



**UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO NAVAL**

**APLICACIÓN INFORMÁTICA PARA LA
ADQUISICIÓN DE DATOS EN SISTEMAS BASADOS
EN LA TELEMETRÍA**

**TESIS PRESENTADA EN OPCIÓN AL TÍTULO ACADÉMICO DE MÁSTER EN
INFORMÁTICA AVANZADA**

AUTORA

Ing. Yohana García Morales

TUTORES

Dr.C. Jorge Martín Ferrer

Dr.C. Alcides Cabrera Campos

La Habana

2017

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA

Por este medio declaro que yo Yohana García Morales, con carné de identidad 88083006332, soy la autora principal del resultado que expongo en la presente investigación titulada “Aplicación informática para la adquisición de datos en sistemas basados en la telemetría”, para optar por el título de Máster en Informática Avanzada.

Autorizo a la Universidad de las Ciencias Informáticas a hacer uso de la misma en su beneficio, así como los derechos patrimoniales con carácter exclusivo.

Finalmente declaro que todo lo anteriormente expuesto se ajusta a la verdad y asumo la responsabilidad moral y jurídica que se derive de este juramento profesional. Y para que así conste, firmo la presente declaración jurada de autoría en La Habana a los ____ días del mes de _____ del año 2017.

Firma del Autor

DEDICATORIA

A mis padres

Mi bebé

Esposo

Familia

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por su apoyo incondicional durante todos los años de mi vida.

A mi esposo por su ímpetu de ser cada día mejores y darme lo más bello que tengo en la vida, mi bebé.

A mis compañeros de trabajo por la ayuda prestada y tantas horas dedicadas al desarrollo de esta investigación.

A Yailin por su incansable e inigualable amistad.

A los profe de la maestría, en especial a Febles y Alcides, gracias por el apoyo y confiar.

SÍNTESIS

Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones están involucradas en todas las áreas del conocimiento y es por ello que en base a estas, los países pueden mejorar sus procesos desde cualquier perspectiva. Una aplicación interesante de estas tecnologías para mejorar la cadena productiva es la telemetría, utilizada en diversos procesos industriales aplicando tecnologías inalámbricas, compuesta por ayudantes analógicos y digitales que permiten al usuario tener en sus manos el procesamiento de datos. Debido a la necesidad de contar con un sistema que cumpliera las exigencias planteadas por el cliente, se propone en la presente investigación, el desarrollo de una aplicación informática que permita la adquisición segura y fiable de los datos generados por sistemas basados en la telemetría, el control de la información generada por el hardware en tiempo real, así como la simulación y almacenamiento de todos los parámetros, su representación y comportamiento en gráfico. A través de la entrevista, medición y otros materiales y métodos de la investigación, se pudieron obtener los objetivos propuestos y la contribución a la validación de la misma. Para su desarrollo se utilizó el entorno de desarrollo integrado Visual Studio 6 bajo la metodología de desarrollo ágil SXP. Se pudo comprobar la satisfacción del cliente mediante el escalamiento de Likert y la Técnica V. A. Iadov, realizando una triangulación metodológica para garantizar la confiabilidad de los resultados alcanzados en la investigación.

Palabras claves: telemetría, sistema de adquisición de datos, seguridad y fiabilidad de la información.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	8
1.1 TELEMETRÍA	8
1.2 ORÍGENES.....	9
1.3 SISTEMAS DE TELEMETRÍA Y COMPONENTES.....	12
1.4 CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES DE LOS SISTEMAS DE TELEMETRÍA	13
1.5 MODOS DE TRANSMISIÓN DE LA INFORMACIÓN	14
Transmisión Paralela	14
Transmisión en Serie.....	14
1.6 PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN.....	14
RS-485.....	14
RS-232.....	14
1.7 COMUNICACIÓN INALÁMBRICA	15
1.8 PROGRAMACIÓN PARALELA.....	16
1.9 METODOLOGÍA Y SOFTWARE UTILIZADOS PARA EL DESARROLLO DE LA APLICACIÓN .	17
Metodología de desarrollo SXP	17
Entorno de desarrollo integrado (IDE) Visual Studio 6	19

Lenguaje de programación C y C++	19
Visual Paradigm.....	20
1.10 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO	21
CAPÍTULO II CARACTERÍSTICAS DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA	22
2.1 ESTRUCTURA GENERAL DEL SISTEMA.....	22
2.1.1 Esquema funcional	23
Sensores	24
Transceptor	25
Amplificador.....	25
Antena transmisora/receptora	25
Computadora portátil	25
2.2 DESARROLLO DE LA APLICACIÓN	26
2.2.1Requisitos no funcionales	26
Usabilidad	26
Fiabilidad.....	26
Eficiencia.....	27
Soporte.....	27
Requisitos para la documentación de usuarios y ayuda del módulo	27

Interfaz	27
Requisitos Legales, de Derecho de Autor y otros	28
2.2.2 Características de la aplicación: “Sistema de Control Autopiloto”	29
Primera versión	29
Segunda versión.....	30
2.2.2.1 Sistema de Control Autopiloto	31
Descripción de las historias de usuario	31
Control de Autopiloto en Línea	32
Simulación parámetros Autopiloto.....	36
2.2.3 Almacenamiento de la información	39
2.3 SEGURIDAD DEL SISTEMA	40
2.3.1 Procesamiento de las tramas	42
2.4 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO.....	43
CAPÍTULO III RESULTADOS Y VALIDACIÓN.....	44
3.1 PRUEBAS Y RESULTADOS EXPERIMENTALES	44
3.1.1 Pruebas y resultados en laboratorio	44
3.1.2 Pruebas y resultados en campo	47
3.2 BENEFICIOS E IMPACTO ECONÓMICO-SOCIAL	49

3.3 COLABORACIÓN CON OTROS CENTROS DE INVESTIGACIÓN (PRESTACIÓN DE SERVICIOS)	50
3.4 VALIDACIÓN DE LA SOLUCIÓN	50
3.4.1 Escalamiento de Likert.....	51
3.4.2 Técnica V. A. Iadov.....	53
3.4.3 Triangulación metodológica	56
3.5 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO.....	57
CONCLUSIONES GENERALES	58
RECOMENDACIONES	59
BIBLIOGRAFÍA	60
ANEXOS	67

ÍNDICE DE FIGURAS

FIG.1.1 ELEMENTOS QUE COMPONEN UN SISTEMA DE TELEMETRÍA (RUBIO OCHOA, GONZÁLEZ DUARTE, CARDONA SOTO, SEÁÑEZ HERNÁNDEZ, & AGUIRRE FERNÁNDEZ, 2014).....	13
FIG.1. 2 ILUSTRACIÓN DEL CONECTOR DB9 PARA PUERTO SERIE, A) CONECTOR MACHO, B) CONECTOR HEMBRA QUE SE ENCUENTRA EN LA PC, CON LAS RESPECTIVAS SEÑALES QUE TRABAJAN LOS PINES. FUENTE: HTTP://WWW.SCNT01426.PWP.BLUEYONDER.CO.UK/ARTICLES/RS-232/KENWOOD.HTM, 2001.	15
FIG. 2. 1 ESQUEMA FUNCIONAL DEL SISTEMA EN GENERAL (ELABORACIÓN PROPIA).	23
FIG. 2. 2 COMPOSICIÓN INTERNA DE LA UNIDAD DE MEDICIÓN INERCIAL.	24
FIG. 2. 3 DIAGRAMA DE CLASES DE LA APLICACIÓN.....	28
FIG. 2. 4 PRIMERA VERSIÓN DE LA APLICACIÓN.	30
FIG. 2. 5 INTERFAZ PRINCIPAL DEL SISTEMA.....	31
FIG. 2. 6 SISTEMA DE COORDENADAS DE LA UNIDAD DE MEDICIÓN INERCIAL EMPLEADA. ..	33
FIG. 2. 7 MÓDULO CONTROL DE AUTOPILOTO EN LÍNEA.	34
FIG. 2. 8 ALGORITMO DE ADQUISICIÓN DE DATOS.....	35
FIG. 2. 9 INTERFAZ PARA SELECCIONAR LAS VARIABLES A VISUALIZAR EN GRÁFICO.	37
FIG. 2. 10 INTERFAZ DE GRÁFICOS.	38
FIG. 2. 11 INTERFAZ SIMULACIÓN PARÁMETROS AUTOPILOTO.....	38

FIG. 2. 12 ALGORITMO DE SIMULACIÓN DE DATOS.....	39
FIG. 2. 13 CÓDIGO FUENTE PARA ALMACENAR LA INFORMACIÓN.....	40
FIG. 2. 14 CÓDIGO FUENTE QUE COMPRUEBA LA SEGURIDAD DE LA INFORMACIÓN AL INICIAR LA LECTURA.....	41
FIG. 2. 15 CÓDIGO FUENTE QUE COMPRUEBA LA INTEGRIDAD DE LOS DATOS GUARDADOS.	42
FIG. 3. 1 SEÑAL ADQUIRIDA POR LA APLICACIÓN DONDE SE OBSERVA LA VARIABLE DE ENTRADA (VELOCIDAD ANGULAR) Y LA VARIABLE DE SALIDA (INCLINACIÓN DEL TIMÓN), CON PRESENCIA DE SATURACIÓN.....	46
FIG. 3. 2 SEÑAL ADQUIRIDA POR LA APLICACIÓN DONDE SE OBSERVA LA VARIABLE DE ENTRADA (ACELERACIÓN NORMAL) Y LA VARIABLE DE SALIDA (INCLINACIÓN DEL TIMÓN).	47
FIG. 3. 3 PC 1 CON APLICACIÓN A 1 KM DE DISTANCIA.....	48
FIG. 3. 4 PC 2 CON APLICACIÓN A MÁS MENOS 3 KM DE DISTANCIA.....	49
FIG. 3. 5 SINCRONIZACIÓN DE AMBAS PC. ROJO PC 2, AZUL PC 1.....	49
FIG. 3. 6 RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LA ESCALA DE LIKERT EN %.....	52
FIG. 3. 7 CUADRO LÓGICO DE IADOV.....	54
FIG. 3. 8 RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE IADOV.....	55

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1-1 COMPARACIÓN DE SISTEMAS TELEMÉTRICOS EN CUANTO A COSTO, SEGURIDAD Y ACCESO A CÓDIGO FUENTE (ELABORACIÓN PROPIA)	11
TABLA 2-1 HISTORIA DE USUARIO CONTROL DE AUTOPILOTO (AP) EN LÍNEA.....	32
TABLA 2-2 HISTORIA DE USUARIO SIMULACIÓN DE PARÁMETROS DEL AUTOPILOTO.....	36
TABLA 3-1 RESUMEN DE LA TRIANGULACIÓN DE MÉTODOS.	56

INTRODUCCIÓN

La tecnología y las comunicaciones avanzan paralelamente a pasos inmensos cada día, logrando un alto grado de desarrollo. Cada avance protagoniza múltiples actividades del ser humano: en la educación, la industria, el comercio, las finanzas, la investigación, apoyado todo ello por la informática, que como eslabón fundamental, crece con un acelerado ritmo de desarrollo, por lo que hoy, conocer la tecnología y utilizarla no constituye privilegio alguno, por el contrario, es una necesidad. Su uso es un factor determinante en los niveles de eficiencia y competitividad, tanto en empresas como en las personas (Alonso, 2010).

Con la evolución de las tecnologías asociadas a la información, la sociedad está cada día más conectada electrónicamente. Labores que tradicionalmente eran realizadas por seres humanos ahora son realizadas utilizando Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), por ser este un conjunto de servicios, redes, software y dispositivos que tienen como fin, la mejora de la calidad de vida de las personas dentro de un entorno, y que se integran a un sistema de información interconectado y complementario, logrando obtener los recursos necesarios con vista a almacenar, proteger y manipular la información (Katz, 2009).

La automatización de los procesos en el mundo, condicionan la necesidad de contar con un sistema que permita la recolección de las métricas y la visualización de éstas en una interfaz de monitoreo. La recolección de la información, el seguimiento del curso de las métricas para detectar posibles anomalías y su visualización gráfica, constituyen un aspecto importante para cualquier proceso (Colectivo de autores, 2014). La posibilidad de obtener la persistencia y el análisis en tiempo real de los valores acumulados, a través de gráficos y tablas, para lograr la toma rápida de decisiones, conlleva al incremento de la competitividad y una mayor eficiencia en todos los sentidos (Alonso, 2010).

La **telemetría** es una tecnología o sistema de información que permite la medición remota de magnitudes físicas y el posterior envío de la información hacia el

operador del sistema. Se realiza típicamente mediante comunicación inalámbrica, aunque también se puede realizar por otros medios (teléfono, redes de ordenadores, enlace de fibra óptica, etc.). Es una técnica automatizada de las comunicaciones donde las mediciones y recopilación de datos se realizan en lugares remotos y de transmisión para la vigilancia (Colectivo de autores, 2013).

Entre los elementos más importantes asociados a la telemetría se encuentran:

- Supervisión y monitorización automática
- Recolección de datos (registro de mediciones)
- Almacenaje de información
- Envío de alertas o alarmas a un centro de control
- Medición a distancia, aunque también se utiliza para obtener información en lugares cercanos pero de acceso difícil, peligroso e incluso imposible.

Mundialmente los sistemas de telemetría son usados en infinidad de campos tales como plantas químicas, redes de suministro eléctrico, exploración científica con naves tripuladas o no (submarinos y aviones de reconocimiento), operaciones de modelos matemáticos, en los satélites. Otros campos como la biomedicina (cuerpo humano), en la oceanografía y otras aplicaciones con el fin de detectar errores o cambios de comportamiento de sistemas industriales (Colectivo de autores, 2013).

Nuestro país, no ajeno a esta tecnología, se inserta en la utilización de los sistemas telemétricos en sus diversos campos. Los primeros reportes se obtienen en la rama médica que datan aproximadamente desde el año 2003, con un sistema destinado a proveer asistencia especializada durante la rehabilitación cardíaca de pacientes coronarios y asintomáticos de alto riesgo, mediante una medición por telemetría (Rodríguez, Meissimilly, & Berovides, 2003).

Otros de los resultados encontrados, pero ya adentrado en la rama ingenieril, son trabajos desarrollados por el grupo de automática de la Universidad Central de las Villas “Martha Abreu”, especializados en la teledirección de vehículos no tripulados

subacuáticos, el Grupo Empresarial GEOCUBA con adquisición de drones exportados para el reconocimiento territorial, así como el Instituto Técnico Militar “José Martí” con el desarrollo de trabajos para obtener modelos matemáticos de equipos no tripulados.

El Centro de Investigación y Desarrollo Naval (CIDNAV) perteneciente a la Unión de Industria Militar, tiene como objeto social “Realizar la Investigación-Desarrollo e Innovación Tecnológica, ejecutar proyectos de ingeniería y prestar servicios técnicos en la rama naval, metal mecánica, electrónica, energética y de diseño. Elaborar producciones de desarrollos propios. Comercializar de forma mayorista las producciones y servicios que ejecuta” (Ministro de las Fuerzas Armadas Revolucionarias, 2010).

El CIDNAV cuenta con una serie de proyectos, en su mayoría de I+D¹, en pleno desarrollo que necesitan recopilación de información con difícil y en ocasiones imposible presencia de personal, debido al envejecimiento y desconocimiento de la técnica con la que se trabaja, lo que influye en la seguridad y salud del personal que labora en estos proyectos.

A inicios del año 2012 surge la necesidad de comenzar un proceso que abarca desde la investigación, desarrollo y funcionamiento para dar solución a la situación existente, por lo que surge el desarrollo de un sistema propio basado en la telemetría para la ejecución de estos proyectos, lo que proporcionaría un gran ahorro en la economía del país debido en su gran medida a los altos precios en el mercado internacional.

El presente trabajo se centra en un estudio de los sistemas telemétricos para lograr conocimiento y monitorización de determinadas actividades, así como sus principales características y funcionalidades. Esta información será la base para el

¹ Investigación en ciencias aplicadas o ciencias básicas, utilizada en el desarrollo de ingeniería, que persigue con la unión de ambas áreas un incremento de la innovación.

desarrollo de un sistema de adquisición de datos basado en la Telemetría, el cual permitirá analizar y monitorizar actividades de control, brindando información en tiempo real, generando alertas y alarmas que permitan al usuario mantener el control ante cualquier situación.

Basado en el estudio realizado y situación existente en el CIDNAV, es posible destacar las siguientes dificultades y/o limitaciones:

- Envejecimiento de la tecnología de los elementos y sistemas eléctricos, electrónicos y electromecánicos que componen la arquitectura del hardware.
- Seguridad de la información.
- Dificultad con el proveedor de la tecnología existente en el mercado, no solo por factores subjetivos sino por factores objetivos como la no fabricación de elementos ya obsoletos.
- Carencia de conocimiento de la tecnología existente por falta de sistemas de medición.
- Necesidad de desarrollo de sistemas propios debido al elevado precio en el mercado.
- Necesidad del control e información del hardware con que se trabaja.

Para la realización de la investigación se plantea el siguiente **problema científico**:

¿Cómo garantizar la adquisición segura y fiable de la información generada por sistemas basados en la telemetría en el hardware utilizado en los proyectos del CIDNAV?

Objeto de investigación: Sistemas basados en telemetría.

Campo de acción: Procesos de adquisición de datos en sistemas basados en la telemetría.

Por tanto se plantea como **objetivo general**, desarrollar una aplicación informática que permita la adquisición segura y fiable de los datos generados por sistemas basados en la telemetría en el hardware utilizado en los proyectos del CIDNAV.

Objetivos específicos:

1. Elaborar el marco teórico referencial de la investigación orientado a los sistemas basados en la telemetría y los procesos de adquisición de datos generados por ellos.
2. Desarrollar una aplicación informática para la adquisición de datos seguros y fiables en sistemas basados en la telemetría.
3. Validar la aplicación informática desarrollada a través de los métodos científicos definidos en la investigación.

La investigación se basa en la siguiente **hipótesis**:

Si se desarrolla una aplicación informática se garantizará la adquisición segura y fiable de los datos generados por sistemas basados en la telemetría en el hardware utilizado en los proyectos del CIDNAV.

Operacionalización de las variables (Anexo 1)

Variable independiente: aplicación informática para la adquisición de datos en sistemas basados en telemetría.

Variable dependiente: seguridad y fiabilidad de los datos generados por sistemas basados en la telemetría en el hardware utilizado en los proyectos del CIDNAV.

