

## SISTEMA AACMI DE BAJO COSTO PARA EVALUACIÓN DE ADIESTRAMIENTO DE PILOTOS

D. Díaz<sup>a b</sup>; M. Escobar<sup>a b</sup>; J. Oviedo<sup>a</sup>; J. Rumie Vittar<sup>a</sup> y P. Solivellas<sup>a b</sup>

<sup>a</sup> Centro I+D Tecnologías Aeronáuticas (CITeA) – Fuerza Aérea Argentina  
Área Material Río Cuarto – Las Higuerras – Córdoba – Argentina

<sup>b</sup> Grupo Sistemas de Tiempo Real (GSTR) – Facultad de Ingeniería – UNRC  
Ruta Nacional N° 36 – Km. 601 – Las Higuerras – Córdoba – Argentina

Email: citea\_rioiv@faa.mil.ar

### RESUMEN

*El sistema AACMI (por sus siglas en inglés Autonomous Air Combat Manoeuvring Instrumentation) permite realizar la observación y evaluación en tiempo real o diferido de ejercicios en los que intervienen aeronaves de combate. Las técnicas de entrenamiento de combate moderno ha sugerido un cambio que impulsó al desarrollo Sistemas de Evaluación de Adiestramiento de Combate (SEACO). La mayoría de las fuerzas aéreas de todo el mundo utilizan día a día estos sistemas debido a que el entrenamiento con aviones de combate modernos se ha vuelto excesivamente costoso mientras que los presupuestos asignados a la Defensa decrecen año tras año. En la actualidad, SEACO se ha convertido en una de las tantas herramientas indispensable para cualquier fuerza aérea moderna permitiendo ahorrar una cantidad importante de horas de vuelo, y en consecuencia, grandes costos que demanda el Adiestramiento a un Sistema de Armas.*

*La presente publicación, detalla el diseño e implementación de un sistema de adiestramiento de combate; este sistema, se compone de dos subsistemas: aéreo y terrestre. El subsistema aéreo se encarga de la adquisición de parámetros de su propio vuelo, de eventos de lanzamiento de armamentos, y de datos de las otras aeronaves que participan en la operación para calcular la evolución del ejercicio y posteriormente almacenarla y transmitirla a tierra para su análisis. Por otro lado, el subsistema de tierra es el responsable de recibir los datos provenientes desde las aeronaves con el objeto de procesarlos y mostrar la evolución del ejercicio en tiempo real. Asimismo, el subsistema de tierra almacena digitalmente estos datos permitiendo llevar a cabo una reproducción post vuelo.*

*El Sistema Data Link utilizado para las comunicaciones no solo permite un control del ejercicio en tiempo real sino que brinda ventajas adicionales, como, por ejemplo, la advertencia anti-colisión que permite aumentar la seguridad de vuelo y es de vital importancia para cualquier misión de entrenamiento.*

**Palabras claves:** Sistema de Adiestramiento, Sistemas Embebidos, RTOS, Comunicaciones Inalámbricas

### INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se refiere a un Sistema para la Evaluación de Adiestramiento en Combate el cual consiste en una alternativa nueva e innovadora de bajo costo y de desarrollo nacional, que permitirá incrementar de manera significativa la eficiencia del grupo dedicado a la evaluación del

adiestramiento en operaciones aéreas y reducir de forma drástica la relación de horas de vuelo aplicadas en relación con la capacidad adquirida por las tripulaciones [1].

La necesidad radica principalmente en reemplazar el Sistema EHUD® adquirido por la Fuerza Aérea Argentina en la década del 90 a una empresa internacional, por una de bajo costo desarrollada enteramente en la República Argentina.

El sistema consiste en una herramienta completamente adaptada para la supervisión y evaluación de operaciones, particularmente para ejercicios de grandes fuerzas, así como también de manera subsidiaria para el adiestramiento y evaluación de operaciones. Esta herramienta, compatible a los Sistemas AACMI desarrollado por empresas privadas internacionales [2] [3], permitirá una evaluación completa e integral de las operaciones realizadas a saber: los niveles de eficiencia alcanzados, fratricidios cometidos, derribos de aeronaves y nivel de daños infligidos sobre el enemigo.

