema que se le entrega es lo que había solicitado.

Características:

- Necesarios: es necesario si su omisión provoca una deficiencia en el sistema a construir.
- Conciso: si es fácil de leer y entender.
- Completo: si no necesita ampliar detalles en su redacción para su comprensión.
- Consistente: si no es contradictorio con otro requerimiento.
- No ambiguo: cuando tiene una sola interpretación.
- Verificable: cuando puede ser cuantificado de manera que permita hacer uso de distintos métodos de verificación.

13.2.1. Requerimientos Funcionales (RF²⁴)

Los requerimientos funcionales detallan las capacidades y comportamientos esperados de un sistema.

En el desarrollo del proyecto en cuestión, estos requerimientos funcionales se aplican al sistema de interfaz entre el autopiloto y el motor de combustión interna. Estos requerimientos definen qué debe hacer el sistema para cumplir con su propósito, asegurando la operación segura, eficiente y controlada del vector (aéreo, terrestre o acuático). A continuación, se listan las funciones esenciales que el sistema debe cumplir:

- Sensado de los parámetros críticos del motor en tiempo real, como RPM²⁵, temperatura de cabezas de cilindros, temperatura de gases y consumo de combustible.
- Control del arranque y apagado del motor de manera remota y segura.
- Regulación precisa de las RPM del motor mediante señales PWM u otros métodos compatibles.
- Manejo de actuadores para el control de movimiento del vector.
- Comunicación efectiva con el autopiloto a través de distintos protocolos (CAN, UART, PWM, digitales y analógicos).
- Registro y transmisión continua de datos operativos.
- Configuración de parámetros de control (ej. KP²⁶, KD²⁷, KI²⁸) por parte de usuarios autorizados.
- Gestión de usuarios con niveles de acceso diferenciados.
- Implementación de medidas de seguridad para evitar acciones críticas por usuarios no autorizados.
- Integración con servicios de mapas, como Google Maps, para visualización en tiempo real.
- Soporte para múltiples sistemas de unidades de medida.
- Posibilidad de guardar y cargar configuraciones completas del sistema.

²⁴RF - Requerimiento Funcional describe el comportamiento del software

²⁵RPM revoluciones por minuto

²⁶KP ganancia proporcional de un controlador

²⁷KD ganancia derivativa

²⁸KI ganancia integral

- Registro automático y organizado de configuraciones con nombre, número incremental y fecha.
- Mecanismos de retorno automático al punto de origen en caso de pérdida de señal de telemetría.
- Mantenimiento del vector en vuelo estable si se pierde la señal GPS.
- Configuración de límites de movimiento de actuadores acorde a su recorrido mecánico.
- Establecimiento de límites máximos para parámetros como velocidad y ángulo de rolido.
- Restricción de cambios en la configuración una vez que el motor está en marcha.

13.2.2. Requerimientos No Funcionales (RNF²⁹)

Los requerimientos no funcionales establecen las condiciones bajo las cuales el sistema debe operar, sin definir directamente funciones específicas. Estos aspectos son esenciales para garantizar la usabilidad, eficiencia, mantenibilidad y confiabilidad del sistema, son restricciones de los sistemas que limitan la elección de alternativas.

A continuación, se presentan los requerimientos no funcionales definidos para el proyecto:

- La interfaz de usuario debe ser intuitiva y de fácil comprensión.
- El sistema debe funcionar en tiempo real, con mínima latencia.
- La aplicación debe ser portable entre plataformas (PC³⁰, móviles) en versiones adaptadas.
- Solo un usuario podrá realizar configuraciones al mismo tiempo, aunque otros puedan visualizar datos.
- Las actualizaciones del sistema serán esporádicas y deben ser simples de ejecutar.
- El almacenamiento de datos es crítico, por lo que se debe realizar localmente con opción de respaldo en la nube.

²⁹RNF – Requerimiento No Funcional, hace referencia a restricciones y cualidades del sistema

³⁰PC - Computadoras Personales

- El sistema debe registrar automáticamente todo cambio, incluyendo el usuario, fecha y hora.
- No se requiere soporte remoto ni diagnóstico a distancia.
- El sistema debe cumplir con las normativas técnicas aplicables al tipo de vector (aeronáutico, terrestre o naval).
- El sistema debe operar de manera autónoma, sin depender de bases de datos externas.
- Las ventanas del software deben crearse en un tiempo máximo de 50 ms.
- El diseño debe soportar ambientes hostiles y funcionar con eficiencia energética.
- Se prioriza un diseño modular que permita adaptarse a diferentes vectores.
- El sistema debe incluir tolerancia a fallos mediante mecanismos de seguridad como “watchdogs”³¹.
- La facilidad de mantenimiento debe estar garantizada mediante diagnóstico asistido.
- Se deben implementar controles de acceso seguros mediante autenticación por niveles.