Entre los **métodos de la investigación científica** utilizados se encuentran:

- **Histórico-Lógico**: para dar seguimiento a la evolución y tendencias de los sistemas basados en la telemetría, con el propósito de diseñar una solución acorde a exigencias actuales.

- **Analítico-Sintético:** utilizado para, a partir de la situación problemática, determinar una variante de solución, mediante un estudio y análisis de la bibliografía relacionada con el tema. Se utiliza además para el procesamiento de la información y arribar a las conclusiones de la investigación.
- **Modelación:** método mediante el cual se crean abstracciones con vistas a explicar la realidad utilizando los datos procesados.
- **Hipotético-Deductivo:** para la definición de la hipótesis de la investigación y a partir de ella inferir conclusiones en el transcurso de la misma y hacer formulaciones particulares una vez procesados los datos.
- **Observación:** para identificar elementos relevantes en el diseño y desarrollo de la investigación.
- **Medición:** utilizado para la evaluación de los resultados del sistema propuesto. Método mediante el cual se obtiene información numérica acerca del proceso de investigación.
- **Entrevista:** para precisar el problema a resolver así como las necesidades del cliente.
- **Experimentación:** para comprobar la validez de la aplicación informática desarrollada.

Aportes

- Empleo de tecnologías no usadas anteriormente.
- Implementación de elementos de control y diagnóstico.
- Mantenimiento de la disposición de trabajo del equipamiento existente.
- Implementación de algoritmos de seguridad de la información.
- Importante ahorro dada la posibilidad de mejorar las prestaciones del hardware con que se trabaja.
- Aplicación autónoma capaz de adaptarse o crecer según las necesidades cambiantes del cliente.

Estructura de la tesis por capítulos:

CAPÍTULO I FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN: Se presentan los fundamentos teóricos de la investigación mediante una reseña, estudio y actualidad de la telemetría, analizando los principales conceptos relacionados con la misma, así como la variedad de contextos presentes en la construcción de un sistema telemétrico y las tecnologías utilizadas para su desarrollo.

CAPÍTULO II CARACTERÍSTICAS DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA: Se describe detalladamente la solución propuesta definiendo las características, requerimientos, flujo del proceso de adquisición de datos y metodología utilizada para el desarrollo de la aplicación.

CAPÍTULO III RESULTADOS Y VALIDACIÓN: Se presentan los resultados obtenidos, así como la validación de los mismos a través de métodos y técnicas científicas.

CAPÍTULO I FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

El presente capítulo hace referencia al estudio realizado de las diferentes fuentes de información relacionadas con el objeto de estudio de la investigación, conformando la base teórica de la misma para generar la solución propuesta. Se expone el avance que ha alcanzado la telemetría como tecnología asociada a grandes trabajos y descubrimientos permitidos por el empleo de la misma.

1.1 Telemetría

La palabra “telemetría” proviene de las palabras griegas tele (distancia) y metron (medida) y se podría traducir por “medir a distancia”. Es una tecnología que permite la medición remota de diferentes magnitudes físicas por medio de sensores y el posterior envío de la información hacia el operador del sistema (Colectivo de autores, 2011).

Podría definirse también en forma simple, como “la posibilidad de medir a distancia” y más específicamente, como “la capacidad para leer datos remotos” mediante un sistema de comunicaciones con el propósito de realizar labores de control sobre el dispositivo remoto (Colectivo de autores, 2014).

Según (Quintero, 2015) la telemetría es una de las áreas de la ingeniería que está orientada a la medición de cualquier cantidad física, utilizando interfaces electrónicas que conectadas a través de alguna línea de transmisión, ya sea un medio guiado o no guiado, permiten enviar la información a un centro de gestión.

Es la tecnología de cambiar una medición analógica a modulación o codificación, transmitir la forma alterada a una distancia grande, para entonces volver a convertir la información recibida en señal analógica (Maloney, 2006).

De acuerdo a las definiciones precedentes, definiría Telemetría como:

“Un sistema de medida manual o automático de magnitudes físicas que permite transmitir los datos captados a una estación remota donde puedan ser almacenados y procesados”.

El objetivo de un sistema de telemetría es recoger datos de un lugar remoto o inaccesible y enviarlos a un sitio donde puedan ser correctamente analizados (Colectivo de autores, 2011).

Estos permiten además, conocer los estados que guardan equipos tripulados o no, procesos y sistemas, así como controlar de manera remota su funcionamiento, identificar fallas y corregir estados de error de los mismos, permitiendo así, el envío de la información obtenida hacia un sistema de notificación y/o despliegue para su uso y aprovechamiento (Prior, 2015).

1.2 Orígenes

Los primeros sistemas telemétricos datan a los inicios del siglo XX (Chicago, 1912), los cuales se limitaban a efectuar tareas de supervisión y control en centrales de distribución eléctrica a través de líneas de teléfono, para transmitir los datos de las operaciones desde las plantas eléctricas hasta una oficina central.

En 1915, a mediados de la primera guerra mundial, fue desarrollada también por el alemán Khris Osterhein y el italiano Franchesco Di Buonanno para medir a qué distancia se encontraban determinados objetivos de artillería.

En la década de 1930 se inició la telemetría aeroespacial con el lanzamiento de globos sonda, dotados de aparatos de radio (Colectivo de autores, 2011).

Por los años 1950, en pleno desarrollo de los satélites de observación, la telemetría jugó un papel fundamental, el satélite soviético Sputnik, puesto en órbita en 1957,

inauguró el análisis telemétrico de cohetes aeroespaciales y satélites artificiales, fuertemente desarrollado en los años siguientes (Garber, 2007), (Alzate, 2013).

La investigación aeronáutica emprendida con éxito en el ámbito de la transmisión a distancia aplicó de modo indirecto sus resultados a esta técnica, ya que la intervención directa del hombre no era posible debido al diseño de motores de combustión interna y cintas transportadoras a través de hornos, los cuales requerían el empleo de sistemas de detección en el interior de turbinas y dispositivos.

El progresivo perfeccionamiento de tales sistemas experimentó un avance fundamental en la década de 1960 con la introducción del denominado principio de pregunta y respuesta, proceso de alta automatización en el que el sistema de transmisión y recepción comunica tan solo las informaciones que se solicitan de modo explícito. Esta técnica se aplicó ampliamente en diferentes campos, como los sistemas de control de oleoductos y la oceanografía, donde una red de boyas transmiten informaciones bajo las órdenes de una estación central (Colectivo de autores, 2013).

A mediados de los años 80 se introduce la telemetría biomédica, desarrollándose sistemas para la transmisión de datos desde una ambulancia, con el objetivo de medir la variabilidad de la frecuencia cardiaca de pacientes (Castellano, Gázquez Parra, López Rodríguez, & Manzano-Agugliaro, 2012).

El avance progresivo de la telemetría a partir de los años 90 hasta la actualidad, ha sido inmenso, ya que su desarrollo y utilización dependen y van de la mano con el avance incesante de las TIC.

Es opinión del autor que la telemetría se ha convertido, poco a poco, en un buen recurso cuando se quiere mejorar el desempeño de algún tipo de proceso asociado al control o monitoreo de un sistema. Además de brindar mayor seguridad en la lectura de los datos, también ofrece una ventaja en cuanto a la disminución de

riesgo del personal encargado de realizar las mediciones en zonas hostiles o precarias, sin afectar la calidad del servicio.

Por las razones mencionadas anteriormente a nivel de investigación y desarrollo, se están realizando grandes esfuerzos para aprovechar al máximo los beneficios de la telemetría y lograr de esta manera inspirar la creación de nuevas aplicaciones.

Dentro de los sistemas estudiados los más acordes a nuestra investigación son los que se presentan en la tabla que sigue (Tabla 1-1). Se realiza una comparación de los diferentes parámetros por los cuales se desarrolla la investigación debido a la importancia de los mismos para el CIDNAV.

Tabla 1-1 Comparación de sistemas telemétricos en cuanto a costo, seguridad y acceso a código fuente (elaboración propia).

SISTEMA	COSTO	SEGURIDAD	ACCESO AL CÓDIGO FUENTE
Desarrollo y evaluación de una estación de control para vehículos aéreos no tripulados	Elevado (sólo equipamiento \$3995.00)	No	No
Desarrollo de un sistema de navegación y telemetría en tiempo real para un robot móvil desde Smartphone	Medio	No	No
Telemetría y telegestión en procesos industriales mediante canales inalámbricos WiFi utilizando instrumentación virtual y dispositivos PDA (Personal Digital Assitant)	Medio	Poca	Limitado

Partiendo de lo expuesto, estos sistemas no se acogen a las exigencias requeridas debido a:

- Altos costos en el mercado, no tanto por el equipamiento, sino por la aplicación. Éstas son caras (más de \$ 5000.00 dólares) con licencia de prueba por 15 días aproximadamente. Luego la licencia oscila por más del

triple del costo de la aplicación, con una durabilidad de 6 meses debido a las actualizaciones constantes que realizan.

- Garantía de poca seguridad de la información con que se trabaja.
- Denegación por completo o bastante limitada al código fuente implementado.

1.3 Sistemas de telemetría y componentes

Según (Rubio Ochoa, González Duarte, Cardona Soto, Seáñez Hernández, & Aguirre Fernández, 2014) los sistemas de telemetría constan fundamentalmente de cuatro elementos principales:

- dispositivo de entrada denominado transductor
- medio de transmisión normalmente basado en ondas de radio
- equipo de recepción y proceso de la señal
- equipo de grabación o visualización final

El transductor convierte el parámetro físico que se desea medir en señal eléctrica de determinadas características relacionadas con el inicial resultado de la medida.

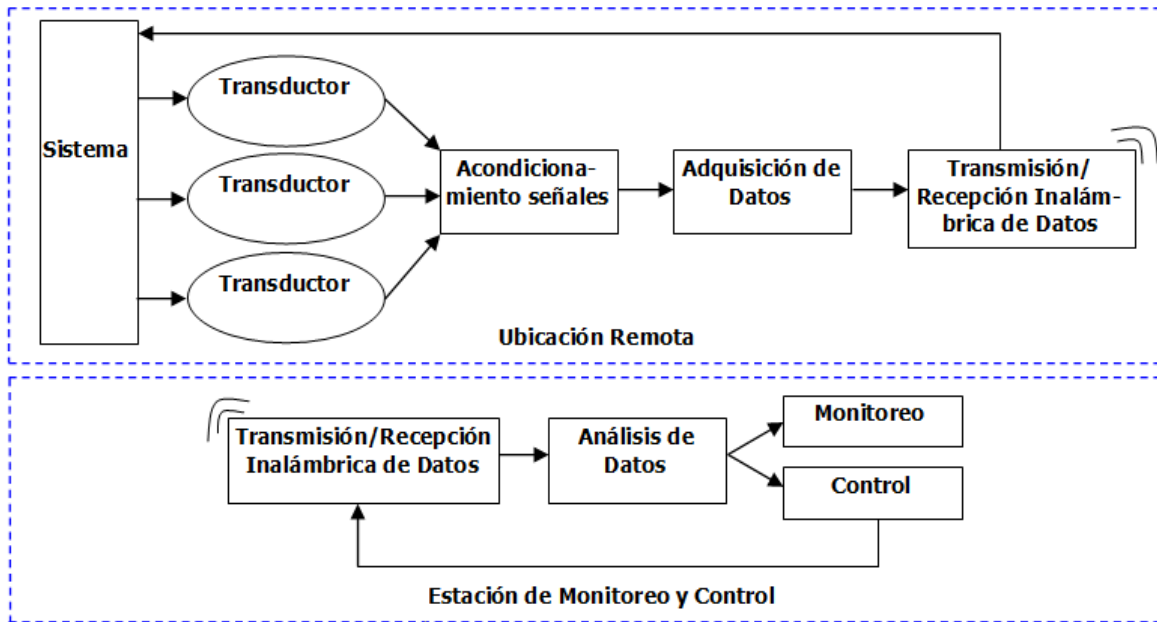


Fig.1.1 Elementos que componen un sistema de telemetría (Rubio Ochoa, González Duarte, Cardona Soto, Seáñez Hernández, & Aguirre Fernández, 2014).

1.4 Características importantes de los sistemas de telemetría

Diferentes autores del medio relacionado con la telemetría concluyen que los sistemas de grabación telemétrica deben cumplir una serie de requisitos para garantizar en gran medida su función (Lapray, Bergeler, Dupont, Thews, & Luhmann, 2007):

1. Utilización de dispositivos pequeños y ligeros.
2. El consumo de energía de los componentes deben ser lo más bajo posible y de ser así, controlar la fuente de energía (usualmente una batería) desde el exterior.
3. Los componentes internos deben ser reusables y el sistema de grabación externo lo más simple posible para minimizar gastos.
4. Con el fin de permitir la máxima flexibilidad en el diseño experimental y en los protocolos de prueba, las propiedades de las señales enviadas desde el transmisor, deben ser ajustables desde el exterior.

1.5 Modos de transmisión de la información

Transmisión Paralela: Es el envío de datos de byte en byte sobre un mínimo de ocho líneas paralelas a través de una interfaz paralela.

Transmisión en Serie: Es el envío de datos de bit a bit sobre una interfaz serial. Requiere menos cables que la transmisión paralela, pero el tiempo de transmisión se incrementa como función del tamaño de la cadena de los bits al ser transmitida. El sistema transmite en serie ya que utiliza el protocolo de comunicación RS-232. Según la implementación propuesta para el desarrollo de la aplicación, este último modo de transmisión será el utilizado.

1.6 Protocolo de comunicación

RS-485 o también conocido como EIA-485, que lleva el nombre del comité que lo convirtió en estándar en 1983, es un estándar de comunicaciones en bus de la capa física del Modelo OSI.

Está definido como un sistema en bus de transmisión multipunto diferencial. Es ideal para transmitir a altas velocidades sobre largas distancias y a través de canales ruidosos, ya que reduce los ruidos que aparecen en los voltajes producidos en la línea de transmisión. Soporta 32 transmisiones y 32 receptores. La transmisión diferencial permite múltiples drivers dando la posibilidad de una configuración multipunto. Al tratarse de un estándar bastante abierto permite muchas y muy diferentes configuraciones y utilidades.

RS-232 (Recommended Standard 232, también conocido como Electronic Industries Alliance RS-232C) es una interfaz que designa una norma para el intercambio serie de datos binarios entre un DTE (Equipo terminal de datos) y un DCE (Data Communication Equipment, Equipo de Comunicación de datos), aunque existen otras en las que también se utiliza la interfaz RS-232.

El RS-232 consiste en un conector tipo DB-25 (de 25 pines), aunque es normal encontrar la versión de 9 pines (DB-9).

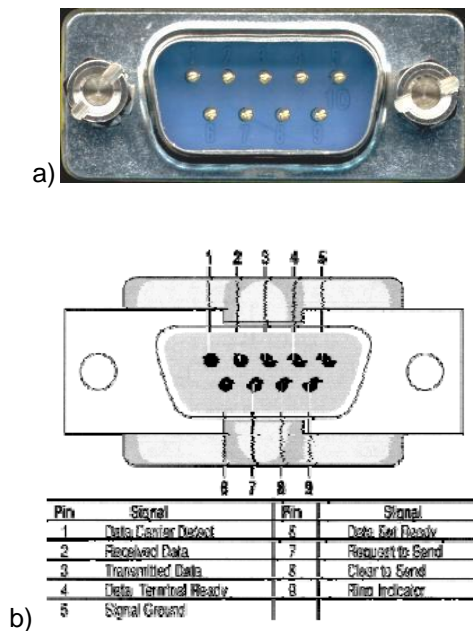


Fig.1. 2 Ilustración del conector DB9 para puerto serie, a) Conector macho, b) Conector hembra que se encuentra en la PC, con las respectivas señales que trabajan los pines. Fuente: <http://www.scnt01426.pwp.blueyonder.co.uk/Articles/RS-232/Kenwood.htm>, 2001.

El protocolo de comunicación utilizado será el RS-232 debido a las conexiones y prestaciones del equipo de comunicación de datos con que se cuenta.

1.7 Comunicación inalámbrica

Las redes inalámbricas son una tecnología madura y robusta que permiten resolver varios de los inconvenientes del uso del cable como medio físico de enlace en las comunicaciones, muchas de ellas de vital importancia en el trabajo cotidiano.

Una vez que se ha tenido la oportunidad de haber hecho uso de algún dispositivo inalámbrico que proporcionase datos o información requerida con independencia del lugar, es prácticamente imposible olvidar las características que los hacen tan especiales. Lo realmente relevante de esta tecnología es la extrema efectividad y

libertad necesaria que se logra al poder mantener una conexión de datos con una red desde cualquier parte del mundo (Jiménez, 2004).

El medio cambiante y las condiciones en las que operan las redes inalámbricas hacen que sean consideradas como un gran medio para ofrecer servicios. La inseguridad inherente en este tipo de redes debido a la facilidad de acceso al medio de transmisión la hacen muy sensibles a ataques frecuentes. Estas vulnerabilidades son trabajadas en el sistema a través de la encriptación de la información y codificación de la misma con el fin de superarlas y convertirlas en un medio importante de transmisión de datos.

En la investigación se abordarán aspectos de adaptación a nivel de aplicación, para ofrecer calidad en el servicio y en el sistema de comunicación inalámbrico que provee la telemetría, enlazando un hardware con una estación de control.

1.8 Programación paralela

Dado a la velocidad de los computadores secuenciales convencionales de hoy en día y a la simultánea demanda de un poder computacional superior, se ha incrementado continuamente la adaptación a las necesidades de las aplicaciones existentes (Colectivo de autores, 2014). Es por ello que surge la programación paralela, dando respuesta a superiores:

- Modelados y simulación numérica de problemas en ciencias e ingeniería.
- Costosos cálculos iterativos sobre grandes cantidades de datos y fuertes restricciones temporales.
- Sistemas cada vez más complejos que requieren mayor tiempo de cómputo.
- Relación coste/prestaciones desfavorable si se pretende incrementar más aún la potencia de los computadores secuenciales.
- Rendimiento de los computadores secuenciales que está comenzando a saturarse.

La programación paralela es el uso de varios procesadores trabajando juntos para resolver una tarea común. Esta ofrece una herramienta computacional imprescindible para aprovechar el uso de múltiples procesadores y en la resolución de problemas que no pueden resolverse mediante técnicas clásicas. En el proceso de diseño de programas paralelos hay que tener en cuenta lo siguiente (Hughes & Hughes, 2003):

1. Descomposición: involucra el proceso de dividir el problema y la solución en partes más pequeñas. Es decir, determinar qué parte del software realiza qué tarea.
2. Comunicación: se debe determinar cómo se lleva a cabo la comunicación entre los distintos procesos o computadoras, cómo sabe un componente de software cuando otro terminó o falló, cómo solicita un servicio a otro componente, qué componente debe iniciar la ejecución, etc.
3. Sincronización: se debe determinar el orden de ejecución de los componentes, si todos los componentes inician su ejecución simultáneamente, o alguno debe esperar mientras otros trabajan, etc.