Esta información es relevada para cada uno de los bandos, permitiendo analizar de manera accesoria y virtual, maniobras u otras posibles opciones no llevadas adelante durante la operación y que podrían haberse ejecutado. Esto permitirá al instructor tener la posibilidad de corregir las maniobras erróneas o permitirle las mejores opciones posibles de los pilotos en su adiestramiento.

El SEACO posee básicamente dos subsistemas principales a considerar, en la que cada subsistema deberá cumplir funciones específicas para el entrenamiento y el adiestramiento de los pilotos.

El primer subsistema, denominado equipamiento avión [4], realizará captura de datos en vuelo de posición geográfica [5], actitud y eventos de lanzamientos de armamentos que circulan en el bus de comunicaciones BUS MIL-STD-1553B [6] [7], y a su vez, a medida que transcurre el ejercicio, la evolución de las restantes aeronaves de combate a través de comunicaciones inalámbricas disponible entre los sistemas de armas y el segundo subsistema denominado estación terrestre. Del mismo modo, recibirá información sobre datos esenciales acerca del plan previo de vuelo (misión) por medio de dicha estación terrestre, que a su vez, procesará datos enviados por los diferentes sistemas de armas involucrados permitiendo un adecuado análisis del ejercicio realizado, controlar el nivel de ejecución, adiestramiento y eficacia del ejercicio como los lanzamientos de armamentos de misiles o cañones de cada uno de los mencionados sistemas de armas. A continuación se visualizará conceptualmente el sistema completo.

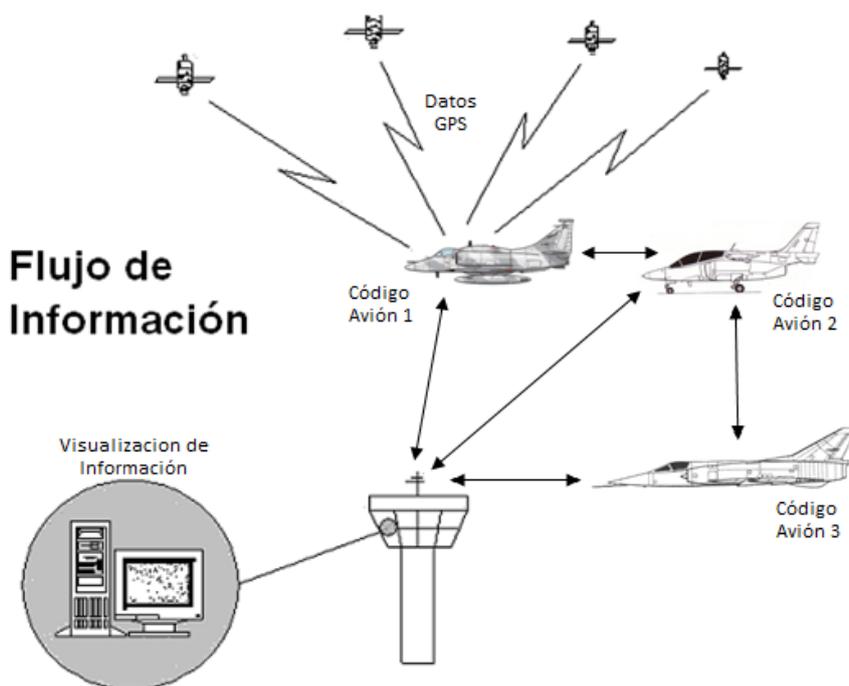


Figura 1: Sistema para Evaluación de Adiestramiento de Combate.

## CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO

Para el diseño del SEACO se requirió de dispositivos de alta velocidad, de bajo costo y compactos que permitieron adquirir datos desde las aeronaves, tanto desde el BUS MIL-STD-1553 como de un sistema de comunicación inalámbrica [8], ejecutando a grandes velocidades un gran volumen de procesos y cursar información audible a los pilotos.