13.3. Planificación

La planificación del trabajo en desarrollo, está planteada en base a los siguientes pasos:

- Adquisición de los autopilotos.
- Adquisición de los motores.
- Diseño, simulación y validación de las interfaces de conexión.
- Diseño y construcción del PCB.
- Desarrollo, testeo y verificación del firmware.
- Desarrollo, testeo, verificación y validación de la aplicación.
- Integración

³¹Watchdog mecanismo de monitoreo realizado mediante programación de software

13.3.1. Planificación de Tareas.

Los pasos anteriormente definidos conllevan a la necesidad de realizar variedad de tareas, las que serán divididas en tres etapas, cada una de ellas supone un plazo de ejecución de un semestre.

Tarea Etapa 1 (mes 1 a 6)	Tarea Etapa 2 (mes 6 a 12)	Tarea Etapa 3 (mes 13 a 18)
<p>1. Reunión Inicial del Proyecto. Presentación del proyecto y equipo de trabajo. Exposición de objetivos y metas. Identificación de áreas críticas.</p> <p>2. Conformación de Grupos de Trabajos. Formación de los grupos de trabajo, designación de roles.</p> <p>3. Selección de autopilotos. Análisis de los autopilotos en el mercado, generación de tabla de prestaciones y selección de autopilotos a adquirir.</p> <p>4. Selección de motores. Análisis de motores en el mercado, generación de tabla de prestaciones y selección de motores a</p>	<p>9. Análisis de las interfaces. Análisis de las distintas interfaces de los autopilotos, y niveles eléctricos de entrada / salida.</p> <p>10. Análisis de los parámetros de los motores. Análisis de los parámetros del motor para su control y correcto funcionamiento.</p> <p>11. Diseño de circuitos de interconexión. Diseño de los circuitos electrónicos para las conexiones entre las interfaces de los autopilotos y los sensores y/o señales de control de los motores.</p> <p>12. Simulación de los circuitos de interconexión.</p> <p>13. Construcción de</p>	<p>21. Obtención de los RF y RNF del firmware. Obtención de los requerimientos para el desarrollo del firmware.</p> <p>22. Obtención de los RF y RNF de la aplicación. Obtención de los requerimientos para el desarrollo de la aplicación.</p> <p>23. Obtención de los C.U.³² del firmware. Obtención de los casos de uso esenciales para el desarrollo del firmware.</p> <p>24. Obtención de los C.U. de la aplicación. Obtención de los casos de uso esenciales para el desarrollo del firmware.</p> <p>25. Análisis de los C.U. del firmware. Realizar el análisis y diagrama de secuencia de</p>

³² C.U. – Caso de Uso, descripción de una interacción entre un actor (usuario, dispositivo) y el sistema, que busca lograr un objetivo específico

<p>adquirir.</p> <p>5. Compra de autopilotos. Adquisición de los autopilotos seleccionados.</p> <p>6. Compra de motores. Adquisición de los motores seleccionados.</p> <p>7. Recepción de autopilotos. Recepción, testeo visual y funcional de los autopilotos adquiridos.</p> <p>8. Recepción de motores. Recepción y testeo visual de los motores adquiridos, y sus elementos adicionales.</p>	<p>circuitos electrónicos de laboratorio. Construcción de circuitos para la validación del funcionamiento y posibles mejoras.</p> <p>14. Diseño del PCB. Diseño del circuito de la placa general de interconexión.</p> <p>15. Compra de componentes electrónicos para el armado del PCB.</p> <p>16. Fabricación del PCB. Envío del diseño al fabricante de PCB, externo a la institución.</p> <p>17. Recepción del PCB. Recepción y testeo de la fabricación del PCB.</p> <p>18. Recepción de componentes electrónicos.</p> <p>19. Armado del PCB. Soldado de los componentes electrónicos sobre el PCB.</p> <p>20. Testeo ocular y funcional del PCB. Realizar una revisión ocular de las pistas y soldaduras, y el testeo funcional del mismo.</p>	<p>cada caso.</p> <p>26. Diseño de los C.U. del firmware. Modelar y diseñar cada caso de uso.</p> <p>27. Programación de los C.U. del firmware. Desarrollo del firmware, teniendo en cuenta los casos de uso y los requerimientos.</p> <p>28. Verificación y validación del firmware.</p> <p>29. Análisis de los C.U. de la aplicación. Realizar el análisis y diagrama de secuencia de cada caso.</p> <p>30. Diseño de los C.U. de la aplicación. Modelar y diseñar cada caso de uso.</p> <p>31. Programación de los C.U. de la aplicación. Desarrollo de la aplicación, teniendo en cuenta los casos de uso y los requerimientos.</p> <p>32. Verificación y validación de la aplicación.</p> <p>33. Integración del autopiloto, motor y PCB.</p>
--	--	--

		<p>Interconexión del autopiloto, motor y PCB.</p> <p>35. Ensayo de la integración.</p> <p>Realizar todos los ensayos pertinentes a los funcionamientos según requisitos.</p> <p>36. Verificación del desarrollo.</p> <p>Analizar los resultados y constatar la performance del mismo.</p> <p>37. Construcción prototipo final.</p> <p>38. Confección de documentación.</p> <p>Generar documentación (manual de uso, mantenimiento, conexión, etc).</p>
--	--	--

13.3.2. Hitos por Semestres

A continuación, describimos los hitos a alcanzar en cada semestre; asimismo definimos el producto y/o documentación entregable.