Dado a los inmersos avances tecnológicos y con el objetivo de lograr un mayor desarrollo de la aplicación, se propone continuar con el estudio de la paralelización de los algoritmos de trabajo desarrollados, proporcionando posteriores investigaciones con hardware y software más avanzados.

1.9 Metodología y software utilizados para el desarrollo de la aplicación

Metodología de desarrollo SXP: es una metodología ágil que resulta de la unión de dos metodologías ágiles, Scrum que se enfoca en las prácticas de organización y gestión, mientras que Programación Extrema de sus siglas en inglés (XP), se centra más en las prácticas de programación. Esa es la razón de que funcionen tan bien juntas: tratan de áreas diferentes y se complementan entre ellas.

Tanto Scrum como XP requieren que los equipos completen algún tipo de producto potencialmente liberable al final de cada iteración, diseñadas éstas para ser cortas y de duración fija. Este enfoque de entregar código funcional cada poco tiempo significa que los equipos Scrum y XP no tienen tiempo para teorías (Kniberg, 2007).

Scrum y XP se acoplan y retroalimentan perfectamente uno dentro del otro. Scrum es como la interfaz entre el equipo y los clientes y XP entra a funcionar en cómo el equipo debe hacer su trabajo. De esta manera, se completan efectivamente, surgiendo así una metodología de procedimiento ágil a seguir, SXP.

Esta metodología cuenta con 4 fases (Peñalver Romero, García De La Puente, & Meneses Abad, 2010):

Planificación o Definición: esta fase se centra en el Qué, es donde se identifican los requisitos clave del sistema, se establece la visión y se fijan expectativas. Contando con tres tareas esenciales: ingeniería de sistemas o de información, planificación del proyecto y análisis de los requisitos.

Desarrollo: se centra en el Cómo y su propósito es implementar un sistema definiendo como ha de diseñarse las estructuras de datos, como ha de caracterizarse las interfaces y ha de traducirse el diseño en un lenguaje de programación.

Entrega: es la fase que tiene como propósito la puesta en operación. La Entrega contiene el cierre de la iteración, aquí el sistema está listo para ser liberado y es en la que se realiza la integración, la entrega de las pruebas del sistema y la documentación en general.

Mantenimiento: centrada en el cambio que va incorporado a la corrección de errores, a las adaptaciones requeridas a medida que va evolucionando el entorno del software y a cambios debido a las mejoras producidas por los requisitos cambiantes del cliente.

La necesidad de desarrollar el sistema para que esté disponible lo antes posible garantizando su calidad, el número de personas que participan en su desarrollo y la utilización de esta metodología en la construcción de la plataforma a la cual se integrará la solución, llevan a escoger SXP como metodología de desarrollo de software.

Entorno de desarrollo integrado (IDE) Visual Studio 6: utilizando el lenguaje de programación C. Este IDE permite crear aplicaciones y sitios, así como servicios web en cualquier entorno que soporte la plataforma .NET. Así se pueden crear aplicaciones que se intercomunican entre estaciones de trabajo, páginas web y dispositivos.

A pesar que para el desarrollo de la aplicación se pudo seleccionar cualquier otro entorno, la selección de Visual Studio 6 está ligada al hecho de la acumulada experiencia de trabajo con este IDE además de la avanzada programación que se tenía de ante mano (reutilización de código) y asegura al usuario un entorno de trabajo amistoso y fácil de asimilar.

Lenguaje de programación C y C++:El lenguaje C fue desarrollado en la década de los 70 y constituye un lenguaje muy robusto usado como núcleo del sistema operativo Unix. C no admite la orientación a objetos y está considerado un lenguaje “poco amigable” desde el punto de vista de que su sintaxis, elementos de programación que emplea (manejo directo de memoria) y otras cuestiones hacen que sea un lenguaje difícil de aprender. C++ fue una evolución de C desarrollada en los años 80. Introdujo el diseño orientado a objetos, pero manteniendo la compatibilidad con C. Esto suponía que C++ permitiera tanto el uso de la programación estructurada tradicional como la programación orientada a objetos. Además C++ mantuvo ciertas características de C como el manejo directo de la memoria, el uso de variables globales, sentencia *goto*, etc. que hicieron que la evolución fuera parcial.

A pesar de lo anteriormente expuesto, se trabajó con estos lenguajes por la vasta experiencia, conocimiento y dominio de los desarrolladores.

Visual Paradigm: es una herramienta de diseño, que hace uso del Lenguaje Unificado de Modelado (de sus siglas en inglés UML), este soporta todos los diagramas UML y el diagrama de entidad-relación. Produce documentación del sistema en varios formatos como PDF y HTML. Los desarrolladores pueden diseñar documentación del sistema con una plantilla de diseño. Los analistas de sistemas pueden estimar las consecuencias de los cambios con los diagramas de análisis de impacto, tales como la matriz y el diagrama de análisis.

Visual Paradigm no es sólo enfocarse en cómo muchos diagramas se pueden dibujar, pero lo fácil que puede crear, modificar y diseñar estos diagramas ayuda a aumentar la eficiencia del sistema de análisis y diseño de manera significativa (Visual Paradigm, 2009).

Proporciona una plataforma de modelado colaborativo para el trabajo en equipo. Con las características de colaboración en equipo, los miembros del equipo pueden ver y editar el mismo proyecto, o el mismo esquema, incluso de forma simultánea. Todos los cambios se almacenan en el servidor de Visual Paradigm en función de revisión.

Proporciona una plataforma ampliable para que los desarrolladores puedan agregar funciones al mismo, ellos pueden hacer referencia a los plugin (componentes) de guiar el desarrollo, a construir sus propios plugin para leer, actualizar, recuperar y eliminar los diagramas y los elementos del modelo.

Por lo antes planteado fue seleccionada esta herramienta para llevar a cabo el proceso de modelado de la solución propuesta en esta investigación.

1.10 Conclusiones del capítulo

A lo largo de este capítulo se han abordado los diferentes elementos teóricos sobre los cuales se sustenta esta investigación, por lo que se puede concluir:

- Las aplicaciones basadas en la telemetría constituyen una evolución importante en el desarrollo de sistemas para la obtención de datos en tiempo real, por lo que su constante actualización lleva consigo un minucioso estudio sobre la tecnología a utilizar para el desarrollo de la misma.
- El costo de estos softwares son muy elevados, a lo que hay que añadir, que el desarrollo tecnológico de la telemetría harían obsoletas las versiones actuales obligando al usuario a nuevas adquisiciones e inversiones.
- Se utilizará el IDE Visual Studio 6 para la programación de la aplicación, Visual Parading para su modelado y SXP como metodología ágil de desarrollo.
- Existen varias vías para la transmisión de la información que pueden formar parte de una infraestructura tecnológica. Es importante una correcta selección de este medio para evitar problemas de seguridad, disponibilidad, rendimiento y fiabilidad de la información.

CAPÍTULO II CARACTERÍSTICAS DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

Actualmente los campos de las telecomunicaciones se han extendido motivados por las diferentes normalizaciones y estándares que garantizan la interoperabilidad de diferentes equipos que provienen de diferentes fabricantes, garantizando, de esta manera, una relación entre aspectos técnicos de hardware, con los esquemas de programación (software), que están inmersos dentro de las diferentes formas de telecomunicación.

El sistema de telemetría diseñado permite transmitir la información generada por un vehículo no tripulado hacia una PC, que con el software, también diseñado para el sistema, proporcionará dicha información.

En el presente capítulo se expondrán todos los elementos que componen el sistema en general, así como una detallada explicación de la estructura, funcionamiento y componentes de la aplicación informática, siendo esta el punto fundamental de la investigación, proporcionando autonomía en todo el proceso, debido a los altos precios en el mercado internacional de sistemas con las prestaciones similares a las necesitadas por el CIDNAV (ver Tabla 1-1).

2.1 Estructura general del sistema

Para el desarrollo del sistema, primeramente, se realizó un estudio de los principales parámetros a registrar a través de entrevistas y encuestas con el cliente. Partiendo de ello, la obtención de la información suministrada por los sensores a bordo, la vía de comunicación, recepción de los datos, muestreo de los mismos, entre otros datos necesarios para la creación conceptual de la información que se maneja en el sistema y en la aplicación.

A partir del esquema funcional del sistema, se realiza una explicación detallada de su funcionamiento y las relaciones que existen entre los elementos que lo componen.

2.1.1 Esquema funcional

La comunicación del sistema en general se realiza de forma inalámbrica, utilizando para ello dos transceptores, uno como transmisor y otro como receptor, un amplificador para aumentar la potencia de la señal y dos antenas, una abordo y otra en tierra, las cuales deben tener visibilidad directa.

El sistema, basado en la telemetría, sólo obtiene información. Desde él no se ejerce ningún mando hacia el sistema abordo.

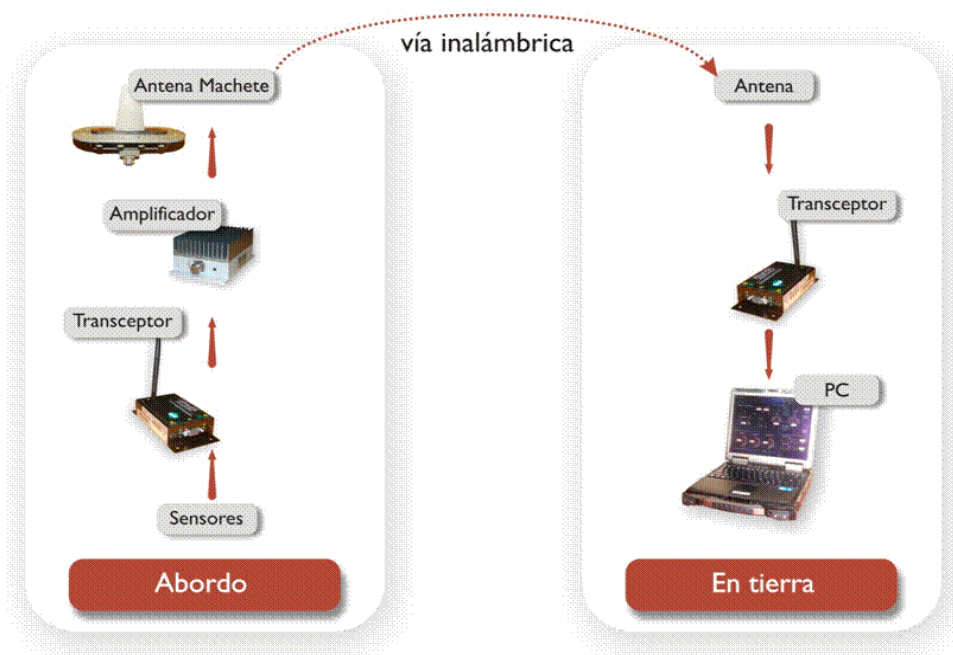


Fig. 2. 1 Esquema funcional del sistema en general (elaboración propia).

Dentro de los elementos que componen el sistema de transmisión/recepción de la información a monitorear y siguiendo lo planteado por (Lapray, Bergeler, Dupont, Thews, & Luhmann, 2007) se encuentran:

Sensores: compuesto por unidad de control, unidad de medición inercial (IMU), acondicionador de entrada/salida, sensores de presiones barométricas, máquinas de timones con sus respectivos sensores de posición, todo ello para lograr la información necesaria de los principales parámetros a registrar.

- Unidad de control: es un procesador digital de señales (DSP, por sus siglas en inglés), encargado de la adquisición, análisis de la información y toma de las decisiones según la estrategia de control que se implementa.
- IMU (por sus siglas en inglés): Como elemento sensorial principal se empleó una unidad de medición inercial para el suministro de las magnitudes de las variables de entrada a la unidad de control, donde se integran un conjunto de sensores inerciales y no inerciales como se muestra en la figura 2-2:

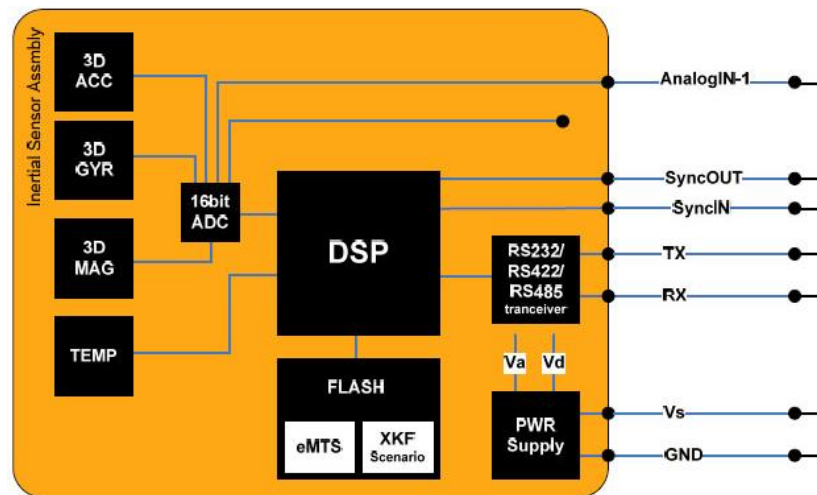


Fig. 2. 2 Composición interna de la Unidad de medición inercial.

- AS2: Acondicionador de entrada. Para la adquisición de los datos digitales, permite acomodar los niveles de señales de entrada al sistema, ya sean señales proporcionales o digitales.

- AS3 y AS4: Acondicionador de salida, permite generar las señales de control de las máquinas de timones, así como elevar los niveles de las señales digitales a 26VCD.
- SP1, SP2 y SP3: Sensores de presiones barométricas.
- MT1, MT2 y MT3: Máquinas de timones con sus respectivos sensores de posición.

Transceptor: transceptor inalámbrico para la transmisión/recepción de los datos durante la ejecución. La comunicación con el mismo se realiza a través del protocolo RS-232/485 con una velocidad de 115200 baudios, configurable por software. El dispositivo cuenta con una potencia de transmisión/recepción de 1mW a 1W visible a través de unos leds que porta el mismo.

Amplificador: aumenta la potencia de la señal que se le aplica a la entrada. Cuenta con una potencia de 5W, de transmisión de salida 1W y de entrada de 1mW como mínimo hasta 10mW máximo.

Antena transmisora/receptora: a través de la comunicación inalámbrica, la antena abordo (antena machete²) se encarga de transmitir todas las señales, mientras en tierra (antena helicoidal) recibe toda la información transmitida. Debe existir visibilidad directa entre ambas antenas.

Computadora portátil: con la aplicación “Sistema de Control Autopiloto” para la visualización y almacenamiento de toda la información transmitida desde el sistema abordo.

² Antena de fabricación nacional.

2.2 Desarrollo de la aplicación

Las metodologías ágiles han resultado ser las más adecuadas para los proyectos donde se exige reducir drásticamente los tiempos de desarrollo manteniendo una alta calidad. Estas metodologías están orientadas a pequeños proyectos y a pesar de simplificar el control del proceso de desarrollo de software no renuncian a las prácticas esenciales para garantizar la calidad del producto.

2.2.1 Requisitos no funcionales

Usabilidad

Facilidad de uso por parte de los usuarios: La aplicación debe presentar una interfaz amigable que permita la fácil interacción con la misma y llegar de manera rápida y efectiva a la información buscada. Debe, además, ser una interfaz de manejo cómodo que posibilite a los usuarios sin experiencia una rápida adaptación.

Especificación de la terminología: La aplicación debe adaptarse al lenguaje y términos utilizados por los clientes en la rama abordada, con vista a una mayor comprensión de la herramienta de trabajo.

Menús: La aplicación debe presentar una serie de menús laterales que permitan el acceso rápido a la información por parte de los usuarios, aprovechando así las potencialidades de estas estructuras.

Fiabilidad

Seguridad y protección de la base de datos: Al estar trabajando con información sensible, se hace necesario una alta protección de los datos, para ello la base de datos deberá estar fraccionada en columnas que permitan un mejor uso de la información, trayendo consigo la protección de la misma al ocurrir un incidente sobre una parte de la base de datos.

Eficiencia

La aplicación debe soportar un tiempo de respuesta menor o igual a 10 miliegiundos, lo que permite la lectura completa de los datos enviados por los sensores.

Soporte

Es una aplicación MDI (Multiple Document Interface) para Win32 que corre sobre el Sistema Operativo Windows 95, 98 y con tecnología NT como lo son Windows 2000, NT y XP. Contará con un grupo de soporte y asesoría al cliente del producto final, destinado a brindar asesoría ante cualquier anomalía que se pueda presentar.

La PC sobre la que corre el programa debe tener incorporado puerto serie RS-232, USB y más de 1 GB de RAM.

Requisitos para la documentación de usuarios y ayuda del módulo

Manual de usuario: la aplicación deberá presentar un manual de usuario, permitiendo con ello un correcto uso de sus funcionalidades y brindarle al usuario una mayor experiencia del trabajo con el mismo.

Documentación actualizada: se precisa que la documentación de la aplicación esté actualizada en todos los aspectos, fases de trabajo y ciclos de desarrollo de la misma, permitiendo con ello un respaldo tanto ingenieril como legal del desarrollo de dicha aplicación.

Interfaz

Deberá ser sencilla con colores suaves a la vista y sin cúmulo de imágenes u objetos que distraigan al cliente del objetivo de su empleo.

Requisitos Legales, de Derecho de Autor y otros

La aplicación debe ser sometida a un análisis legal por parte de los abogados y personal autorizado con vistas a declarar su autenticidad y evitar restricciones legales para su uso y comercialización; así mismo se debe proceder a una evaluación y certificación por parte del cliente del producto (Anexo 6).

A continuación se expone el siguiente diagrama de clases (Fig. 2.3), basado en los requisitos funcionales, donde se describe la estructura del sistema, mostrando sus clases, atributos, funciones y las relaciones entre ellos, así como los componentes que se encargan de su funcionamiento. El mismo fue desarrollado durante el proceso de análisis y diseño de la aplicación que se verá en el próximo acápite.