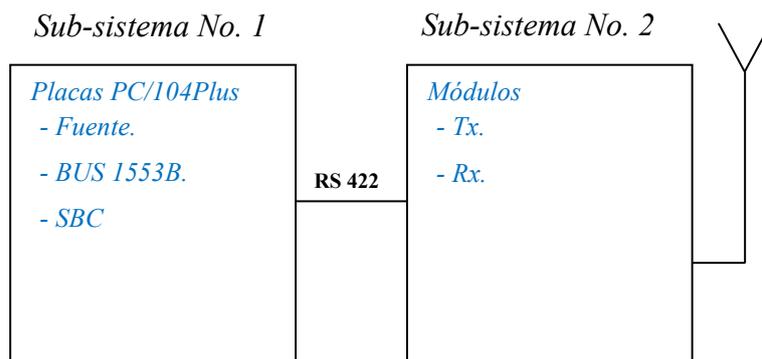
El SEACO, está conformado como mínimo de dos Aeronaves y una Estación Terrena, cuyo sistema permitirá evaluar y visualizar las acciones operativas en tiempo real [9] de la flota o de reproducir un posterior análisis de los datos almacenados.

El subsistema equipamiento avión, realiza la adquisición y almacenamiento de datos, procesamiento de la información, manejo de envío de audio hacia el piloto y manejo de envío de información hacia los otros elementos del SEACO (demás aeronaves y Estación Terrena).

### SUBSISTEMA AVION

El subsistema avión, mostrado en la Figura 2, contiene dos partes principales:

- 1) Sub-Sistema No.1: Interfaces voz y datos, BUS MIL-STD-1553, Procesamiento, Manejo de Tx/Rx y Grabación de Datos del Sistema y Fuente de Alimentación del Sistema
- 2) Sub-Sistema No.2: Tx/Rx.



**Figura 2:** Sistema de Captura y Transmisión de Información (SCT).

El Sub-sistema No.1 está asociado con:

- a) Ejecuciones de Audio informando al piloto situaciones definidas en el SEACO;
- b) Motor de captura de datos desde el BUS MIL-STD-1553b.
- c) Envío, recepción y almacenamiento de la Red Inalámbrica de las otras aeronaves, proveniente del Sub-sistema No.2 (Transmisión y Recepción de datos en Banda S);
- d) Recepción y almacenamiento de todos los datos recibidos y
- e) Procesamiento en tiempo real de toda la información para la debida ejecución del audio para informar al piloto.

El Sub-sistema No.2 enlaza bi-direccionalmente de forma inalámbrica a los otros Subsistemas de todos los aviones, para que cada uno pueda valorizar la acción operativa relativa o independiente de todos los vectores del ejercicio. La información adquirida y procesada por todas las aeronaves, también es enviada a la Estación de tierra.

Por otra parte, el espacio disponible para la instalación de los módulos aéreos dentro de los Aviones de combate tienen poco espacio disponible. Esto hace que los procesadores deban ser compactos y de alta

confiabilidad; este es el motivo por el cual se empleó de dispositivos reducidos montados en placas con un factor de forma estandarizado designado como PC/104 Plus [10].

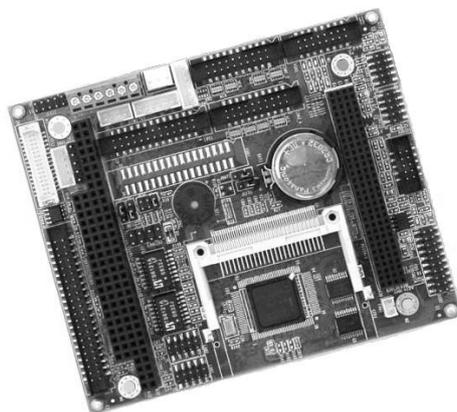
El desarrollo del Sistema para Evaluación de Adiestramiento de Combate se inició con la definición de las características técnicas/operativas a partir de los requerimientos operacionales del sistema. De tal manera, se definieron parámetros básicos tales como:

- Procesamiento y Adquisición de datos desde el BUS-STD-1553.
- Almacenamiento de Datos adquiridos.
- Procesamiento y cálculo de Datos recibidos.
- Envío de Audio hacia Piloto.
- Almacenamiento del SEACO.
- Envío y recepción de Datos a la red inalámbrica.
- Procesamiento y cálculo de Datos recibidos.