Hito Etapa 1 (mes 1 a 6)	Hito Etapa 2 (mes 6 a 12)	Hito Etapa 3 (mes 13 a 18)
<p>H1. Reunión inicial del proyecto. Definición de objetivos, metas, recursos e identificación de áreas críticas. Tópicos documentados en acta de reunión.</p> <p>H2. Conformación de grupos de trabajos. Definición de roles y responsabilidades. Tópicos documentados en planilla de integrantes.</p> <p>H3. Revisión Técnica Inicial (ITR). Análisis de prestaciones de los autopilotos y motores. Especificaciones de fabricación e integración con la documentación técnica asociada.</p> <p>H4. Disponibilidad de los autopilotos y motores. Tener la disponibilidad de los motores y autopilotos en las instalaciones de la institución, como también, toda la documentación inherente a ellos.</p>	<p>H5. Diseño de los circuitos acondicionadores de señales. Listado de componentes, criterios de diseño y planos de circuitos, con los informes de simulación.</p> <p>H6. Diseño y construcción del PCB. Diagramas de sistemas, criterios de diseño y planos de circuitos.</p> <p>H7. Ensayos preliminares del PCB.</p>	<p>H8. Obtención de los RF y los RNF. Obtención de los requerimientos funcionales y no funcionales del firmware y de la aplicación. Tablas constructivas de las solicitudes adquiridas.</p> <p>H9. Obtención de los CU. Obtención de los casos de uso del firmware y de la aplicación. Tablas constructivas, diagramas y vista de los casos de uso esenciales.</p> <p>H10. Programación, testeo y validación del firmware del PCB. Informes técnicos asociados.</p> <p>H11. Programación, testeo y validación de la aplicación de la interfaz de conexión. Informes técnicos asociados.</p> <p>H12. Construcción del primer prototipo.</p> <p>H13. Testeo, verificación y validación del prototipo.</p> <p>H14 Construcción de la interfaz de conexionado.</p>

13.3.3. Tablero de Control

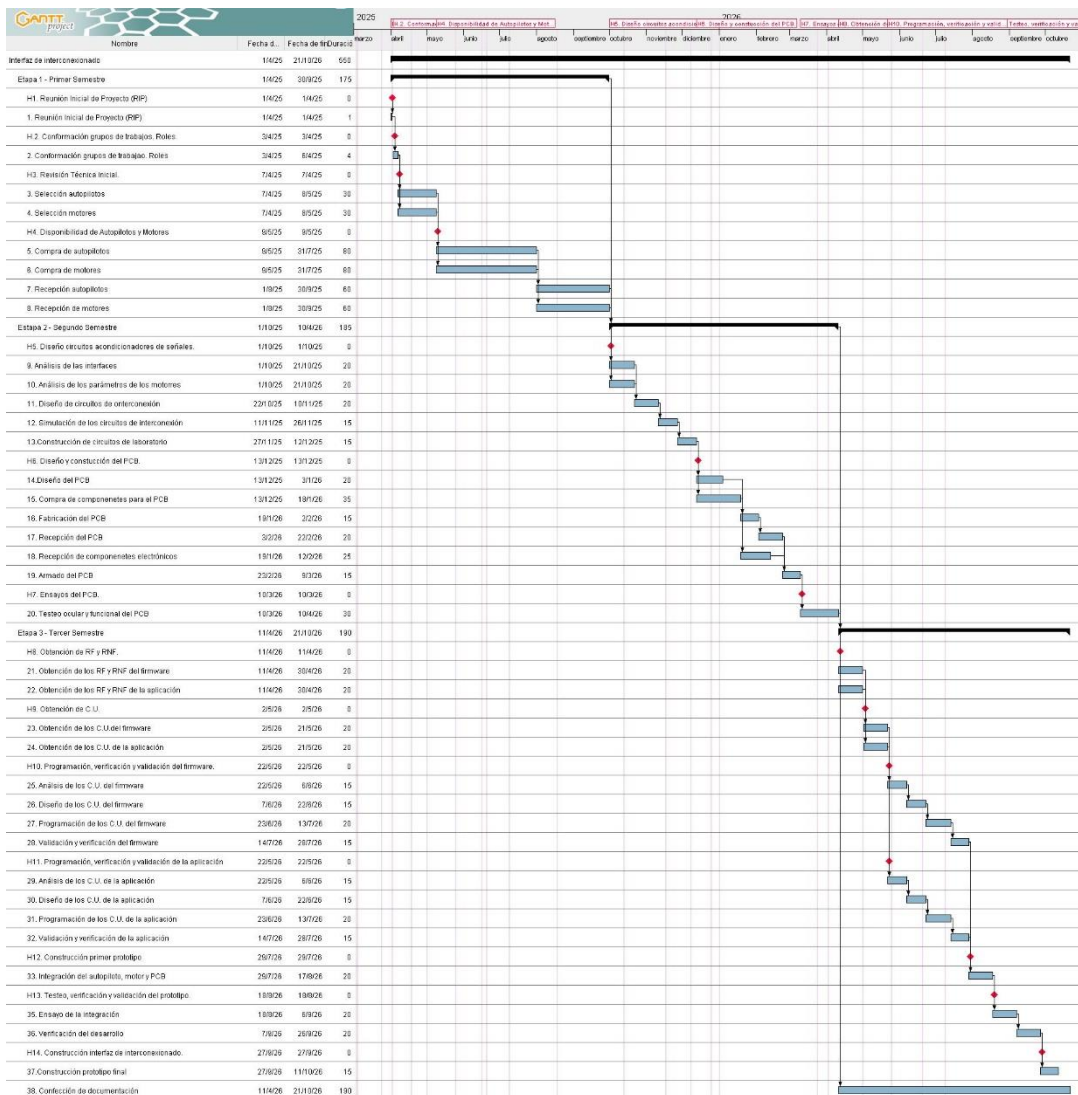
Este tablero nos permitirá monitorear el avance del proyecto.