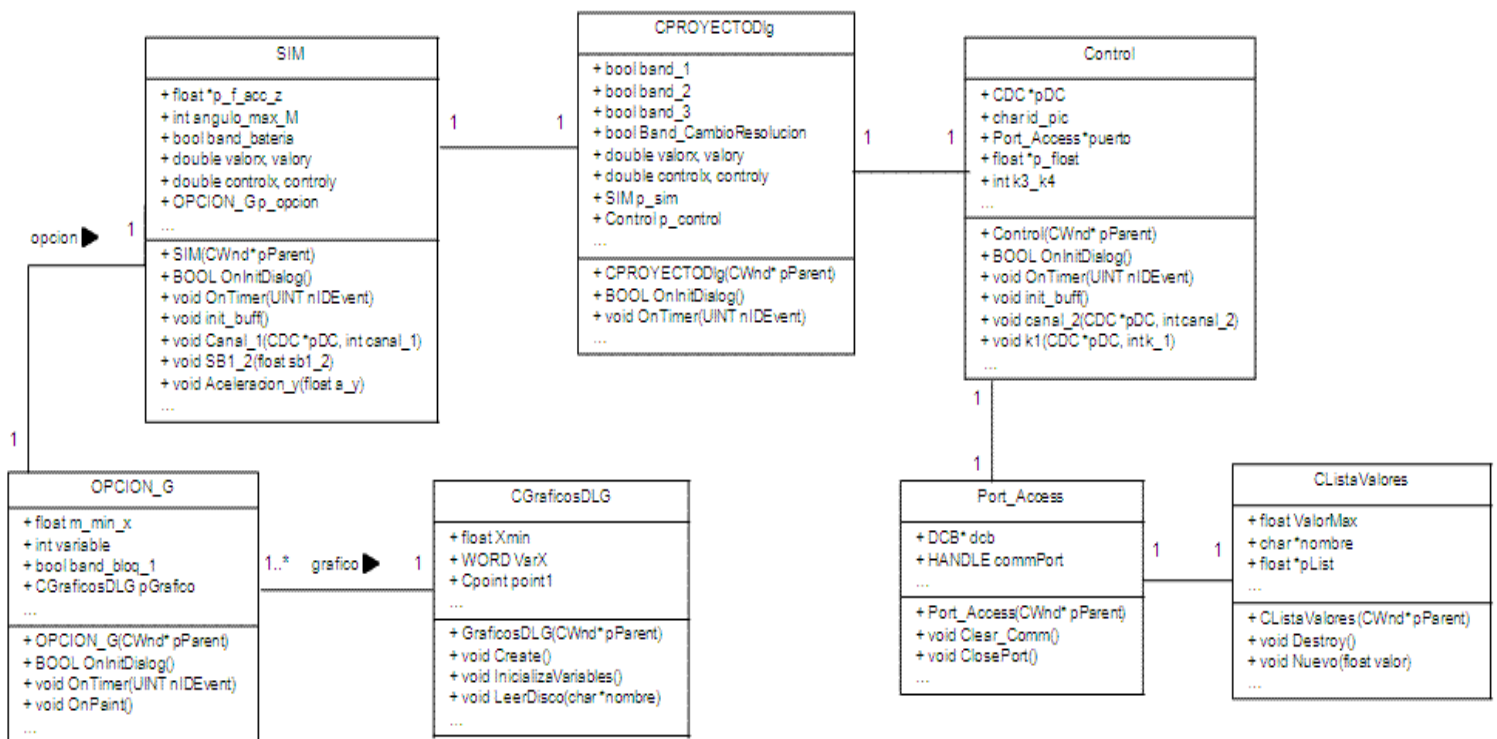


Fig. 2. 3 Diagrama de clases de la aplicación.

2.2.2 Características de la aplicación: “Sistema de Control Autopiloto”

Primera versión

Como parte del desarrollo de la aplicación y las exigencias del cliente por ver resultados tangibles y concretos, se realizó una primera versión de la misma con vistas a la comprobación de las comunicaciones, enlace de la aplicación con el sistema en general y otras funcionalidades, fomentado de esta manera las bases para el desarrollo de la aplicación final.

Esta primera versión muestra algunos parámetros analógicos, señales ON/OFF, velocidad de transmisión, fecha, hora, permite almacenar la información en un fichero y mostrar las variables seleccionadas en gráfico, además de contar con un indicador “COMUNICANDO” que indica si hay recepción o no de información a través de un parpadeo (Fig. 2.4). De esta manera se comprobó que el canal de recepción de datos estaba correcto como mismo el enlace para almacenar la información y mostrar en gráfico las variables deseadas.

Una vez demostrado el funcionamiento de la aplicación y el sistema, se procedió al desarrollo de la aplicación final cumpliendo con lo planteado por el cliente en el levantamiento de los requisitos.

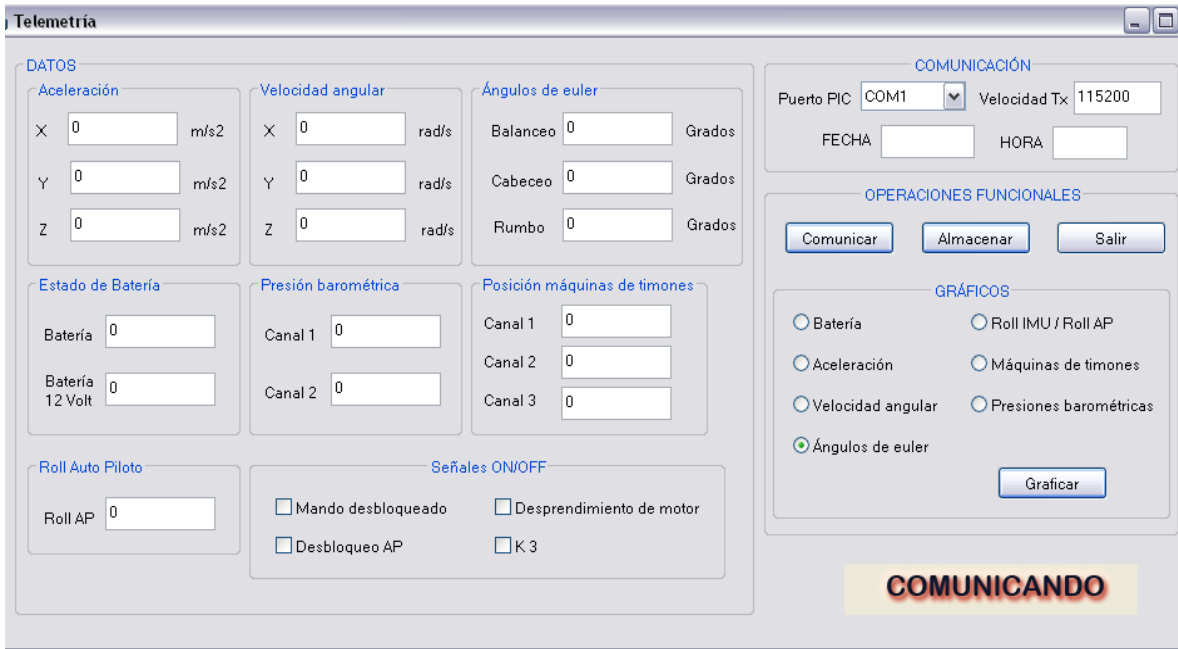


Fig. 2. 4 Primera versión de la aplicación.

Segunda versión

De acuerdo al levantamiento de los requerimientos, la interfaz debe ser amigable, sencilla, lo más explícita posible para lograr un mejor entendimiento con el usuario final, por lo cual en el desarrollo de esta versión se tuvo en cuenta, más explícitamente, la opinión del mismo para lograr así el producto deseado.

La aplicación consta con una interfaz principal, Sistema de Control Autopiloto, de la cual se derivan los dos módulos fundamentales, Control Autopiloto en Línea y Simulación de parámetros Autopiloto, el primero encargado de mostrar y adquirir toda la información transmitida desde abordo y almacenarla en un fichero, y el segundo permite simular, luego de la adquisición de toda la información, el comportamiento de los parámetros y la visualización gráfica de los mismos.

2.2.2.1 Sistema de Control Autopiloto

Interfaz de bienvenida y principal de la aplicación.



Fig. 2. 5 Interfaz principal del sistema.

Descripción de las historias de usuario

Las historias de usuario son la técnica utilizada en SXP para describir los requisitos del software, lo que equivale a los casos de uso en el proceso unificado. Las mismas son escritas por los clientes como las tareas que el módulo debe hacer y su construcción depende principalmente de la habilidad que tenga el cliente para definir las. A continuación se describen las principales historias de usuario de la aplicación.

Control de Autopiloto en Línea

Tabla 2-1 Historia de usuario Control de Autopiloto (AP) en línea.

Historia de Usuario (HU)	
Número: 1	Nombre de la HU: Control de Autopiloto (AP) en línea.
Modificación de HU Número: Ninguna	
Usuario: Yohana García Morales	Iteración asignada: Primera
Prioridad en negocio: Alta	Puntos estimados: 4 semanas
Riesgo en desarrollo: Alto	Puntos reales: 3 semanas
<p>Descripción: El módulo debe permitir la obtención de toda la información en tiempo real de los parámetros suministrados, realizar un auto diagnóstico del sistema integrado, así como el almacenamiento de toda la información en un fichero. Para comenzar la lectura de los datos la aplicación comprueba que los datos sean correctos a través de un chequeo que se realiza a la cabecera de la trama recibida. De ser correctos estos, se habilita la opción "Guardar", creando al hacer clic en ella un fichero con todo el contenido visualizado.</p>	
<p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para que los datos se muestren en pantalla la trama recibida debe ser correcta. • Si existe un fichero guardando la información y se desea crear otro, se debe parar la lectura y comenzar con el proceso nuevamente. 	
Prototipo de interface: Figura 2.10	

Este módulo permite obtener y visualizar la información en tiempo real de los parámetros suministrados por los sensores abordo con un muestreo de 10 ms. Dentro de los principales parámetros se encuentran:

- Sensores inerciales: brindando aceleración en los tres ejes de coordenadas, banqueo, cabeceo y balanceo, todos ellos adquiridos a través de la IMU

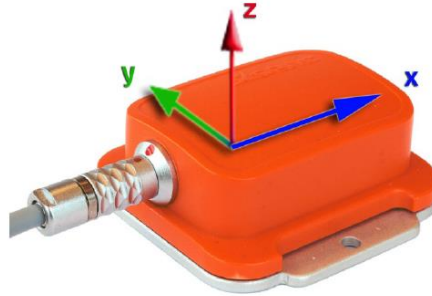





Fig. 2. 6 Sistema de coordenadas de la Unidad de medición inercial empleada.

- Estado autopiloto: realiza un autodiagnóstico del sistema, estableciendo en color rojo si detecta alguna anomalía en sus parámetros
- Estado de la batería
- Posición de mandos, así como K3, K4 y KC³, estas últimas a través de señales ON/OFF
- Sensores de posición de timones: mostrando posición de timones en sus tres canales
- Sensores de presiones barométricas
- Canales de código
- Señal ON/OFF de Mando Desbloqueado, Desbloqueo Autopiloto y Desprendimiento de Motor

A la izquierda de la interfaz, se encuentran las funcionalidades del módulo:

- Iniciar comunicación, lectura de datos 
- Almacenamiento de la información en fichero 
- Salir del módulo 

³Señales propias del hardware a comprobar, parámetros que el cliente los denomina con esa nomenclatura.



Fig. 2. 7 Módulo Control de Autopiloto en Línea.

Una vez ejecutado el software, comienza la lectura de los datos, así como la comprobación de cada trama recibida en correspondencia al análisis y cifrado que se realiza en el hardware. El ejecutor del sistema puede o no almacenar la información para su posterior análisis, el cual es más detallado que el que se puede hacer en tiempo real. El siguiente diagrama de flujo representa el algoritmo de este módulo:

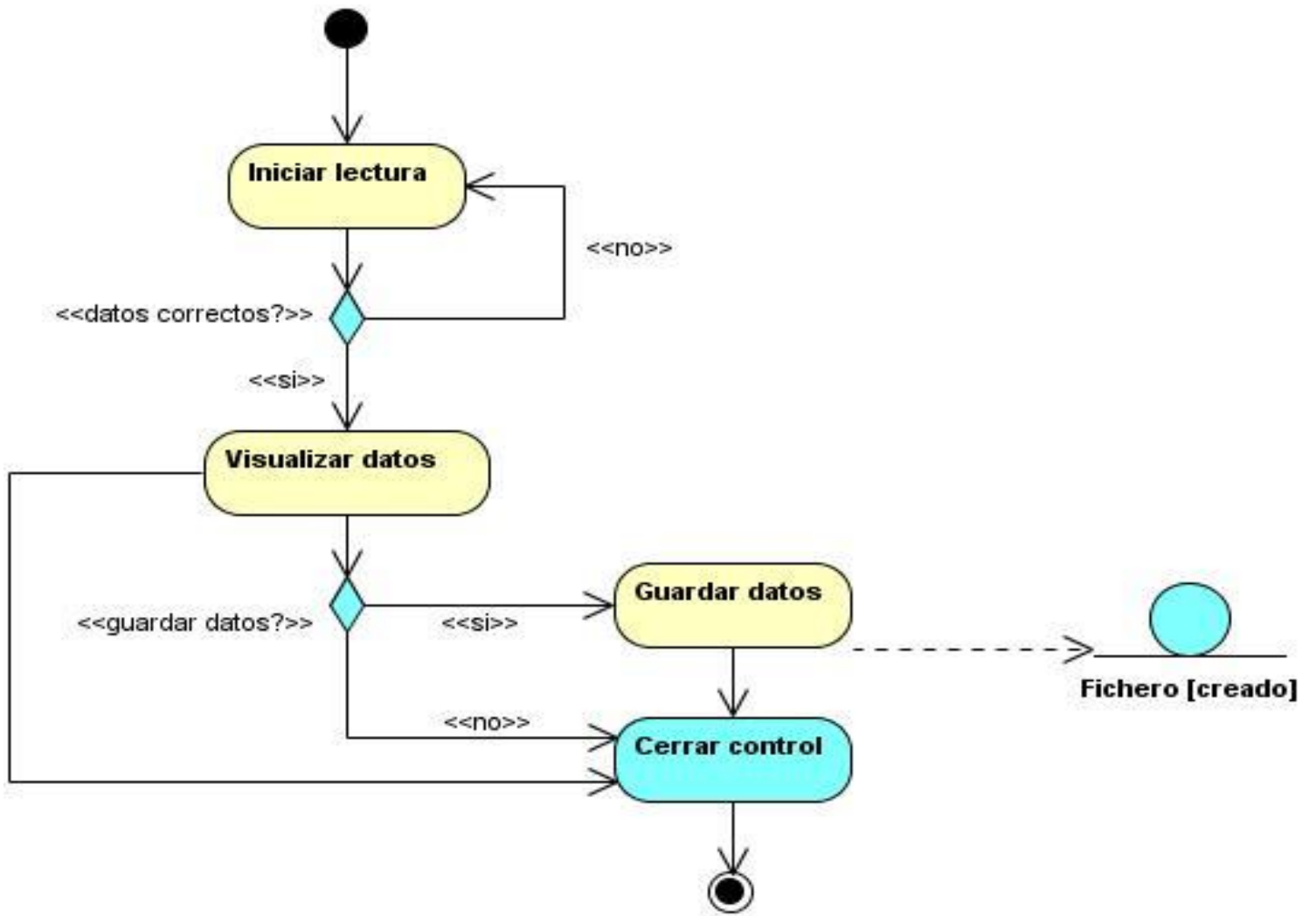


Fig. 2. 8 Algoritmo de adquisición de datos.

Simulación parámetros Autopiloto

Tabla 2-2 Historia de usuario Simulación de parámetros del Autopiloto.

Historia de Usuario (HU)	
Número: 2	Nombre de la HU: Simulación de parámetros del Autopiloto.
Modificación de HU Número: Ninguna.	
Usuario: Yohana García Morales	Iteración asignada: Primera
Prioridad en negocio: Alta	Puntos estimados: 3 semanas
Riesgo en desarrollo: Alto	Puntos reales: 3 semanas
Descripción: Este módulo permite cargar un fichero con información, analizando detalladamente la trayectoria registrada. Al mismo tiempo, esta información puede ser visualizada gráficamente. Este proceso se puede repetir cuantas veces el ejecutor desee. Concluida la lectura de un fichero, puede ser cargado otro o el mismo.	
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"> • Se debe esperar a que se cargue el fichero completo, si este es muy grande puede demorar algunos segundos. Cuando el ícono tome su color inicial significa que el fichero ha sido cargado completamente. • Si al comprobar el fichero, este no es correcto, se lanza un mensaje de error. 	
Prototipo de interface: Figura 2.14	

La información cargada puede ser simulada al mismo tiempo en gráfico, los parámetros con esta opción son:

- Aceleración en sus tres ejes de coordenadas (Accx, Accy, Accz)
- Ángulos de balanceo, cabeceo y banqueo
- Velocidad angular en sus tres ejes de coordenadas (W x, W y, W z)

- Sensores barométricos
- Posición de timones

A la izquierda de la interfaz, se encuentran las funcionalidades del módulo:

- Cargar fichero 
- Simular fichero cargado 
- Muestra los parámetros seleccionados en gráfico 
- Salir del módulo 

A continuación se representa la interfaz para seleccionar las variables que desea visualizar en el gráfico:



Fig. 2. 9 Interfaz para seleccionar las variables a visualizar en gráfico.

La leyenda indica los colores de las variables seleccionadas, como se muestra en la siguiente imagen:

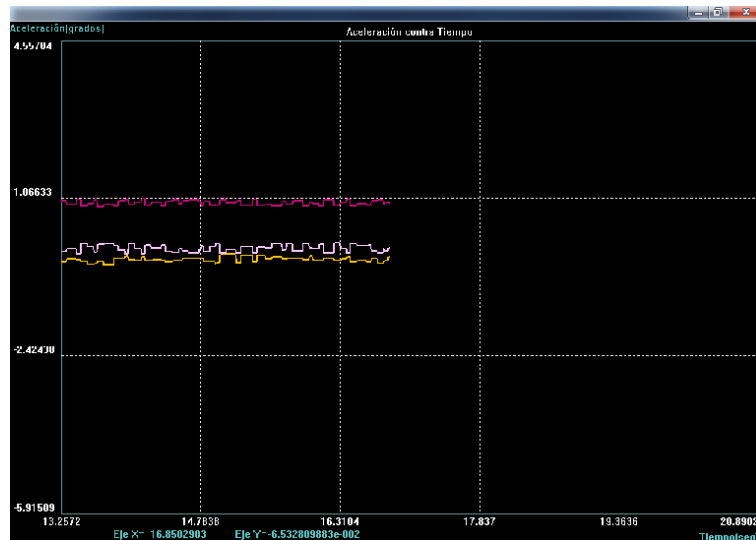


Fig. 2. 10 Interfaz de gráficos.