Posteriormente y luego de un diseño conceptual general se describirá brevemente cada parte.

#### *Placa Procesadora*

La placa utilizada para el procesamiento de la información en el subsistema 1, también llamada SBC (por sus siglas en inglés de *Single Board Computer*), se muestra en la figura 3 y corresponde a una PC/104 Plus marca PLUTO.



**Figura 3:** Single-Board Computer 2.

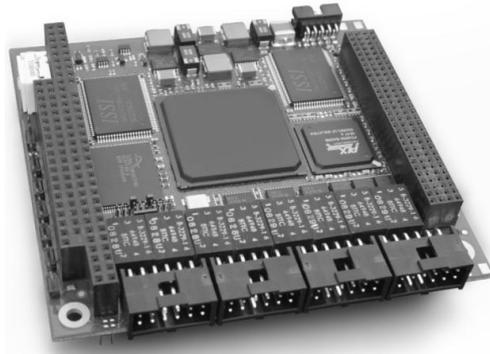
Es la responsable principal del Procesamiento en Tiempo Real de toda la Información y Calculo de los Datos Recibidos tanto de la Placa BUS MIL-STD 1553B como de los datos recibidos en forma inalámbrica.

Todos los datos que procesa y calcula [11] deben ser almacenados por este subsistema por lo que debe tener una capacidad importante para realizar dicha tarea. Los cálculos que realiza son necesarios para luego dar aviso al piloto con la correcta ejecución del audio, con la necesidad de informar su situación en el Entrenamiento y Adiestramiento en Combate.

A su vez, debe enviar los datos procesados hacia las demás aeronaves por medio de la comunicación inalámbrica.

#### *Bus Mil-Std-1553b*

También con un factor de forma estandarizado la PC/104 Plus, cuenta con 2 canales redundantes duales MIL-STD-1553, a través de una Placa específica. La figura 4 muestra dicha placa, el cual será la encargada de capturar desde el Bus del Sistema de Armas, ciertos datos de información necesarios para el procesamiento en Tiempo Real y a su vez, para transmitir estos, a los demás Sistemas de Armas y al Sistema de Tierra.



**Figura 4:** Placa BUS MIL-STD-1553B.

#### *Fuente Alimentación*

Fuente de alimentación capaz de alimentar y soportar el consumo de todos los dispositivos del Sistema Avión el cual se compone con un factor de forma estandarizado PC/104 como muestra la Figura 5. Será capaz de conectarse a los dispositivos anteriormente denominados y permitir alimentar a los Equipo Transmisor y Receptor respectivamente cableados.



**Figura 5:** Fuente de Alimentación.

#### *Equipo Transmisor y Receptor*

El equipo transmisor y el equipo receptor mostrados en la Figura 6 y Figura 7 respectivamente, enlazan bi-direccionalmente de forma inalámbrica a los otros equipamientos avión, para que cada uno pueda valorizar la acción operativa relativa o independiente de todos los vectores del ejercicio. Esto implica, transmitir sus propios datos a los demás vectores y recibir de ellos sus datos para su posterior procesamiento en tiempo real.



**Figura 6:** Equipo Transmisor.

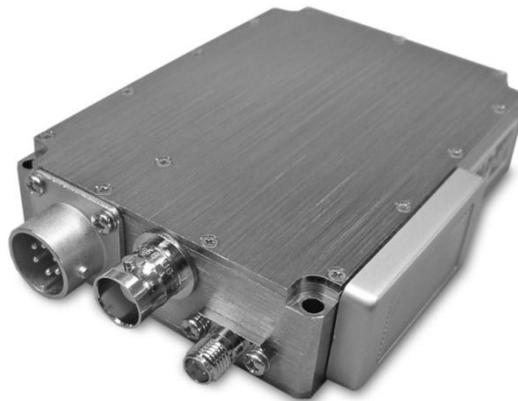


Figura 7: Equipo Receptor.