Objetivos Específicos	Metas	Indicadores	Actividades	Responsables	Tiempo asignado
Adquirir autopilotos y motores.	Adquirir los autopilotos y motores referentes en el mercado.	Variación de costes	<ul style="list-style-type: none"> - Solicitar presupuestos. - Analizar presupuestos. - Definir proveedores. - Registrar compras y gastos. - Asentar variaciones de costes. 	Director y Codirector del proyecto	1 mes
		Atraso en el cronograma	<ul style="list-style-type: none"> - Confeccionar un cronograma de actividades. - Asignar recursos disponibles a cada actividad. - Registrar fecha de finalización de cada actividad ejecutada. - Comparar fecha de finalización de cada actividad. 	Jefatura de la DGIyD – FAA y jefes de departamentos.	1 mes
		Porcentaje de ejecución	<ul style="list-style-type: none"> - Cuantificar actividades realizadas. - Calcular porcentaje de ejecución del cronograma. 	Jefatura de la DGIyD – FAA y jefes de departamentos del CIA.	1 mes
		Adquirir materiales.	<ul style="list-style-type: none"> - Asentar compra de materiales. - Registrar recepción de materiales. - Registrar fondos asignados. - Registrar pagos a proveedores. - Calcular porcentaje facturado. 	Director y Codirector del proyecto	3 meses
Diseño y construcción del PCB.	Diseño, análisis y simulación de los circuitos acondicionados de	Indicador de productividad	<ul style="list-style-type: none"> - Tasa de trabajo. - Tasa de absentismo. - Cuantificar cantidad de circuitos. - Cuantificar cantidad y tipo de 	Jefes de departamentos del CIA	2 meses

	señales. Construcción del PCB.		componentes. - Calcular avance de construcción.		
		Indicador de efectividad	- Confeccionar un cronograma de actividades. - Registrar fecha de finalización de cada actividad ejecutada. - Comparar fecha de finalización de cada actividad. - Calcular porcentaje de circuitos ejecutados.	El total de los integrantes del proyecto	2 meses
		Indicación de calidad	- Cuantificar actividades realizadas. - Calcular porcentaje de ejecución del cronograma.	Personal especializado del CIA.	2 meses
Construcción de la interfaz de conexión.	Programación del firmware y la aplicación, para el funcionamiento de la interfaz de conexionado.	Avance del proyecto	- Calcular el porcentaje de avance en el prototipo. - Calcular el porcentaje de avance del firmware. - Calcular el porcentaje de avance de la aplicación. - Calcular avance.	Personal especializado del CIA.	3 meses
		Estimación de fecha final	- Calcular cantidad de ensayos posibles. - Diseñar programa de ensayos. - Asignar recursos disponibles. - Estimar fecha de finalización de ensayos.	Personal especializado del CIA.	1 meses
		Cantidad de reclamaciones de validación.	- Cuantificar importancia de los ensayos. - Cuantificar ensayos ejecutados. - Analizar los resultados obtenidos en cada ensayo. - Asignar nivel de	Personal especializado del CIA.	2 mes

			<p>importancia según resultados obtenidos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cuantificar ensayos malogrados. - Registrar ensayos malogrados. - Calcular porcentaje de ensayos no resultos. 	
--	--	--	--	--

13.3.4. Cronograma



13.4. Presupuesto

El siguiente presupuesto está expresado en la moneda estadounidense (USD) y muestra un cálculo aproximado del costo para el desarrollo del proyecto.