Fig. 2. 11 Interfaz Simulación parámetros Autopiloto.

El siguiente diagrama de flujo representa el algoritmo de este módulo:

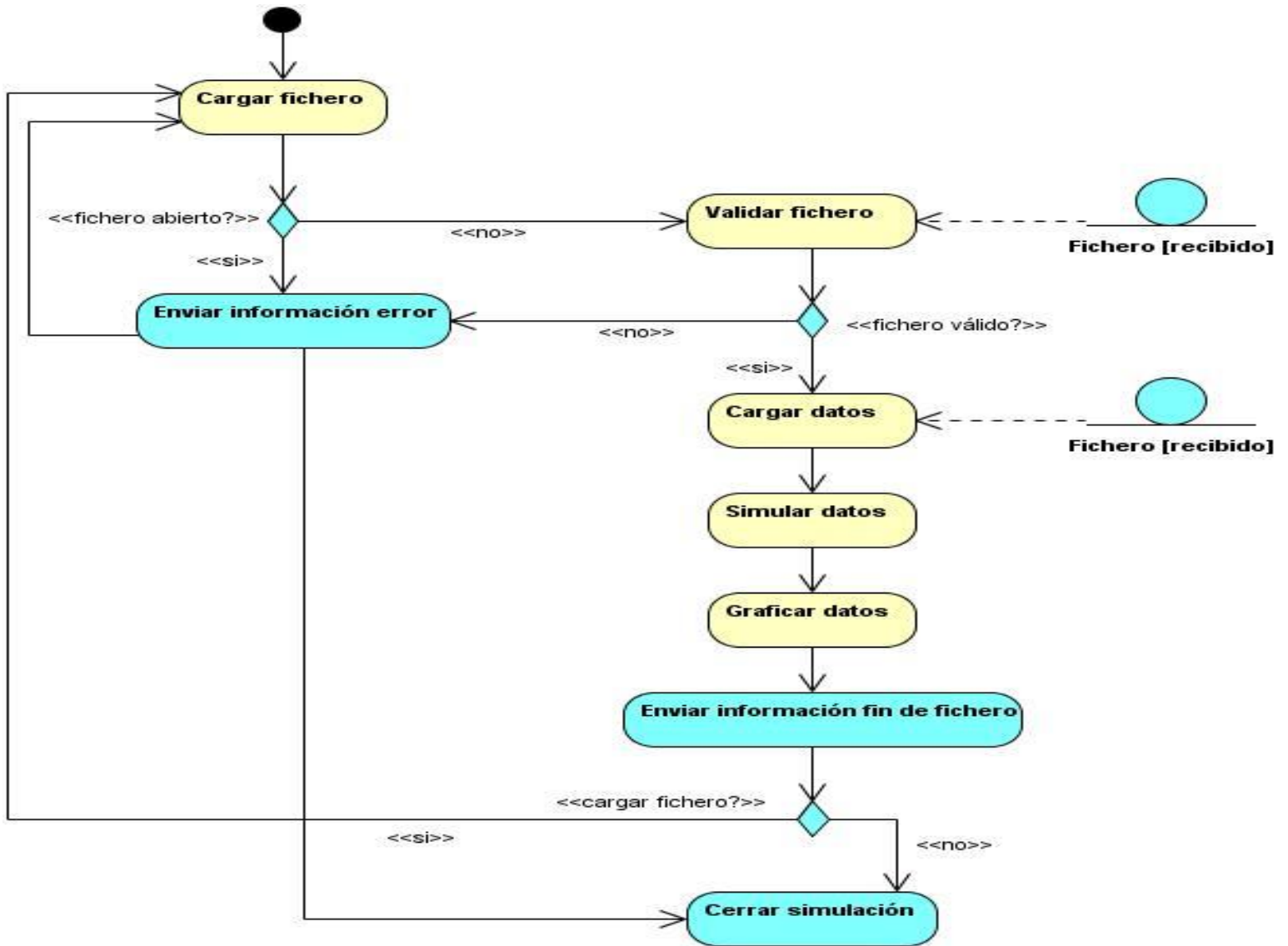


Fig. 2. 12 Algoritmo de simulación de datos.

2.2.3 Almacenamiento de la información

La información almacenada a través de la aplicación posee la extensión por defecto .txt, pudiendo visualizar la información con WordPad ó Bloc de Notas, ambas herramientas del sistema operativo, aunque es permisible que se guarde en los formatos .xls, .doc.

Por defecto se guardan todos los parámetros medidos, cantidad de tramas, además de día, mes, año, hora, minuto, segundo de la grabación, coordinado previamente con el cliente, importante paso para luego garantizar la disponibilidad, confidencialidad e integridad de la información recibida.

```

void Control::Almacenar()
{
    char nombre[_MAX_FNAME];
    char camino[_MAX_PATH];
    nombre[0]=0;
    camino[0]=0;
    BYTE cont=12;
    if(OpenFileDlg(GetSafeHwnd(),nombre,camino,false))
    {
        FILE *fich_1;
        if((fich_1=fopen(nombre,"w+b"))!=NULL)
        {
            _fich.open(camino,ios::in | ios::binary);
            if(!_fich.is_open())
            {
                _fich << "Acel_X" <<"\t" << "Acel_Y" <<"\t" << "Acel_Z" <<"\t" << "W_X" <<"\t" << "W_Y" <<"\t" <<
            }
        }
    }
}

BOOL Control::OpenFileDlg(HWND hwnd,PSTR szFileName,PSTR szTitleName,BOOL Lectura)
{
    OPENFILENAMEA ofn;
    static char          szFilter[] = "Datos Autopiloto (*.txt)\0*.txt\0"
                                     "Todos (*.*)\0*.*\0";

    ofn.lStructSize      = sizeof (OPENFILENAME) ;
    ofn.hwndOwner         = hwnd ;
    ofn.hInstance         = NULL ;//NULL GetHandleInstance()
    ofn.lpstrFilter       = szFilter ;
    ofn.lpstrCustomFilter = NULL ;
    ofn.nMaxCustFilter    = 0 ;
    ofn.nFilterIndex     = 0 ;
    ofn.lpstrFile         = NULL ;
    ofn.nMaxFile          = _MAX_PATH ;
    ofn.lpstrFileTitle    = NULL ;          // Definido en funciones open y close
    ofn.nMaxFileTitle     = _MAX_FNAME ;   // + _MAX_EXT
    ofn.lpstrInitialDir   = m_Camino;
    if(Lectura)
        ofn.lpstrTitle    = "Cargar fichero de datos";
    else
        ofn.lpstrTitle    = "Guardar fichero de datos";
    ofn.Flags              = 0 ;             // Definido en funciones open y close
    ofn.nFileOffset       = 0 ;
    ofn.nFileExtension    = 0 ;
    ofn.lpstrDefExt       = "txt" ;
    ofn.lCustData         = 0L ;
    ofn.lpfnHook          = NULL ;
    ofn.lpTemplateName   = NULL ;
    ofn.lpstrFile         = szFileName ;
    ofn.lpstrFileTitle    = szTitleName ;
    ofn.Flags             = OFN_HIDEREADONLY | OFN_CREATEPROMPT;
    BOOL retorno = GetOpenFileNameA (&ofn);
    return retorno;
}

```

Fig. 2. 13 Código fuente para almacenar la información.

2.3 Seguridad del sistema

A nivel de hardware, se encuentran implementados algoritmos de cifrado, chequeo de errores, codificación, que apoyado del procesamiento que se realiza a nivel de aplicación, complementan la seguridad requerida para el desarrollo del sistema.

Una vez que se comienza la lectura de los datos por la aplicación, la trama recibida, es comprobada por la función *PIC_Read()*, de existir algún error, el sistema lanza un mensaje notificando el problema, previendo de esta manera que la información visualizada sea la real.

```

void Control::PIC_Read()
{
    id_pic=1;
    BYTE cant_1=0;
    puerto->Clear_Comm();
    cant_1=BYTE(puerto->Read(read_PIC,69));
    if(read_PIC[0]=='C' && read_PIC[1]=='0' && read_PIC[2]=='H' && read_PIC[3]== id_pic
        && read_PIC[4]== 64)
    {
        Make_Float();
// ***** Aceleracion y_z *****
        aceleracion_y(a_y);
        aceleracion_z(a_z);
// ***** Balanceo *****
        agd(pDC,roll,pitch);
// ***** Bateria *****
        bateria_L=read_PIC[48+5];
        bateria_H=read_PIC[49+5];
        bateria_AD=(MAKEWORD(bateria_L,bateria_H)*4.9/4096.0);
        bateria=bateria_AD*3990/690;
        char buffer[10];
        _gcvt(bateria,4,buffer);
        pDC->Textout(935,97,buffer);
// ***** Timones *****
        canal_1_L=read_PIC[50+5];
        canal_1_H=read_PIC[51+5];
        canal_2_L=read_PIC[52+5];
        canal_2_H=read_PIC[53+5];
        canal_3_L=read_PIC[54+5];
        canal_3_H=read_PIC[55+5];
        canal_1_=(MAKEWORD(canal_1_L, canal_1_H))*4.9/4096.0;
        canal_2_=(MAKEWORD(canal_2_L, canal_2_H))*4.9/4096.0;
        canal_3_=(MAKEWORD(canal_3_L, canal_3_H))*4.9/4096.0;
    }
}

```

Fig. 2. 14 Código fuente que comprueba la seguridad de la información al iniciar la lectura.

Guardada la información, antes de ser visualizada nuevamente por el cliente, ésta es comprobada a través de la función *OpenFileDialog()*, brindando la seguridad de la misma, evidenciando la integridad del fichero.

```

if(OpenFileDialog(GetSafeHwnd()),nombre,camino,false)
{
    fichero.open(nombre,ios::out | ios::binary);
    if(fichero.is_open())
    {
        while(fichero.eof()==0)
        {
            fichero.getline(buffer,200);
            if(buffer[x]=='A' && buffer[x+1]=='c' && buffer[x+4]=='_' && buffer[x+5]=='x')
                bandera=0;
            if(bandera)
            {
                MessageBox((LPCTSTR)"FICHERO INCORRECTO",(LPCTSTR) "");
                break;
            }
            if(!bandera)
            {
                while(buffer[x]!= NULL)
                {
                    while(buffer[x]!='\t' && buffer[x]!=13)
                    {
                        buff[j]=buffer[x];
                        j++;
                        x++;
                    }
                    num=atof(buff);
                    Alm_datos(num);
                    x++;
                    init_buff();
                    j=0;
                }
                x=0;
                valor++;
            }
            j=0;
        }
    }
    else
        MessageBox((LPCTSTR)"FICHERO ABIERTO",(LPCTSTR) "");
}
fichero.close();
}

```

Fig. 2. 15 Código fuente que comprueba la integridad de los datos guardados.

2.3.1 Procesamiento de las tramas

El transceptor encargado de recibir los datos, queda esperando por la lectura del primer byte de la trama recibida. Una vez que esto ocurre realiza 4 tareas:

- Lee la trama completa
- Realiza un checksum para comprobar la integridad de los datos
- Interpreta los datos
- Almacena los datos

El diseño de la trama de datos es un componente fundamental dentro del protocolo de comunicación y su estructura e interpretación es definida generalmente por el fabricante del equipo.

2.4 Conclusiones del capítulo

En el presente capítulo se abordaron los temas referentes al desarrollo de la aplicación, por lo que se puede concluir que:

- Se describió las características de la aplicación a través de su esquema funcional.
- Fueron planteados los requerimientos para el desarrollo de la aplicación según exigencias del cliente.
- Se detalló el flujo del proceso de adquisición de datos y las principales historias de usuario.
- Se describieron las principales funcionalidades de la aplicación.

CAPÍTULO III RESULTADOS Y VALIDACIÓN

La validación es un paso fundamental para asegurar que los resultados entregados son confiables. Cuando se realiza la validación de un método por parte del laboratorio, lo que se busca es poder determinar con fundamento estadístico que el método es adecuado para los fines previstos.

En el presente capítulo se expondrán los resultados experimentales alcanzados por la utilización del sistema y la aplicación, se realizará un estudio de los beneficios que ha traído consigo la aplicación de la solución en entornos reales, así como del impacto económico y social del producto, ahorrando recursos, tiempo y esfuerzo en el desarrollo de nuevas soluciones. Por último, para la validación del sistema y aplicación, se aplicaron varias técnicas de investigación, las que se fundamentaron con la opinión de expertos seleccionados.

El período de investigación, desarrollo y pruebas del sistema en general comprenden los años 2012 – 2015.

3.1 Pruebas y resultados experimentales

Las pruebas a la aplicación fueron realizadas en una PC Getac de 4Gbyte de RAM, procesador Core i7 y con el sistema operativo Window XP SERVICE PACK 2. La resolución de la pantalla que se estableció para la misma fue de 1024x768.

El sistema integrado se sometió a varias pruebas experimentales para poder comprobar la validez e integridad de lo desarrollado, además de ver si realmente se cumplían las expectativas y exigencias planteadas por el cliente.

3.1.1 Pruebas y resultados en laboratorio

El resultado obtenido se somete a pruebas experimentales en bancos en tierra para su posterior experimento bajo condiciones extremas, así como el desempeño final durante su utilización en campo. Para ello fue creada una “Instalación pendular de

ensayo mecánico para estimulación física y adquisición de datos del autopiloto”⁴ (Anexo 6) capaz de reaccionar ante estímulos y pruebas lo más similar al hardware final.

Dentro de los parámetros a medir existe relación, es decir, que en dependencia del comportamiento de uno, debe ser la respuesta del otro. A continuación se presentan algunos ejemplos satisfactorios de estos resultados:

1. En la figura 3-1 se observa el desempeño del sistema de experimentación, a través de los resultados obtenidos por la aplicación, donde existe un comportamiento de la variable de salida (ángulo de inclinación del timón), consecuencia del estímulo de entrada (velocidad angular).

Se aprecia una variación de la velocidad angular (W_Y) desde valores negativos, pasando por cero hasta valores positivos, además de una variación de la inclinación del timón ($Timón_1$) en todo su rango dinámico (± 28 grados), por lo que se considera válido el experimento para la determinación del coeficiente que relaciona ambas variables.

⁴ Certificado de autor de innovación por el trabajo “Instalación pendular de ensayo mecánico para estimulación física y adquisición de datos del autopiloto”, No 588, Noviembre 2012.

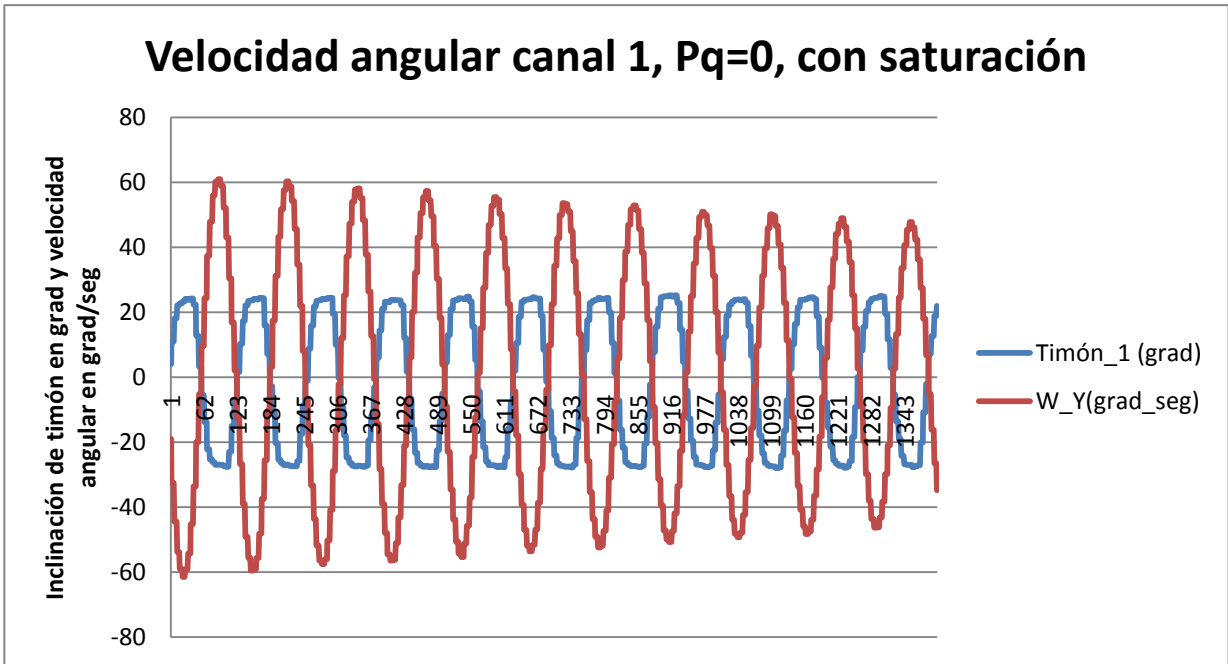


Fig. 3. 1 Señal adquirida por la aplicación donde se observa la variable de entrada (velocidad angular) y la variable de salida (inclinación del timón), con presencia de saturación.

2. En la figura 3-2 se observa el desempeño del sistema de experimentación, donde existe un comportamiento de la variable de salida (ángulo de inclinación del timón, $Timón_1$), consecuencia del estímulo de entrada que en este caso es la aceleración normal ($Acel_Z$).

La inclinación de timón posee un período de amplitud menor que el período siguiente y así se repite cíclicamente, considerada al fenómeno a causa de la histéresis dada por el sensor.