### SUBSISTEMA TERRESTRE

El sistema terrestre o estación terrena se compone por un tranceptor con las mismas características del sistema móvil; este se conecta a una PC por el puerto serie (RS232). Cuenta además una antena omnidireccional de 10dB y una antena yagui directiva de 15dB. Se desarrolló un software particularmente para visualización [12] en 2D y 3D, sobre C#, para recibir datos de Telemetría en tiempo real, para visualización de los datos guardados anteriormente o descargados de la memoria flash [13] del sistema móvil. El mismo, está compuesto por una serie de instrumentos virtuales que son actualizados con los datos adquiridos. Para la visualización en 2D se pueden seleccionar diferentes tipos de mapas de varios servidores, como por ejemplo Google Earth, Open Street, Bing, etc. A su vez, se puede centrar la imagen en cualesquiera de los sistemas móviles. Sobre los mismos se representan la aeronave y su correspondiente trayectoria, como así también la de las demás aeronaves que componen el entrenamiento. En la Figura 8 se podrá observar el Subsistema Terrestre en la que se visualizan dos sistemas de armas y sus comportamientos tanto en 2D como en 3D.

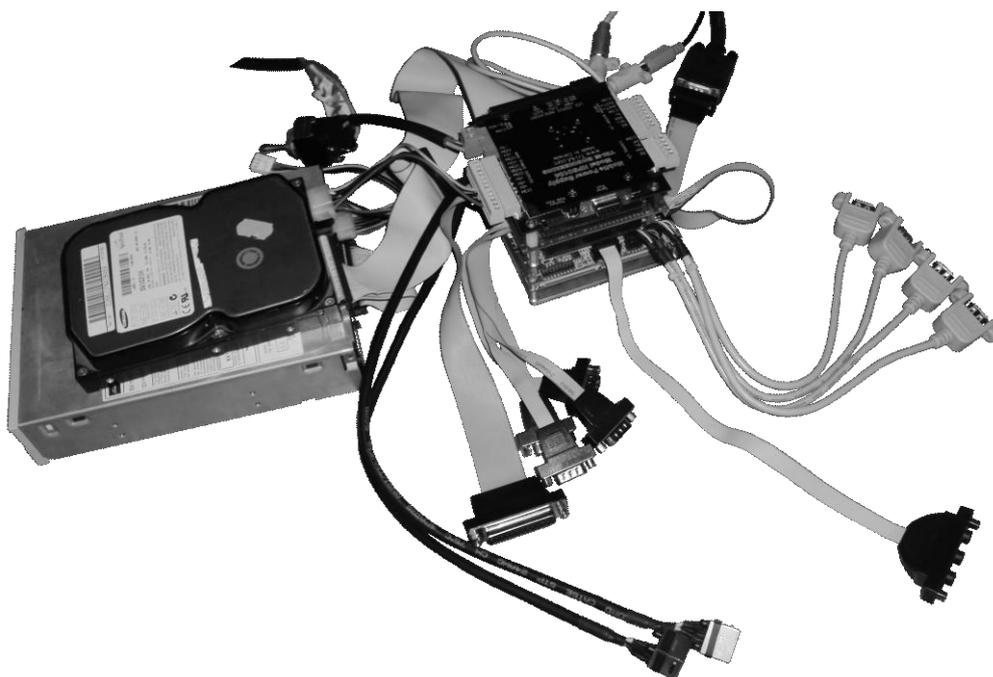


Figura 8: Sistema terrestre de visualización.

Para la visualización en 3D se utilizó un componente de la empresa AGI [14], que brinda herramientas de desarrollo en la plataforma de visual Studio en los lenguajes de C#.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se integraron las partes del sistema móvil y se realizaron ensayos de laboratorio para hacer correcciones necesarias y poner a punto el sistema como se observa en la Figura 9. Al mismo tiempo, se realizaron ensayos de vuelo, captura y adquisición de datos desde los diferentes Bancos de Simulación que el Centro de I+D de Tecnologías Aeronáuticas (CITeA) tiene a su disposición. En dicho bancos de simulación se comprobó la correcta adquisición de los datos necesarios para el vuelo. Se logró transmitir al Sistema Terrestre (observado en la Figura 8) los datos y actitudes adquiridos por el Equipamiento Avión para su visualización en Tiempo Real del comportamiento de dicho vector y comprobar el funcionamiento del Sistema Inalámbrico y su enlace.