Rubros	Costo 1^{er} semestre	Costo 2^{do} semestre	Costo 3^{er} semestre
Insumos	1.000	3.000	1.000
Equipamiento	40.000	10.000	1.000
Servicios tercerizados	2.000	2.000	1.000
Contratación de pasantes	18.000	18.000	18.000
Viajes y viáticos	6.000	3.000	1.000
Ensayos funcionales	0	1.000	3.000
Total	66.000	37.000	25.000

13.5. Análisis de Riesgos

Las dificultades previstas son las siguientes:

Dificultades técnicas:

- 1) Rediseño y construcción del circuito de interface del autopiloto: riesgo elevado debido a la necesidad de rediseñar todo el sistema, aumentando los costos y retrasando los tiempos del desarrollo.
- 2) Vida útil de los componentes de los circuitos: riesgo bajo.
- 3) Adquisición de elementos autopilotos y motores en el exterior: riesgo alto, debido a la problemática de importación que suelen existir en el país, y las demoras en los tiempos de entrega.

Dificultades de financiamiento:

- 1) Demoras en la provisión de fondos: todo corrimiento de actividades debido a retrasos en el flujo de fondos se traduce automáticamente en la pérdida de la oportunidad de integración de los subsistemas.

2) Normas administrativas/contables excesivamente rígidas: dificultad de gran criticidad y de similar incidencia a la anterior, en el cumplimiento de los plazos técnicos del proyecto. Dada la complejidad técnica del proyecto propuesto y los rígidos plazos asociados, la introducción en el desarrollo del mismo de normas administrativas o contables que no contribuyen a la resolución de los inevitables problemas técnicos que se presentan, sólo pueden generar nuevos problemas de naturaleza no técnica, cuya resolución involucra corrimientos de plazos.

3) Corrida cambiaria (inestabilidad del valor del dólar).

Dificultades Institucionales:

1) Discontinuidad en políticas de I+D: puede darse tanto a nivel de las unidades ejecutoras, como al máximo nivel gubernamental. Esta “falla” es una constante estructural en Argentina y su incidencia en la obtención de objetivos como los propuestos en este proyecto es de suma gravedad.

Los efectos, cuando se producen al menor nivel, pueden ser mitigados mediante la adecuada formalización de convenios con las instituciones que pueden aportar personal, instalaciones y equipos para la realización de este proyecto, destinados a asegurar la disponibilidad de tales recursos independientemente de las contingencias específicas en cada una de ellas.

Incidencias en el medioambiente

No se esperan impactos apreciables durante las fases de diseño, fabricación, ensamblaje e integración de componentes, conjuntos, subsistemas o sistemas.

Respecto al impacto ambiental local (área próxima al lugar de ensayo), existen previsiones sobre las condiciones de Higiene y Seguridad Industrial de los locales de trabajo ubicados en instalaciones que cuentan con canalizaciones de volátiles hacia el exterior de los mismos.

14. Conclusiones

El presente trabajo ha logrado cumplir con los objetivos propuestos al inicio del proyecto, diseñando y desarrollando una plataforma embebida capaz de facilitar la interconexión entre distintos tipos de sistemas autopilotos y motores de combustión interna, sin necesidad de modificar las configuraciones propias de los UAV. Esta solución tecnológica surge como respuesta a una necesidad concreta del Centro de Investigaciones Aplicadas (CIA), dentro de la Dirección General de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Argentina, y se enmarca en un contexto de creciente demanda por sistemas autónomos versátiles, eficientes y de desarrollo nacional.

A lo largo del desarrollo, se abordaron integralmente aspectos técnicos, teóricos y metodológicos vinculados a la ingeniería electrónica, mecánica, aeronáutica y de sistemas, integrando conocimientos y recursos interdisciplinarios. La planificación por etapas permitió una gestión ordenada y eficiente del proyecto, mitigando riesgos y optimizando recursos humanos, materiales y financieros.

La implementación del sistema propuesto permite resolver las dificultades recurrentes derivadas de la dependencia de autopilotos y componentes importados, los cuales frecuentemente presentan demoras, cambios de versiones o discontinuidades. La solución desarrollada no solo resuelve una problemática técnica-operativa local, sino que también abre oportunidades de innovación tecnológica y de potencial comercialización en el mercado nacional.

Este trabajo representa un avance significativo en la autonomía tecnológica del país en el campo de los sistemas aéreos remotamente tripulados, contribuyendo a fortalecer las capacidades del sistema de defensa nacional. Asimismo, se reafirma la importancia de la vinculación entre instituciones de investigación, organismos del Estado y profesionales especializados para lograr desarrollos de alto impacto.