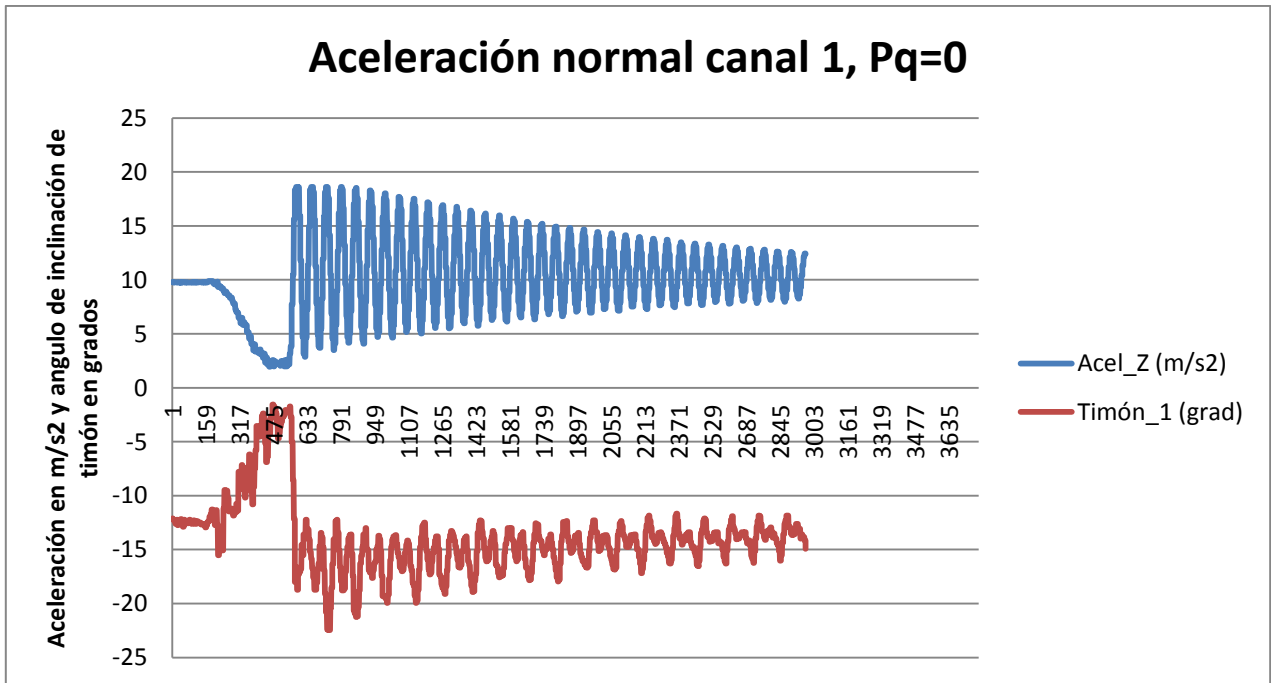


Fig. 3. 2 Señal adquirida por la aplicación donde se observa la variable de entrada (aceleración normal) y la variable de salida (inclinación del timón).

La aplicación desarrollada ofrece un despliegue de información útil e instantánea para poder comprobar el funcionamiento del hardware a controlar. Todas las variables vistas anteriormente fueron visualizadas y registradas de manera continua. De esta manera se da paso a las pruebas en campo para comprobar su funcionamiento final, afirmando que lo anteriormente expuesto se considera válido para posteriores pruebas y experimentos.

3.1.2 Pruebas y resultados en campo

Las pruebas realizadas en campo se desarrollan con una mayor envergadura debido a las condiciones del terreno y el estado del tiempo, factores que influyen considerablemente en el resultado del experimento. Con vistas a lograr un buen desarrollo en el terreno, se prepararon dos puntos de recepción de datos con las mismas características y equipamiento, ambos sincronizados (misma hora en ambas PC) lo que a distancias diferentes. El primero a 1 km de distancia del vehículo no tripulado y el segundo a más menos 3 km de distancia.

A continuación se exponen algunos de los resultados arrojados, donde se evidencia que al comenzar el experimento, como la PC 1 se encontraba más cerca del vehículo no tripulado, es decir, que presentaba visibilidad directa con el vehículo, como bien se evidenció en las características del desarrollo del sistema integrado, logró medir unos segundos más que la PC 2, aunque en la Fig. 3.5 se evidencia la sincronización que existía entre ambas PC.

Finalmente el experimento, realizado en tres ocasiones arrojó resultados satisfactorios, ya que se logró recolectar información no conocida anteriormente del vehículo en estudio para el desarrollo de posteriores investigaciones.

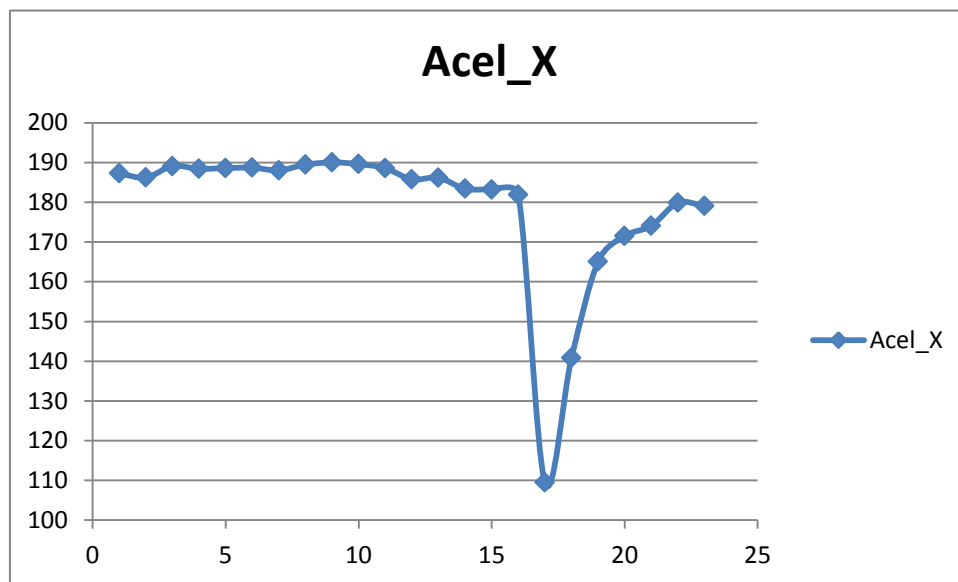


Fig. 3. 3 PC 1 con aplicación a 1 km de distancia.

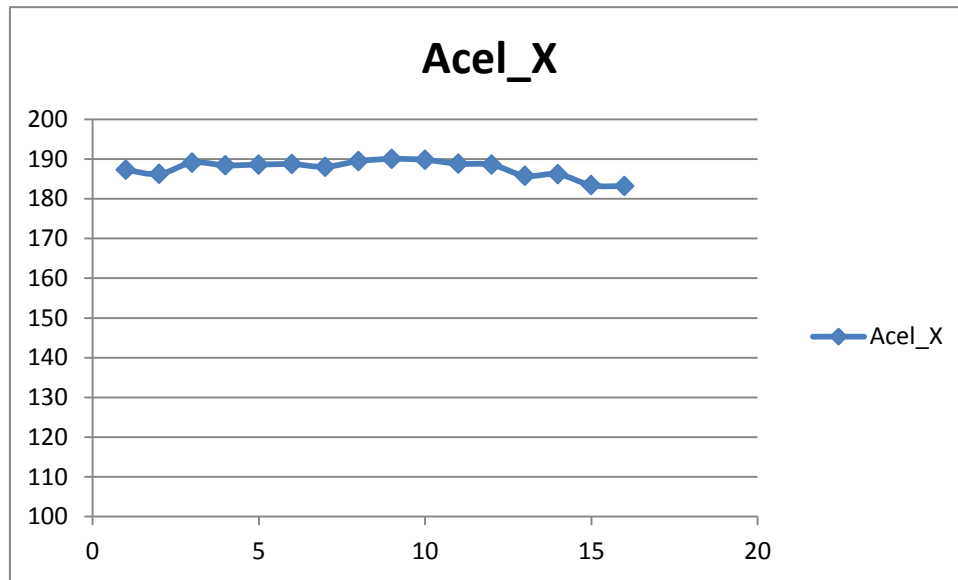


Fig. 3. 4 PC 2 con aplicación a más menos 3 km de distancia.

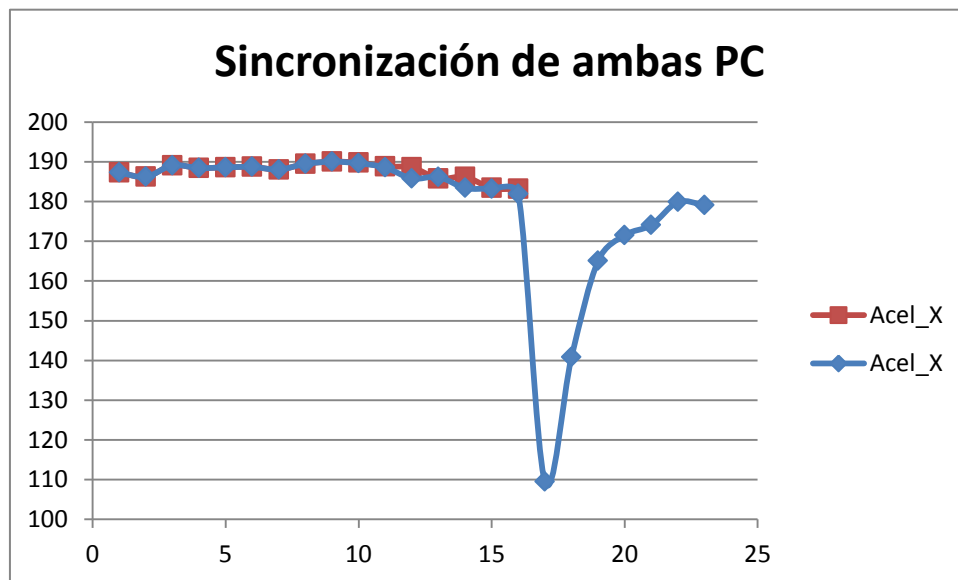


Fig. 3. 5 Sincronización de ambas PC. Rojo PC 2, Azul PC 1.

3.2 Beneficios e impacto económico-social

El implementar un sistema de telemetría trajo para el personal involucrado:

- Cambios muy importantes que se complementaron con la capacitación y entrenamiento para el manejo del sistema.

- Disponibilidad de la información para la toma de decisiones.
- Obtener una arquitectura de hardware y software capaz de soportar el controlador diseñado y cumplir con los requerimientos de tiempo real.
- Obtener un sistema propio capaz de crecer, cambiar o adaptarse según las necesidades del cliente.
- Ser propietarios del conocimiento íntegro del sistema en general.

3.3 Colaboración con otros centros de investigación (prestación de servicios)

Debido a la importancia del proyecto, el sistema fue utilizado en un proyecto similar desarrollado en el Centro de Investigación MECATRONICS, como parte de préstamo de servicios.

Si bien el sistema era adaptable según las necesidades del cliente, como lo ocurrido con el Centro de Investigación MECATRONICS, se realizaron pruebas de laboratorio y campo, arrojando resultados satisfactorios.

Dentro de la relación de expertos que certificaron la aplicación y sistema en general, se encuentran especialistas pertenecientes a dicha institución.

3.4 Validación de la solución

Para la validación de la presente investigación se tuvieron presentes las siguientes técnicas de investigación:

1. Escalamiento de Likert, aplicado a 13 expertos, de ellos 6 doctores, 3 especialistas en la materia y 4 con conocimientos generales del sistema integrado (Anexo 3).
2. Técnica V. A. Iadov, aplicada a 25 expertos (Anexo 2).

Por último se realizó una triangulación metodológica para garantizar la confiabilidad de los resultados alcanzados en la investigación además del análisis de un mismo grupo de datos para lograr los propósitos de la validación.

3.4.1 Escalamiento de Likert

Para el procesamiento de los resultados se empleó un método que consiste en identificar la frecuencia en cada categoría de la escala de Likert definida en la encuesta (Anexo 5). Esta mide actitudes o predisposiciones individuales en atención a constructos específicos, a través de ítems codificados. La escala se construye con base en una serie de ítems codificados que actúan como reactivos; estos ítems permiten determinar la intensidad y la dirección, positiva o negativa, de la actitud de cada sujeto (Rodríguez J. P., 2015). Se calcula el índice porcentual (IP), que integra en un solo valor la aceptación del grupo de evaluadores sobre las características de la aplicación.

$$IP = (5(\% \text{ de } A) + 4(\% \text{ de } B) + 3(\% \text{ de } C) + 2(\% \text{ de } D) + 1(\% \text{ de } E))/5$$

dónde:

- (A) Totalmente de acuerdo
- (B) De acuerdo
- (C) Indiferente
- (D) En desacuerdo
- (E) Totalmente en desacuerdo

Los planteamientos utilizados fueron los siguientes:

1. El proceso de selección tecnológica que forma parte del sistema favorece la composición correcta de aplicaciones basadas en la telemetría.
2. Los componentes que forman parte del sistema y su interrelación brindan la seguridad necesaria para el desarrollo de la aplicación.
3. La concepción de una infraestructura tecnológica correspondiente al entorno actual del país, permite lograr reducción de costos debido a los altos precios en el mercado internacional.

4. Los principios en los que se basa el sistema basado en la telemetría facilitan el desarrollo de una aplicación para la adquisición de datos.
5. El análisis de experiencias anteriores como principio de retroalimentación constante es decisivo para el desarrollo de un sistema de adquisición de datos.
6. Las pruebas experimentales realizadas a la aplicación y sistema en general son necesarias para fundamentar la seguridad y vitalidad de la información con que se trabaja.
7. Los sistemas de adquisición de datos basados en la telemetría son importantes para conocer el funcionamiento de un determinado hardware de difícil acceso o presencia del personal humano.

La encuesta fue aplicada a 13 expertos lo cual arrojó que la aceptación en la caracterización de la aplicación fue de un 81.97%.

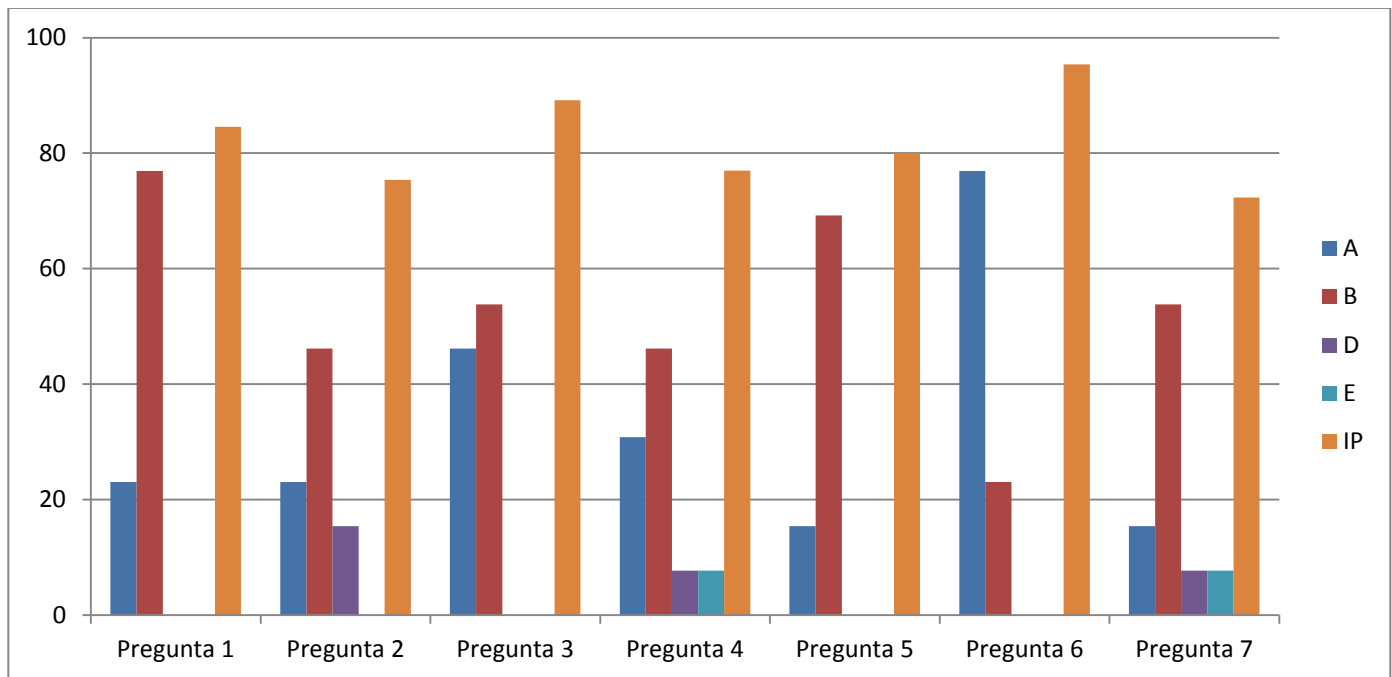


Fig. 3. 6 Resultados de la aplicación de la escala de Likert en %.

El procesamiento realizado a través del escalamiento de Likert evidencia que, tanto los elementos teóricos como las características, funciones y principios de la aplicación, tienen una alta valoración por parte de los expertos, a lo que se une la

opinión de lo novedoso e importancia de la misma para los actuales acontecimientos y los altos precios en el mercado internacional.

3.4.2 Técnica V. A. Iadov

El conocimiento de satisfacción del usuario respecto al sistema desarrollado y a la aplicación como tal, es de gran utilidad para el desarrollo de posteriores trabajos y para la validación del mismo.

La técnica de Iadov constituye una vía para el estudio del grado de satisfacción de los implicados en el proceso de análisis. Para el desarrollo de esta técnica se aplicó una encuesta que permitió conocer el grado de satisfacción con respecto a la aplicación y sistema desarrollado.

La Técnica V. A. Iadov fue creada para establecer el nivel de satisfacción por la profesión de carreras pedagógicas. Luego algunos autores entre ellos (González V, 1989) la han modificado en parte y aplicado para valorar la satisfacción en múltiples campos y como parte de diagnósticos y validaciones en diferentes investigaciones (Díaz, 2012).

En el presente trabajo se utilizó esta técnica específicamente para medir la satisfacción de expertos con relación al desarrollado del sistema de adquisición de datos basado en la telemetría.

La técnica de Iadov constituye una vía indirecta para el estudio de la satisfacción a la hora de desempeñar ciertas actividades. Se basa en el análisis de un cuestionario que tiene una estructura interna determinada, que sigue una relación entre tres cuestionamientos cerrados y el posterior análisis de dos cuestiones abiertas. La relación entre las preguntas cerradas se establece a través del denominado "Cuadro Lógico de Iadov".

¿Le satisface el desarrollo de la aplicación basada en la telemetría?	¿Considera que para la adquisición de datos de un equipo no tripulado no es necesario disponer de un sistema de telemetría?								
	No			No sé			Sí		
	¿Usaría esta aplicación basada en la telemetría para la adquisición de datos?								
	Sí	No sé	No	Sí	No sé	No	Sí	No sé	No
Me gusta mucho	1	2	6	2	2	6	6	6	6
No me gusta tanto	2	2	3	2	3	3	6	3	6
Me da lo mismo	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Me disgusta más de lo que me gusta	6	3	6	3	4	4	3	4	4
No me gusta nada	6	6	6	6	4	4	6	4	5
No sé qué decir	2	3	6	3	3	3	6	3	4

Fig. 3. 7 Cuadro lógico de ladov.