**Figura 9:** Sistema Avión Integrado.

## CONCLUSIONES

Este sistema fue desarrollado para satisfacer las necesidades fundamentales de reemplazar el Sistema EHUD® adquirido por la Fuerza Aérea Argentina a una empresa internacional y realizar un sistema de adquisición, comunicación y visualización del adiestramiento de los pilotos al momento de su Entrenamiento de desarrollo nacional, de bajo costo para su fabricación, ensamblado y mantenimiento. Dicho Sistema permitirá incrementar la eficiencia del grupo dedicado a la evaluación del adiestramiento en operaciones aéreas y reducir de manera dramática la relación de horas de vuelo aplicadas en relación con la capacidad adquirida por las tripulaciones.

El sistema consiste en una herramienta completamente adaptada para la supervisión y evaluación de operaciones, particularmente para ejercicios con grandes fuerzas, así como también de manera subsidiaria para el adiestramiento y evaluación de operaciones.

El equipamiento de hardware utilizado para este prototipo satisfizo los requerimientos para el cual se los escogió, cumpliendo con capacidad y velocidad de procesamiento de la información, y con respecto a los transceptores se logró un alcance óptimo con despreciables pérdidas de información.

Se prevé a futuro ampliar el sistema para permitir realizar un ensayo con múltiples aeronaves, para ello se debe implementar un sistema de múltiple acceso en las comunicaciones inalámbricas. A través de múltiples ensayos y corroboración de simulaciones de disparo entre los diferentes sistemas de armas lograr una certificación del producto, en consideración de normas a estudiar como DO-178 para software y DO-254 para hardware. Esto garantizaría un producto de calidad, seguro y confiable cuya trayectorias mostradas son las que describe realmente el avión, al mismo tiempo que la trayectoria de los disparos efectuados en los modos aire-aire y aire-tierra que disponen las aeronaves.

## REFERENCIAS

1. Escobar M. “Sistema Datalink de bajo costo para el Adiestramiento de Pilotos” – V Congreso de Microelectrónica Aplicada –2014.
2. <http://www.elbitsystems.com/elbitmain/area-in2.asp?parent=76&num=295&num2=295>
3. [www.cubic.com/Defense-Applications/Defense-Businesses-Solutions/Air-Combat-Training-Air-Test-Instrumentation](http://www.cubic.com/Defense-Applications/Defense-Businesses-Solutions/Air-Combat-Training-Air-Test-Instrumentation)
4. Ian Moir, Allan G. Seabridge. “Military Avionics Systems”. John Wiley & Sons, Ltd. 2006.
5. Klaus Betke “The NMEA 0183 protocol”. May 2000. Revised August 2001.
6. “MIL-STD-1553B tutorial. Condor Engineering, Inc. V3.41” - 5 June 2000.
7. Escobar M. “Adquisición y Codificación de Datos del Bus MIL-STD-1553B provenientes de Sistemas de Aviónica de Alta Performance” – V Congreso de Microelectrónica Aplicada – 2014.
8. ISO/IEC 3309:1993. Information technology. Telecommunications and information Exchange between systems. High-level data link control (HDLC) procedures. Frame structure – 2002/08/22.
9. Q.Li, C. Yao, “Real-Time concepts for embedded systems”, CMP Books (2003).
10. “PC/104-Plus Specification Version 1.2”. PC/104 Embedded Consortium. August 2001.
11. “Ajustes de curvas - Métodos de Interpolación - Métodos Numéricos (SC-854)” - Sistema Tecnológico de Monterrey – 2008.
12. David Allerton. “Principles of Flighth Simulation”. Wiley. 2009.
13. <http://www.sandisk.es/products/memory-cards/compactflash/extreme/>
14. <http://www.agi.com/>