Finalmente, cabe destacar que la plataforma desarrollada no constituye un punto final, sino una base sólida para futuras mejoras, escalabilidad y adaptaciones a otros sistemas o vectores, consolidando así un proceso continuo de innovación y desarrollo tecnológico.

15. Bibliografía

Libro:

- Bear R. & McLain T., 2012, “Small Unmanned Aircraft: Theory and Practice”, Princeton University Press, ISBN-10: 0691149216, ISBN-13: 978-0691149219.
- Dascalakis J. & Escudero J., “Teoría de Señales”, IES Siglo 21, ISBN-10: 987-600-041-1, ISBN-13: 978-978-600-041-3.
- Dawoud S. & Dawoud P., 2020, “Serial Communication Protocol and Standards RS232/485”, River Publishers, ISBN-10:8770221545, ISBN-13:978-8770221542.
- Di Natale M., Haibo Z., Giusto P. & Ghosal A., 2012, “Understanding and Using the Controller Area Network Communication Protocol”, Springer, ISBN-13: 978-1461403142.
- Hernandez A., 2013, “Arquitectura mecánica del motor de combustión interna”, ECCI, ISBN-10:958881747197, ISBN-13: 95888174719588.
- Payri F., 2011, “Motores de Combustión Interna Alternativos”, Reverte, ISBN: 09788429148022.

Informe Técnico:

- Escudero J., 2022, “Configuración autopiloto PixHawk”.
- Escudero J., 2022, “Factibilidad de Integración del autopiloto PixHawk al vector volador Aukan”.
- Escudero J., 2021, “Modificación Potencia Salida RF de Autopiloto Veronte 4”.
- Escudero J., 2021, “Estado de Recepción de los Autopilotos Veronte 4 (Serie 1439 y Serie 1457).”.
- Escudero J., 2020, “Procedimiento Puesta en Marcha del Motor HKS en Banco de Prueba.”.
- Escudero J., 2020, “Configuración autopiloto Veronte 4”.
- Escudero J., 2018, “Configuración Extra en PIPE”.
- Escudero J., 2018, “Automatización de las Fases de Vuelo”.
- Escudero J., 2018, “Potencia de Salida Veronte”.

- Escudero J., 2017, “Configuración autopiloto Veronte 3”.
- Escudero J., 2015, “Ensayo Interrupción Energía Eléctrica”.
- Escudero J., 2015, “Estructura General del Cableado - Vigía”.
- Escudero J., 2015, “Configuración autopiloto Piccolo II”.
- Escudero J., 2014, “Sistema de interconexión entre pilotos automáticos y motores de combustión interna”.
- Hoffmann M. & Escudero J., 2016, “Ensayo de Carga de Alerones - Vigía”.
- Martínez Requena A., 2017, “Introducción a CAN bus: Descripción, ejemplos y aplicaciones de tiempo real”, Universidad Politécnica de Madrid.
- Lizarraga M., Curry R. & Elkain G., 2011, “Reprogrammable UAV Autopilot System”.
- Yacoub M., 2018, “Development of Engine-Autopilot interface circuits for AUVS”.

Página web:

- Cloud Cap Technology, Piccolo II User Manual, url: <https://www.crunchbase.com/organization/cloud-cap-technology/technology>.
- Embention, Autopilot 4x Hardware Manual, url: <https://manuals.embention.com/4x/en/latest/index.html>.
- Fujinomiya K., 2006, “HKS 700e Service Manual”, url: http://www.hks-power.co.jp/hks_aviation/.
- Guía del usuario piloto automático PX4, url: https://docs.px4-io.translate.google.com/main/en/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=t&_x_tr_hist=true.
- Rotax Racing, url: <https://www.rotax-racing.com/manuals>.

16. Anexo I – Plantilla modelo definición de proceso

Proceso: Adquisición de Autopilotos		
Objetivo	Adquirir los autopilotos Piccolo II, Veronte 4, Pixhawk 6	
Cliente del Proceso	Acondicionador de señales	
Producto del Proceso	Autopiloto Piccolo II, Veronte 4, Pixhawk 6	
Proveedores del proceso e insumos que brinda cada uno	Proveedor	Insumo
	Cloud Cap Technology	Autopiloto, manual del usuario, software, factura, remito.
	Embention	Autopiloto, manual del usuario, software, factura, remito.
	Holybro	Autopiloto, manual del usuario, software, factura, remito.
Recursos del proceso	Personal especializado en aeronáutica, electrónica e informática	
Formularios, registros e información del proceso	Formularios	Registros e información
	Confección de señales de salida	No aplica
	Informe de especificaciones técnicas	
	Informe técnico de conexionado	
	Planilla de variables	
Reglas del Proceso	Establecer un procedimiento según normativa para la configuración de los autopilotos.	
Restricciones	No aplica	
Listado de actividades del proceso	<ol style="list-style-type: none"> 1. Buscar contacto del representante zonal de las empresas. 2. Solicitar entrevista con representantes. 3. Solicitar presupuesto y tiempo de entrega del producto. 4. Realiza informe y enviar a la superioridad. 5. Elaborar solicitud formal a las empresas de los productos necesarios. 6. Enviar factura al ente financiero, para su ejecución. 7. Enviar comprobante de pago a la empresa proveedora. 8. Recibido el material, leer manual de uso. 9. Efectuar informe de especificaciones técnicas. 10. Diagramar conexionado. 11. Realizar informe de conexionado estándar. 12. Crear planilla de variables necesarias. <p>[Excepciones]</p> <ol style="list-style-type: none"> 6.1. Ente financiero no acepta el monto. 8.1. No se establece la recepción del material proveniente de la empresa. 	
Observaciones		