El número resultante de la interrelación de las tres preguntas indica la posición de cada cual en la escala de satisfacción siguiente:

1. Clara satisfacción
2. Más satisfecho que insatisfecho
3. No definida
4. Más Insatisfecho que satisfecho
5. Clara insatisfacción
6. Contradictoria

la cual necesitamos para calcular el Índice de Satisfacción Grupal mediante la fórmula:

$$ISG = (A(+1) + B(+0.5) + C(0) + D(-0.5) + E(-1))/N$$

que nos permite reconocer las categorías grupales:

- Insatisfacción: desde (-1) hasta (-0, 5)
- Contradictorio: desde (-0, 49) hasta (+0, 49)
- Satisfacción: desde (+0, 5) hasta (1)

Para medir el grado de satisfacción se tomó una muestra de 25 expertos encuestados, teniendo en cuenta los años de experiencia en el trabajo, conocimiento del hardware con que se trabaja, entre otros aspectos. El resultado de la satisfacción individual se muestra en la figura 3-8:



Fig. 3. 8 Resultados de la aplicación de la técnica de ladov.

En este caso el Índice de Satisfacción Grupal (ISG) fue de 0.84, lo que representa satisfacción de los participantes con el sistema propuesto.

La técnica de ladov contempla además dos preguntas complementarias de carácter abierto. Las preguntas abiertas son de mucha importancia ya que permiten profundizar en las causas que originan los diferentes niveles de satisfacción y plantean sugerencias de utilidad para la presente y futuras investigaciones (Díaz, 2012).

Entre las principales recomendaciones de los expertos estuvieron:

- Visualizar en un mapa la trayectoria del vehículo no tripulado en tiempo real.
- Permitir, dado unas coordenadas, mostrar la trayectoria que debe tomar el vehículo no tripulado.

3.4.3 Triangulación metodológica

La triangulación metodológica es una técnica usada para tomar múltiples puntos de referencia y localizar una posición desconocida. Es un procedimiento de control implementado para garantizar la confiabilidad en los resultados de cualquier investigación, debido a que disminuye el sesgo que se produce al comparar resultados obtenidos en la cuantificación de variables mediante un método cuantitativo y las tendencias y dimensiones que surgen de la aplicación de métodos cualitativos (Rodríguez J. P., 2015). “Es la aplicación y combinación de varias metodologías de la investigación en el estudio de un mismo fenómeno” (SABIOTE, LLORENTE, & PÉREZ, 2006), definición con la que el autor coincide.

Tabla 3-1 Resumen de la triangulación de métodos.

Objetivo a evaluar	Métodos cuantitativos	Conclusiones
<p>Sistema de adquisición de datos basado en el telemetría</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Escalamiento de Likert para comprobar la aplicabilidad de los principios de la aplicación y su funcionamiento (IP=81.97%) • Técnica V. A. Iadov para comprobar el nivel de satisfacción de los usuarios (ISG=0.84) 	<p>Según los resultados arrojados se puede concluir que existe una correspondencia satisfactoria entre los resultados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El nivel de satisfacción de los usuarios queda aprobado, así como los componentes utilizados en el desarrollo del sistema en general • Se comprueba que es provechoso el desarrollo de una aplicación propia basada en la telemetría debido a los altos costos en el mercado internacional <p>Por tanto, se justifica la validez de la propuesta.</p>

3.5 Conclusiones del capítulo

En el presente capítulo se:

- Se le realizaron pruebas de laboratorio y campo a la aplicación y sistema en general, así como su validación a través de metodologías y métodos de investigación científica.
- Tras la aplicación del Escalamiento de Likert a expertos para comprobar la aplicabilidad de los principios de la aplicación y su funcionamiento se obtuvo un Índice Porcentual de un 81.97%.
- El índice de satisfacción grupal que arrojó la técnica de ladov a los clientes fue de 0.84, alto, demostrando la seguridad y fiabilidad de lo desarrollado.

CONCLUSIONES GENERALES

Para dar cumplimiento a los objetivos propuestos en la presente investigación, se concluye lo siguiente:

1. Del estudio bibliográfico referente al tema se puede concluir que a pesar de existir avances en instituciones nacionales e internacionales, estas no cumplen con las normas requeridas por la investigación, debido a las particularidades del hardware con que se trabaja, el elevado costo de estos sistemas en el mercado, la actualización constante de su equipamiento, los fines comerciales, el denegado acceso al código fuente, así como la falta de seguridad de la información que se genera.
2. La aplicación informática desarrollada cumple con los requerimientos planteados por el cliente, permite la visualización de los parámetros a controlar en tiempo real, así como el almacenamiento y observación en gráfico de los mismos, dando oportunidad a detallar la información adquirida. Brinda suministro de la información con seguridad y fiabilidad, pilar importante que sustenta la investigación.
3. Durante la validación de la propuesta se realizaron pruebas experimentales en laboratorio y campo, dando validez a lo desarrollado, así como la utilización del escalamiento de Likert ($IP = 81.97\%$), la Técnica de ladov ($ISG=0.84$) y la triangulación metodológica mediante lo cual se pudo verificar la clara satisfacción y correspondencia de los expertos y usuarios respectivamente con la propuesta.

RECOMENDACIONES

Para la continuidad de la presente investigación el autor recomienda:

- Aplicar paralelización de los principales algoritmos de la aplicación, para lograr mayor velocidad en la lectura de datos y una adaptación segura a la introducción de nuevas tecnologías.
- Complementar el módulo relacionado con la ubicación del hardware en un mapa.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilar Castro, J. L., & Leiss, E. (2004). *Introducción a la Computación Paralela* (1ra edición ed.). Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela.
2. Alonso, R. C. (2010). *Tecnologías de la Información y la Comunicación (módulo)*. (ISBN 8498392632, 9788498392630).
3. Alzate, P. D. (2013). *Dispositivo para telemetría de vehículo eléctrico*. Tesis, Universidad Pontificia Bolivariana, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Medellín.
4. Cibernarium, B. A. (Ed.). (2012). Aplicacions de telemetria i telecontrol per empreses. *Domòtica i Eficiència Energètica*, (pág. 32). Barcelona.
5. Areny, R. P. (2012). *Adquisición y distribución de señales*. Barcelona: Boixareux editores.
6. Berenz Peña, G., Grande Reyes, L., & Pariona Pariona, O. (2007). *LECTURA REMOTA DE LAS VARIABLES DE UN INVERNADERO USANDO TELEMETRÍA*. Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Mecánica.
7. Borches, M. (8 de Febrero de 2012). *La Escuela dde Aviación Militar desarrolla un UAV para fines militares de largo alcance*. Recuperado el 2016, de infodefensa.com.
8. Brayan, R. R. (2012). *Informe de resultados Acondicionadores de entrada y salida*. La Habana.
9. Brayan, R. R. (2012). *Informe de resultados Caracterización autopiloto*. La Habana.
10. Brayan, R. R. (2012). *Informe de resultados Sensores Barométricos*. La Habana.
11. Cabré, R. B. (2013). *Diseños cuasi-experimentales*. Universidad de Barcelona, Dpto. de Metodología de las Ciencias del Comportamiento.
12. Caiafa, R. (Ed.). (13 de Enero de 2016). *El centro satelital brasileño de defensa ya tiene antena de mando*. Recuperado el 13 de Enero de 2016, de infodefensa.com.

13. Calderón, Á., Cimoli, M., Correa, N., Díaz, Á., Dirven, M., Ferraz, J. C., y otros. (2008). *La sociedad de la información en América Latina y el Caribe: desarrollo de las tecnologías y tecnologías para el desarrollo.*
14. Calle, M. G. (2009-2010). *COMUNICACIONES EN LA FÓRMULA 1: TELEMETRÍA.* Escuela Técnica Superior de Ingeniería-ICAI. Universidad Pontificia Comillas.
15. Carden, F., R. H., Jedlicka, R., & House Publishers, A. (2002). *Telemetry Systems Engineering.*
16. Cardona, A. M. (Julio de 2003). *DISEÑOS CUASIEXPERIMENTALES.* Universidad de Antioquia, Facultad Nacional de Salud Pública.
17. Castellano, N. N., Gázquez Parra, J. A., López Rodríguez, J. F., & Manzano-Agugliaro, F. (2012). Sistema de telemetría para la transmisión de datos desde ambulancia. (U. N. Colombia, Ed.) *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal, Sistema de Información Científica*, 79 (175), 10.
18. Casteñeda Díaz, I. L., & Ruano Bastidas, O. A. (2010). *Sistema de telemetría para la adquisición y monitoreo de datos experimentales a partir de experimentos de electricidad térmicamente estimulada.* Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad Tecnológica, Ingeniería en Telecomunicaciones, Bogotá D.C.
19. Ceervantes, G. A. (2001). *Sistema transmisor receptor para telemetría cardíaca destinado a la variabilidad de frecuencia cardíaca (VFC).* Universidad de Playa Ancha, Valparaíso, Facultad de Ciencias. La Habana, Cuba: Memorias II Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica.
20. Cichanowski, M., Kornuta, C., & Marinelli, M. *DESARROLLO DE UN SISTEMA DE NAVEGACION Y TELEMETRÍA EN TIEMPO REAL PARA UN ROBOT MOVIL DESDE UN SMART PHONE.* Universidad Nacional de Misiones, Departamento de Informática, Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales.
21. Colectivo de autores. (2014). Recuperado el 2015, de <http://www.article19.org>

22. Colectivo de autores. (2014). ALGORITMOS PARALELOS, Tema 1: Introducción a la Computación Paralela., (pág. 32).
23. Colectivo de autores. (2014). *MovilGate*. Recuperado el 2015, de <http://www.chilemovil.com/cm/telemetry/faqs.html>
24. Colectivo de autores. (2011). *Radio Comunicaciones*. Recuperado el 2015, de <http://www.radiocomunicaciones.net/telemetria.html>
25. Colectivo de autores *Radio Comunicaciones.net*
26. Committee, T. G. (2008). *Telemetry (TM) Systema Radio Frequency (RF) Handbook*. New Mexico.
27. Computación de Alta Performance. (2009). *PROGRAMACIÓN PARALELA* .
28. Diagrama esquemático de una estación automática con telemetría satelital. México: Secretaria de Marina, Armada de México.
29. Díaz, O. F. (2012). *MODELO PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES COMPUESTAS BASADAS EN ARQUITECTURAS ORIENTADAS A SERVICIOS*. Tesis doctoral, Universidad de las Ciencias Informáticas, La Habana.
30. Diéguez, I. J. *LA EVOLUCIÓN DEL CONTROL DE PROCESOS Y LA TELEMETRÍA*. Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ingeniería.
31. Duffau, B., Rojas, F., Guerrero, I., Roa, L., Rodríguez, L., Soto, M., y otros. (2010). *Validación de métodos y determinación de la incertidumbre de la medición: "Aspectos generales sobre la validación de métodos"*. Guía, Instituto de salud pública de Chile, Departamento de Salud Ambiental, Santiago.
32. Ellis, G. (2004). *Control system design guide Third edition*. Elsevier Academic Press.
33. Garber, S. (10 de Octubre de 2007). *NASA History*. Obtenido de history.nasa.gov/sputnik
34. GARCIA COLLAZOS, B. F., & BORRAY RUSSI, J. A. (2012). *SISTEMA DE TELEMETRÍA 3D PARA UN MANIPULADOR ROBÓTICO DE CORTE SUPERFICIAL*. UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA, FACULTAD

DE INGENIERÍA, PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA. BOGOTÁ D.C.: Grupo de Aplicaciones Virtuales.

35. González, A. G. (2010). *SISTEMA PARALELO DE APOYO AL PROCESO DE EXPLORACIÓN DEL NÍQUEL*. TESIS PRESENTADA EN OPCIÓN AL TÍTULO DE MÁSTER EN INFORMÁTICA APLICADA, Universidad de las Ciencias Informáticas, Dirección de Formación Postgraduada, La Habana.
36. Guzmán Naal, W., & Sánchez Ek, A. J. (2011). *Características y evolución de los sistemas de telemetría inalámbricos*. Tesis, Instituto Tecnológico de Mérida, Mérida, Yucatán, México.
37. Hughes, C., & Hughes, T. (2003). *Parallel and Distributed Programming Using C++*. Addison Wesley.
38. Ibrahim, D. (2006). *Microcontroler Based Applied Digital Control*. Cyprus: John Wiley & Sons, Ltd.
39. Jiménez, C. A. (2004). *Sistema de telemetría en redes inalámbricas para aplicaciones en tiempo real*. Propuesta Proyecto de Investigación, Departamento de Informática y Sistemas, Medellín.
40. Katz, R. (2009). El pape de las TIC en el desarrollo. (ISBN 978-84).
41. Kniberg, H. (2007). *SCRUM Y XP DESDE LAS TRINCHERAS*. Estados Unidos de Anérica.
42. Lapray, D., Bergeler, J., Dupont, E., Thews, O., & Luhmann, H. J. (2007). *Un novedoso sistema de telemetría en miniatura para la grabación de la actividad eeg en ejratas que se mueven libremente*. Artículo científico, Institute of Physiology and Pathophysiology, University of Mainz.
43. Limiñana, R., Soutullo, Á., López-López, P., & Urios, V. (2008). Uso de la telemetría por satélite para el seguimiento de la migración: El Aguilucho Cenizo (*Cyracus pygargus*) en la provincia de Castellón. *Revista de Anillamiento* (21-22), 7.
44. Linares, R. H. (1986). *Instrumentos de aviación*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación .
45. Lourdes, B. M. (2010). *Conferencia AP 5A26*. La Habana.

46. Maloney, T. J. (2006). *Modern Industrial Electronic* (Vols. ISBN: 970-26-0669-1). Mexico: Pearson Education.
47. Marínez, D. L. (2014). *Programación paralela en memoria distribuida*. MPI. Curso Programación Avanzada. Maestría de Informática Avanzada., Universidad de las Ciencias Informáticas, La Habana.
48. Ministro de las Fuerzas Armadas Revolucionarias. (2010). Resolución 11. *Resolución 11 del Ministro de las Fuerzas Armadas Revolucionarias*. La Habana, Cuba.
49. Morales Bejarano, J. D., & Vargas Burgos, D. G. (2012). *Diseño, construcción e implementación de un sistema de telemetría para un vehículo de Karting*. Escuela Politécnica Nacional. Quito: Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.
50. Morone, G. (2013). *Métodos y técnicas de la investigación*.
51. Novoa, A. P. (2011). VALIDACIÓN Y LEGITIMACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN EN EDUCACIÓN Y PEDAGOGÍA. *Revista de Investigación y Pedagogía "Praxis & Saber"*, 2 (4), 45-59.
52. Pascual Carrazana, C., & Valdés Zaldivar, E. E. (2003). *Aplicación de la Instrumentación Virtual Remota en la Educación a Distancia*. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría CUJAE, Ciudad de la Habana.
53. Peñalver Romero, G. M., García De La Puente, S. J., & Meneses Abad, A. (2010). *SXP, METODOLOGÍA ÁGIL PARA EL DESARROLLO DE SOFTWARE*. Universidad de las Ciencias Informáticas. Antofagasta, Chile: 1er Congreso Iberoamericano de Ingeniería de Proyectos, Mayo 2010.
54. Pons, C., & Pons, J. (2014). Una Experiencia de Vinculación Universidad-Industria: Sistemas de Monitoreo Inteligente y Ubicuo de Silobolsas. (8. J. Universidad-Industria, Ed.) (ISSN: 1851-2518), 5.
55. Prior, F. F. (2015). *Visor de información de telemetría*. Informe Final, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.
56. Quintero, L. F. (2015). *Telemetría y telegestión en procesos industriales mediante canales inalámbricos WI FI utilizando instrumentación virtual y*

- dispositivos PDA (Personal Digital Assistant)*. Universidad Nacional de Colombia, Grupo de Investigación en Teleinformática, Bogotá, Colombia.
57. RICHARDS ADRION, W., A. BRANSTAD, M., & C. CHERNIAVSKY, J. (1982). Validation, Verification, and Testing of Computer Software. *Computing Surveys* , 14 (2), 34.
58. Rivera, T. E. (2009). *¿Cómo se sabe si una metodología científica es confiable y válida?* Universidad Internacional de Andalucía, Huelva, España.
59. Rivero Varona, M. M., Rivas Estany, E., Cartaya Lopez, M. E., Valles Cruz, J., Meissimilly González, G., Hernández García, S., y otros. (10 de enero de 2012). Evaluación de un sistema de monitoreo telemétrico (Movicorde) desarrollado en Cuba. *Revista Cubana de Cardiología y Cirugía Cardiovascular* , 5.
60. Rodríguez, J. P. (2015). *Validación de resultados científicos. Métodos cualitativos*. Universidad de las Ciencias Informáticas, La Habana.
61. Rodríguez, J., Meissimilly, G., & Berovides, J. D. (10 al 13 de Junio de 2003). "SISTEMA TELEMÉTRICO DE MONITOREO DEL ECG PARA PACIENTES CON ELEVADO RIESGO CORONARIO. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO Y PRINCIPALES SOLUCIONES TÉCNICAS". *Memorias V Congreso de la Sociedad Cubana de Bioingeniería* , 4. Habana.
62. Rubio Ochoa, E., González Duarte, S., Cardona Soto, J. A., Seáñez Hernández, C. O., & Aguirre Fernández, J. H. (2014). *Sistema didáctico para prácticas de telemetría*. Universidad Tecnológica de Chihuahua, Dpto Mecatrónica y Energías Renovables.
63. SABIOTE, C. R., LLORENTE, T. P., & PÉREZ, J. G. (2006). *La triangulación analítica como recurso para la validación de estudios de encuestas recurrentes investigaciones de réplica en Educación Superior*. (Vol. 12). RELIEVE.
64. Sacconi, P. A. (2012). *Arquitectura de Sistemas Telemétricos*. Tesina de licenciatura, Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Informática.