Proceso: Adquisición de Motores		
Objetivo	Adquirir los motores HKS 700E, Rotax 915, 3W 2T	
Cliente del Proceso	Acondicionador de señales	
Producto del Proceso	HKS 700E, Rotax 915, 3W Modellmotoren	
Proveedores del proceso e insumos que brinda cada uno	Proveedor	Insumo
	HKS	Motor, manual del usuario, ECU, factura, remito.
	BRP-Rotax GmbH & Co KG	Motor, manual del usuario, ECU, factura, remito.
	Motorenund Flugmodelle	Motor, manual del usuario, factura, remito.
Recursos del proceso	Personal especializado en mecánica, aeronáutica, electrónica e informática	
Formularios, registros e información del proceso	Formularios	Registros e información
	Confección de señales de salida	No aplica
	Informe de especificaciones técnicas	
	Informe técnico de conexionado	
	Planilla de rangos de valores de operación.	
Reglas del Proceso	Establecer un procedimiento según normativa para la instalación, puesta en marcha y rango de valores de operación.	
Restricciones	No sobrepasar valores de rango de operación.	
Listado de actividades del proceso	<ol style="list-style-type: none"> 1. Buscar contacto del representante zonal de las empresas. 2. Solicitar entrevista con representantes. 3. Solicitar presupuesto y tiempo de entrega del producto. 4. Realiza informe y enviar a la superioridad. 5. Elaborar solicitud formal a las empresas de los productos necesarios. 6. Enviar factura al ente financiero, para su ejecución. 7. Enviar comprobante de pago a la empresa proveedora. 8. Recibido el material, leer manual de uso. 9. Efectuar informe de especificaciones técnicas. 10. Diagramar conexionado. 11. Realizar informe de conexionado estándar. 12. Crear planilla de rangos de valores de operación. <p>[Excepciones]</p> <ol style="list-style-type: none"> 6.1. Ente financiero no acepta el monto. 8.1. No se establece la recepción del material proveniente de la empresa. 	
Observaciones		

Proceso: Acondicionador de Señales		
Objetivo	Diseñar el circuito necesario para cada señal de datos que deba ser testeada o manipulada; tanto de los autopilotos como los motores.	
Cliente del Proceso	Diseño y construcción del PCB	
Producto del Proceso	Circuito acondicionador de señales.	
Proveedores del proceso e insumos que brinda cada uno	Proveedor	Insumo
	Autopilotos	Listado de señales de salida. Informe de especificaciones técnicas. Informe técnico de conexionado. Planilla de variables.
	Motores	Listado de señales de salida. Informe de especificaciones técnicas. Informe técnico de conexionado. Planilla rango de valores.
Recursos del proceso	Personal especializado en electrónica.	
Formularios, registros e información del proceso	Formularios	Registros e información
	Informe técnico de conexionado	Listado de insumos necesarios.
	Informe de especificaciones técnicas.	Listado de posibles proveedores.
	Listado de componentes necesarios. Listado de circuitos, para cada variable sensible.	Presupuesto de insumos.
Reglas del Proceso	Establecer un procedimiento según normativa para la interconexión de motores y autopilotos.	
Restricciones	Listado de valores de variables sensibles.	
Listado de actividades del proceso	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar un listado de las variables o parámetros a controlar. 2. Establecer el rango de valor de trabajo, de cada parámetro. 3. Realizar un listado de las señales disponibles en los autopilotos. 4. Establecer rango de valores de señal de entrada. 5. Establecer una concordancia entre cada variable con su estrada correspondiente. 6. Realizar un listado de variables y entradas. 7. Diseñar circuitos de acondicionamientos de señal, para las variables que así lo requieran. 8. Simular cada uno de los circuitos diseñados. 9. Listar componentes necesarios para armar los circuitos diseñados y simulados. 10. Solicitar presupuesto a los posibles proveedores. 11. Enviar presupuesto al área de compras. <p>[Excepciones]</p> <ol style="list-style-type: none"> 10.1. No se reciben presupuestos. 	
Observaciones		

Proceso: Diseño y construcción del PCB		
Objetivo	Diseñar el circuito electrónico y construir la placa electrónica donde podrán conectarse cada una de las variables sensadas o comandadas, con las respectivas entradas del autopiloto.	
Cliente del Proceso	Desarrollo del Firmware (software procesador)	
Producto del Proceso	Placa electrónica (PCB).	
Proveedores del proceso e insumos que brinda cada uno	Proveedor	Insumo
	Acondicionador de señales Motores	Listado de variables sensibles. Listado de componentes. Listado de circuitos simulados, para cada variable.
Recursos del proceso	Personal especializado en electrónica.	
Formularios, registros e información del proceso	Formularios	Registros e información
	Informe técnico de conexionado	Listado de insumos necesarios.
	Informe de especificaciones técnicas.	Listado de posibles proveedores.
	Listado de componentes necesarios.	Presupuesto de insumos.
Reglas del Proceso	Establecer reglas según normativa, para el diseño y la construcción del circuito impreso.	
Restricciones	No aplica.	
Listado de actividades del proceso	<ol style="list-style-type: none"> 1. Esquematizar todos los circuitos intervinientes en el PCB. 2. Establecer la cantidad de capas necesarias, para satisfacer el circuito. 3. Solicitar la compra de los elementos necesarios. 4. Diseñar el circuito impreso. 5. Testear el diseño del circuito impreso. 6. Construir el circuito impreso. 7. Testear la construcción del circuito impreso. 8. Soldar todos los componentes en el circuito impreso. 9. Testar que no exista corto circuito, en algún sector del circuito impreso. 10. Testear el funcionamiento de cada sector del circuito impreso. <p>[Excepciones]</p> <ol style="list-style-type: none"> 3.1. No se reciben la totalidad de los componentes solicitados. 	
Observaciones	Se deberá construir un prototipo para realizar ensayos de destrucción.	

Proceso: Desarrollo del Firmware (software procesador)		
Objetivo	Diseñar el software necesario para realizar el procesamiento de las variables (según necesidad) y las transformaciones de rangos o formatos, para el adecuado funcionamiento.	
Cliente del Proceso	Integración	
Producto del Proceso	Software interno del procesador.	
Proveedores del proceso e insumos que brinda cada uno	Proveedor	Insumo
	Diseño y Adquisición del PCB	Listado de señales de salida. Informe de especificaciones técnicas. Informe técnico de conexionado. Planilla de variables. Rangos de las variables. Protocolos de comunicación.
Recursos del proceso	Personal especializado en electrónica, informática y aeronáutica.	
Formularios, registros e información del proceso	Formularios	Registros e información
	Informe técnico de conexionado	No aplica.
	Informe de especificaciones técnicas.	
	Listado de variables.	
Reglas del Proceso	Realizar el software según normativas internacionales de desarrollo.	
Restricciones	No aplica.	
Listado de actividades del proceso	1. [Excepciones] .	
Observaciones		

Proceso: Desarrollo de la Aplicación (software del usuario)		
Objetivo	Diseñar el software necesario para realizar el procesamiento de las variables (según necesidad) y las transformaciones de rangos o formatos, para el adecuado funcionamiento.	
Cliente del Proceso	Integración	
Producto del Proceso	Software interno del procesador.	
Proveedores del proceso e insumos que brinda cada uno	Proveedor	Insumo
	Diseño y construcción del PCB	Listado de señales de salida. Informe de especificaciones técnicas. Informe técnico de conexionado. Planilla de variables. Rangos de las variables. Protocolos de comunicación.
Recursos del proceso	Personal especializado en electrónica, informática y aeronáutica.	
Formularios, registros e información del proceso	Formularios	Registros e información
	Informe técnico de conexionado	No aplica.
	Informe de especificaciones técnicas.	
	Listado de variables.	
Reglas del Proceso	Realizar el software según normativas internacionales de desarrollo.	
Restricciones	No aplica.	
Listado de actividades del proceso	1. [Excepciones] .	
Observaciones		

Proceso: Integración		
Objetivo	Diseñar el software necesario para realizar el procesamiento de las variables (según necesidad) y las transformaciones de rangos o formatos, para el adecuado funcionamiento.	
Cliente del Proceso	Integración	
Producto del Proceso	Software interno del procesador.	
Proveedores del proceso e insumos que brinda cada uno	Proveedor	Insumo
	Diseño y construcción del PCB	Listado de señales de salida. Informe de especificaciones técnicas. Informe técnico de conexionado. Planilla de variables. Rangos de las variables. Protocolos de comunicación.
Recursos del proceso	Personal especializado en electrónica, informática y aeronáutica.	
Formularios, registros e información del proceso	Formularios	Registros e información
	Informe técnico de conexionado	No aplica.
	Informe de especificaciones técnicas.	
	Listado de variables.	
Reglas del Proceso	Realizar el software según normativas internacionales de desarrollo.	
Restricciones	No aplica.	
Listado de actividades del proceso	1. [Excepciones] .	
Observaciones		