- 65.(2005). *SISTEMA TELEMETRICO DE MONITOREO CARDIACO Y VARIABLES HOMBRE-MAQUINA APLICADO AL CICLISMO*. Escuela de Ingeniería Electrónica, Universidad Central, Facultad de Ingeniería, Habana.
- 66.Smoot, G. F., & Billings, R. H. (1969). *DIGITAL TELEMETRY FUNCTIONAL DESCRIPTION AND SPECIFICATIONS*. Washington, D.C., UNITED STATES.
- 67.Stette, P. G. (2011). *TELEMETRY the efficient transfer of information*. Presentación, NTNU.
- 68.Tarrero, J. T. (2014). *DIPLOMADOS EN INFORMÁTICA MILITAR, RECURSO ESTRATÉGICO*. Documento Opinión, Instituto Español de Estudios Estratégicos.
- 69.Torres, J. H., Villarraga, C. E., Polanía, R. H., & Egel, A. A. (2006). Implementación de un sistema de telemetría de bajo costo para medición de presiones plantares. (U. d. Andes, Ed.) *Revista de Ingeniería* (24), 10, pp. 71-79.
- 70.Velasco, J., García-Nieto, S., Reynoso-Meza, G., & Sanchis, J. (2012). *Desarrollo y evaluación de una estación de control de tierra para vehículos aéreos no tripulados*.
- 71.Verma, D. H. (2009). Telemetry Systems. En S. o. Department of Electrical and Electronics Engineering (Ed.). Greater Noida, India.
- 72.*Visual Paradigm*. (2009). Recuperado el 2015, de UML and Business Process modeling tool for software development project - Visual Paradigm for UML [Online] 2009: <http://www.visual-paradigm.com/product/vpuml/index.jsp>
- 73.www.tektronix.com. (2014). *Manual de usuario Osciloscopios de fósforo digital de la serie TDS3000B 071-0961-03*. Tektronix.
- 74.www.tektronix.com. (2014). *Series TDS1000B y TDS2000B Osciloscopios de almacenamiento digital, Manual de usuario*. Tektronix.

ANEXOS

Anexo 1. Operacionalización de las variables

Variables	Dimensiones	Indicadores	Índice de los indicadores
Aplicación informática para la adquisición de datos en sistemas basados en telemetría	Aplicación informática	Funcionamiento	Total
			Parcial
			No funcional
		Disponibilidad	Alta
			Media
			Baja
		Seguridad	Alta
			Media
			Baja
Seguridad de la información	Seguridad de la información	Manejo de la información	Fácil
			Difícil
		Acceso a la información	Fácil
			Difícil
Fiabilidad de la información manejada	Fiabilidad de la información	Calidad de la información	Buena
			Regular
			Mala
		Funcionamiento de la aplicación	Bueno
			Malo

Anexo 2. Encuesta para la aplicación de la técnica de ladov.

Estimados colegas:

Con vista a validar el desarrollado e implementación del sistema de adquisición de datos basado en la telemetría, solicitamos que usted responda a las preguntas que aparecen luego de explicar brevemente la propuesta, donde exprese su criterio sobre la aceptación de la aplicación.

Resumen de las características de la aplicación:

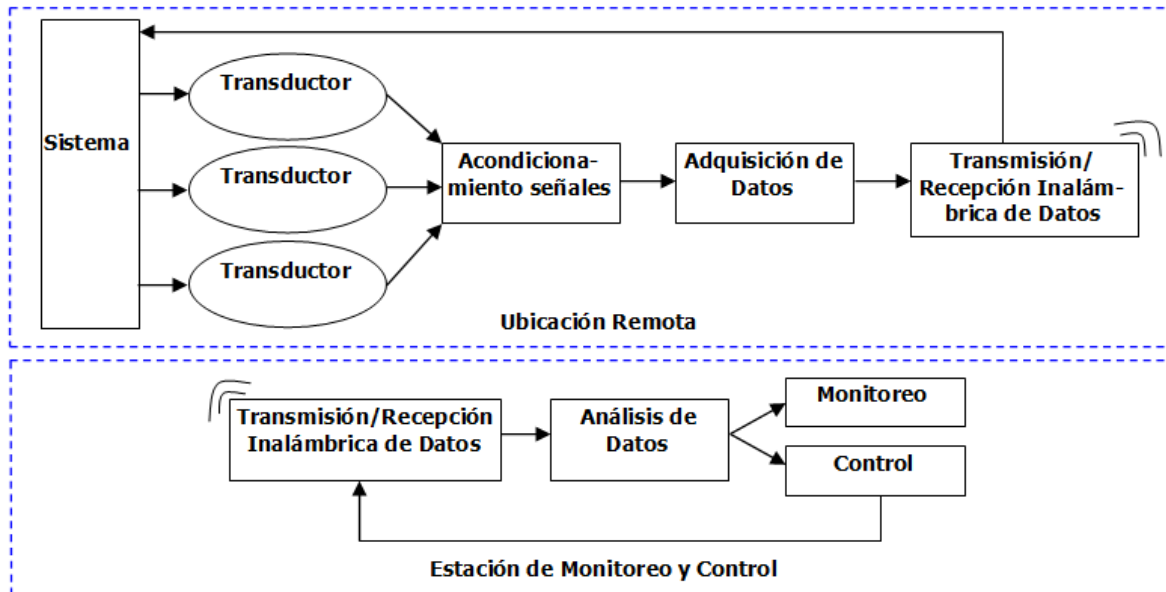
La palabra “telemetría” proviene de las palabras griegas tele (distancia) y metron (medida) y se podría traducir por “medir a distancia”. Es una tecnología que permite la medición remota de diferentes magnitudes físicas por medio de sensores y el posterior envío de la información hacia el operador del sistema (Colectivo de autores, 2011).

El objetivo de un sistema de telemetría es recoger datos de un lugar remoto o inaccesible y enviarlos a un sitio donde puedan ser correctamente analizados (Colectivo de autores, 2011).

Según (Rubio Ochoa, González Duarte, Cardona Soto, Seáñez Hernández, & Aguirre Fernández, 2014) los sistemas de telemetría constan fundamentalmente de cuatro elementos principales:

- dispositivo de entrada denominado transductor
- medio de transmisión normalmente basado en ondas de radio
- equipo de recepción y proceso de la señal
- equipo de grabación o visualización final

El transductor convierte el parámetro físico que se desea medir en señal eléctrica de determinadas características relacionadas con el inicial resultado de la medida.



Basado en los elementos que componen un sistema de telemetría, la presente investigación se centra en el desarrollo de un sistema de adquisición de datos (Estación de Monitoreo y Control) para este tipo de tecnología.

El principal objetivo de la aplicación es la adquisición de datos de un hardware de difícil acceso para las personas. La misma consta con una interfaz principal, Sistema de Control Autopiloto, de la cual se derivan los dos módulos fundamentales, Control Autopiloto en Línea y Simulación de parámetros Autopiloto, el primero encargado de mostrar y adquirir toda la información transmitida desde abordaje con un muestreo de 10 ms y almacenarla en un fichero, y el segundo permite simular, luego de la adquisición de toda la información, el comportamiento de los parámetros y la visualización gráfica de los mismos.

Preguntas cerradas

1. ¿Considera que para la adquisición de datos de un equipo no tripulado no es necesario disponer de un sistema de telemetría?: Si ____, No ____, No sé ____.
2. ¿Ha utilizado algún sistema de adquisición de datos para obtener información de lugares remotos, inaccesibles o un equipo no tripulado?: Si ____, No ____.
3. ¿Usaría esta aplicación basada en la telemetría para la adquisición de datos?: Si ____, No ____, No sé ____.
4. ¿Le satisface el desarrollo de la aplicación basada en la telemetría?: Me gusta mucho ____, No me gusta tanto ____, Me da lo mismo ____, Me disgusta más que lo que me gusta ____, No me gusta nada ____, No sé qué decir ____.
5. ¿Considera que la interfaz de la aplicación es amigable, entendible, sencilla?: Si ____, No ____, No sé ____, Tal vez ____.

Preguntas abiertas

1. ¿Qué considera de la aplicación?
2. ¿Considera que se puede agregar algo a la aplicación?
3. ¿Qué es lo que más le disgusta de la aplicación?

Nota: Escriba sus consideraciones sobre estas tres preguntas al dorso de la hoja.

Anexo 3. Encuesta para el Escalamiento de Likert

Estimados colegas:

Con vista a validar el desarrollado e implementación del sistema de adquisición de datos basado en la telemetría, solicitamos que usted responda a las preguntas que aparecen luego de explicar brevemente la propuesta, donde exprese su criterio sobre la aceptación de la aplicación.

Resumen de las características de la aplicación:

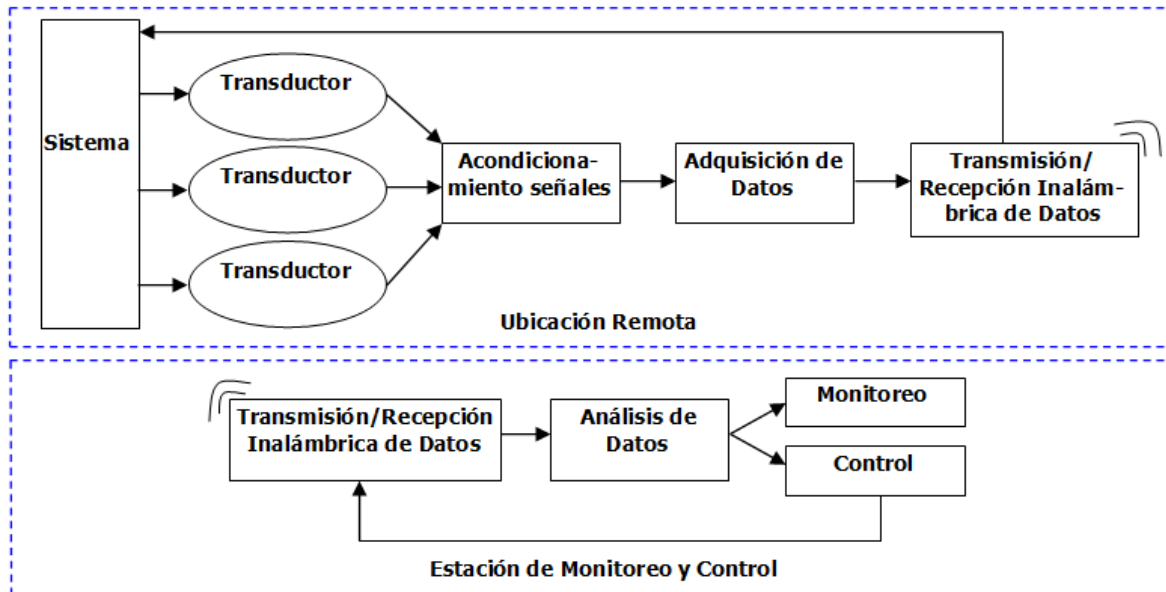
La palabra “telemetría” proviene de las palabras griegas tele (distancia) y metron (medida) y se podría traducir por “medir a distancia”. Es una tecnología que permite la medición remota de diferentes magnitudes físicas por medio de sensores y el posterior envío de la información hacia el operador del sistema (Colectivo de autores, 2011).

El objetivo de un sistema de telemetría es recoger datos de un lugar remoto o inaccesible y enviarlos a un sitio donde puedan ser correctamente analizados (Colectivo de autores, 2011).

Según (Rubio Ochoa, González Duarte, Cardona Soto, Seáñez Hernández, & Aguirre Fernández, 2014) los sistemas de telemetría constan fundamentalmente de cuatro elementos principales:

- dispositivo de entrada denominado transductor
- medio de transmisión normalmente basado en ondas de radio
- equipo de recepción y proceso de la señal
- equipo de grabación o visualización final

El transductor convierte el parámetro físico que se desea medir en señal eléctrica de determinadas características relacionadas con el inicial resultado de la medida.



Basado en los elementos que componen un sistema de telemetría, la presente investigación se centra en el desarrollo de un sistema de adquisición de datos (Estación de Monitoreo y Control) para este tipo de tecnología.

El principal objetivo de la aplicación es la adquisición de datos de un hardware de difícil acceso para las personas. La misma consta con una interfaz principal, Sistema de Control Autopiloto, de la cual se derivan los dos módulos fundamentales, Control Autopiloto en Línea y Simulación de parámetros Autopiloto, el primero encargado de mostrar y adquirir toda la información transmitida desde abordaje con un muestreo de 10 ms y almacenarla en un fichero, y el segundo permite simular, luego de la adquisición de toda la información, el comportamiento de los parámetros y la visualización gráfica de los mismos.

Preguntas:

	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Indiferente	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
1. El proceso de selección tecnológica que forma parte del sistema favorece la composición correcta de aplicaciones basadas en la telemetría.					
2. Los componentes que forman parte del sistema y su interrelación brindan la seguridad necesaria para el desarrollo de la aplicación.					
3. La concepción de una infraestructura tecnológica correspondiente al entorno actual del país, permite lograr reducción de costos debido a los altos precios en el mercado internacional.					
4. Los principios en los que se basa el sistema basado en la telemetría facilitan el desarrollo de una aplicación para la adquisición de datos.					
5. El análisis de experiencias anteriores como principio de retroalimentación constante es decisivo para el desarrollo de un sistema de adquisición de datos.					
6. Las pruebas experimentales realizadas a la aplicación y sistema en general son necesarias para fundamentar la seguridad y fiabilidad de la información con que se trabaja.					

7. Los sistemas de adquisición de datos basados en la telemetría son importantes para conocer el funcionamiento de un determinado hardware de difícil acceso o presencia del personal humano.					
---	--	--	--	--	--

Nota: Si desea exponer alguna consideración, escriba al dorso de la hoja.

Anexo 4. Relación de expertos encuestados:

1. Dr. CN Dioglis Pedrera Arguello (Presidente del Consejo Científico CIDNAV)
2. Dr. CF José Medina Castillo (Coordinador CIDNAV)
3. Dr. CF (r) Enrique Martell (Miembro del Consejo Científico CIDNAV)
4. Dr. CF (r) Ángel Valledor (Miembro del Consejo Científico CIDNAV)
5. Dr. CF Luis Balaguer Labrada (Miembro del Consejo Científico CIDNAV)
6. Dr. CF Esteban Aramis Morales (Miembro del Consejo Científico CIDNAV)
7. Dr. CF Arturo Bueno Montero (Miembro del Consejo Científico CIDNAV)
8. Dr. May. Youri Guevara Salazar (Miembro del Consejo Científico CIDNAV)
9. Dr. CF Jorge Martín Ferrer (Investigador CIDNAV)
10. Máster CF Elpidio (Miembro del Consejo Científico del CIDNAV)
11. Cor. (r) Miguelito (Especialista del MINFAR, DAAFAR)
12. Cor. (r) (Experto del MINFAR, DAAFAR)
13. Cor. Rodríguez (Especialista del MINFAR, DAAFAR)
14. CN. Fernando (Especialista del MINFAR, MGR)
15. Tte. Cor. Cisneros (Especialista del MINFAR, DAAFAR)
16. Tte. Cor. (r) Chala (Especialista de la DAAFAR)
17. Esp. I CF Rogelio Tolón (Investigador CIDNAV)
18. Esp. I CF Carlos Davison Aguiar (Investigador CIDNAV)
19. Esp. I CF (r) Francisco Valle (Investigador CIDNAV)
20. CF Alexis Aquino Regalado (Investigador CIDNAV)
21. Inv. Agregado Cap. Brayan Rodríguez (Investigador CIDNAV)
22. Inv. Agregado Tte. Navío Roberto García Vargas (Investigador CIDNAV)
23. Inv. Agregado 1^{er} Tte. Luis Raicel Socarras (Investigador CIDNAV)
24. CF Caridad (Especialista CID 3, MECATRONICS)
25. CF Cabrera (Especialista CID 3, MECATRONICS)
26. CF Ulices (Especialista CID 3, MECATRONICS)

Anexo 5 Certificado de autor de innovación por el trabajo "Sistema de Telemetría para la adquisición de datos digitales", No 585, Noviembre 2012.



**CERTIFICADO
DE AUTOR
DE
INNOVACION.**

EL _____ DIRECTOR GENERAL
DE CENTRO DE INVESTIGACION Y DESARROLLO NAVAL

EN USO DE SUS FACULTADES Y DE ACUERDO CON LO ESTABLECIDO EN LAS DISPOSICIONES LEGALES VIGENTES.

CONCEDE EL CERTIFICADO No. _____ 585

A: _____ CARLOS DAVINSON AGUIAR.

TITULO: _____ SISTEMA DE TELEMETRIA PARA LA ADQUISICION DE DATOS DIGITALES.


AUTORES: _____ BRAYAN RODRIGUEZ RUEDA.
_____ YOHANA GARCIA MORALES.
_____ DIOGLIS PEDRERA ARGUELLO.
_____ ENRIQUE MARTELL DELGADO.

DADO EN CIUDAD DE LA HABANA, A _____ 8 _____ NOY _____ DE 2012

CN. DIOGLIS PEDRERA ARGUELLO.
NOMBRE, FIRMA Y CUNO



Anexo 6 Certificado de registro del sistema por el Centro Nacional de Derecho de Autor (CENDA).

 **CENDA**
Centro Nacional de Derecho de Autor

Registro Facultativo de Obras Protegidas y de Actos y Contratos referidos al Derecho de Autor

CERTIFICACION DE REGISTRO

Licenciada María Teresa Otero Palacios, funcionaria encargada del Registro Facultativo de Obras Protegidas y de Actos y Contratos referidos al Derecho de Autor,

CERTIFICO:

Que la obra cuyos datos se consignan a continuación, aparece inscrita en el referido Registro con el número: **3984-12-2014**.

Título: Sistema de Adquisición de datos digitales basado en la Telemetría (v 3.0).

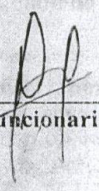
Tipo de Obra: Software.


Breve descripción de la obra: La obra es un sistema que comprende la modelación, diseño y construcción de los elementos necesarios basados en un método propio para efectuar la sincronización directa no cooperativa entre el transmisor (TX) y el receptor (RX) del sistema. Los datos de exploración se reciben desde estaciones marino/terrestre sin salto de frecuencia. La aplicación está destinada para computadores tipo PC (PC Industrial y/o Robustecida) con sistema operativo Windows 2000 o superior.

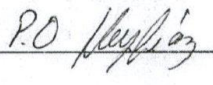
Autores: Brayan Rodríguez Rueda; Yohana García Morales.

Titular: Centro de Investigación y Desarrollo Naval.

Dada en La Habana, a los 18 días del mes de diciembre de 2014.

Funcionaria 

 **CENDA**
CENTRO NACIONAL DE DERECHO DE AUTOR
SUBDIRECCIÓN
REGISTRO DE OBRA

Recibo conforme: 

Calle 15 N° 604 e/ B y C, Plaza de la Revolución, CP10400, La Habana, Cuba.
Teléfonos: (53-7) 832 3571 – 72 Fax: (53-7) 833 2030 E-mail: cenda@cenda.cu
www.cenda.cu