

Capítulo 5

Pruebas en laboratorio.

Aunque hay partes de la aplicación de tierra que se pudieron programar fuera del laboratorio, como el módulo de representación gráfica y registro en tablas de los resultados, parte de el módulo de configuración inicial y el módulo de configuración de datos de red, para la mayor parte del desarrollo del programa se tuvieron que hacer las pruebas con la placa Hércules y los sensores conectados.

Estas pruebas para desarrollo y puesta a punto, tanto de la aplicación C del computador de vuelo como de la aplicación Matlab del control de tierra, no han sido pruebas en vuelo: la caja aviónica está conectada a un monitor y un teclado para una mejor interacción con el sistema y una detección de errores de funcionamiento más segura y rápida.

5.1. Conexión en laboratorio de la caja aviónica.

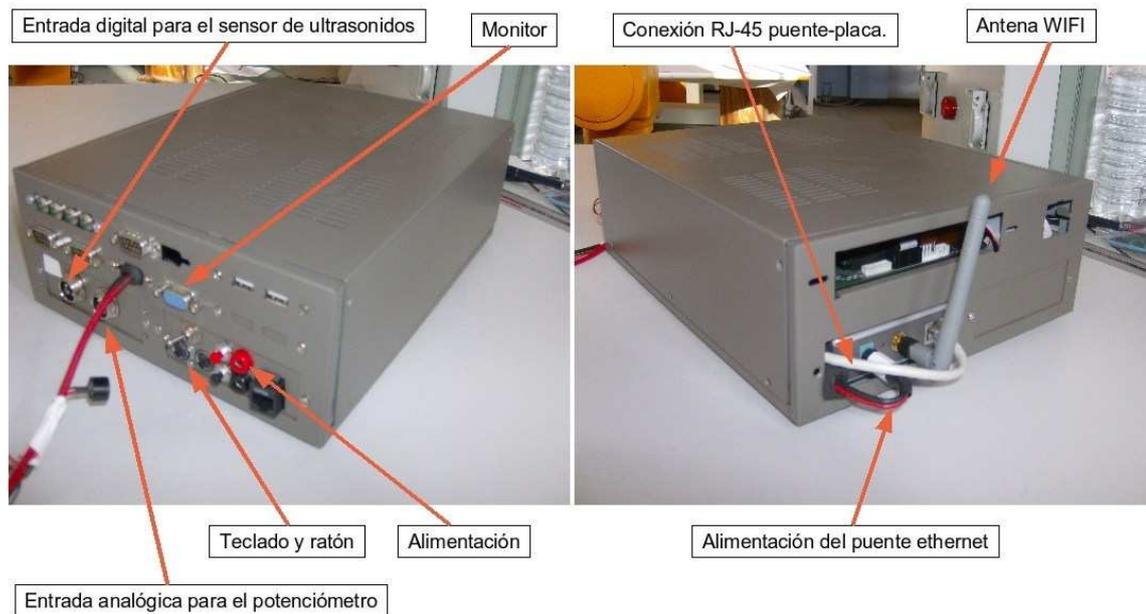


Figura 5.1: Detalle de la parte frontal y la trasera de la caja aviónica.

Para estas pruebas en laboratorio hemos de programar y compilar desde el disco duro auxiliar. Así pues, para poder conectar este elemento se ha de retirar la carcasa protectora superior de la caja

aviónica.



Figura 5.2: Vistas de la caja aviónica sin la carcasa superior.

La UMI se encuentra integrada en la caja y bajo la placa Hércules y conectada a ella. Se ha de hacer la conexión de los sensores externos de altura: el potenciómetro a la entrada analógica y el sensor de ultrasonidos a la digital. Para ello se utilizan los conectores específicos preparados en la caia.

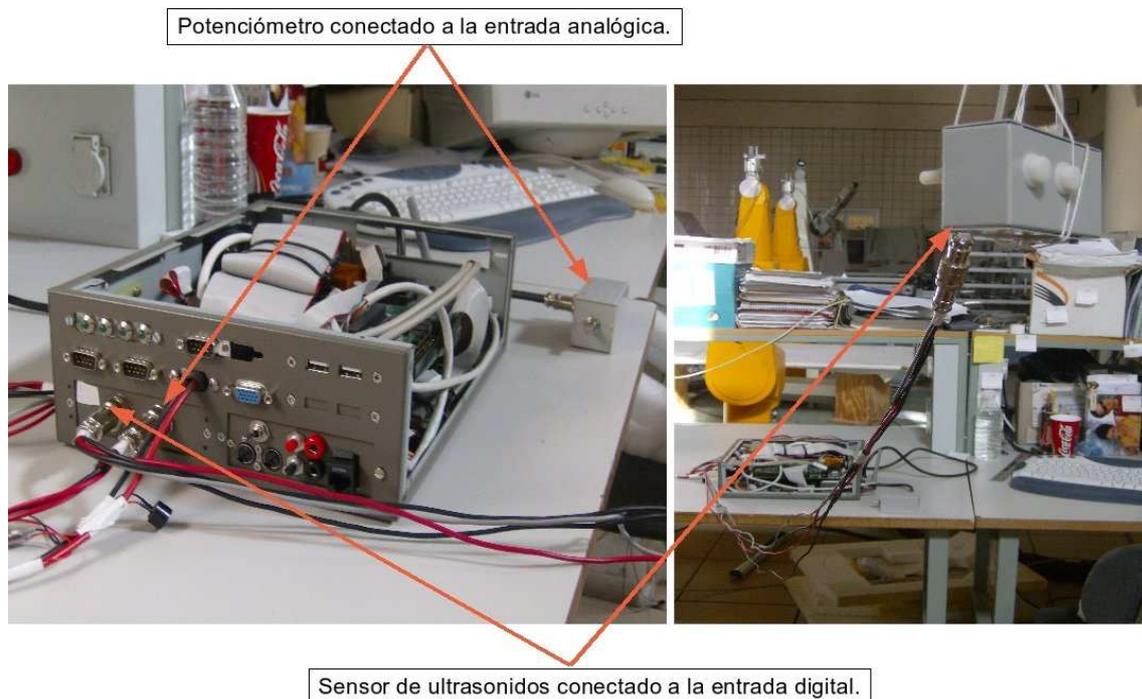


Figura 5.3: Conexión de los sensores de altura a la caja aviónica.

Conectamos el resto de periféricos que dan a la placa Hércules las funcionalidades propias de un PC: monitor, ratón, teclado, disco duro y alimentación.

Al finalizar la puesta a punto en laboratorio del software, la aplicación se pasa a la flash disk y se insertaría en la caja la batería para convertir la caja aviónica en un sistema autónomo para las pruebas

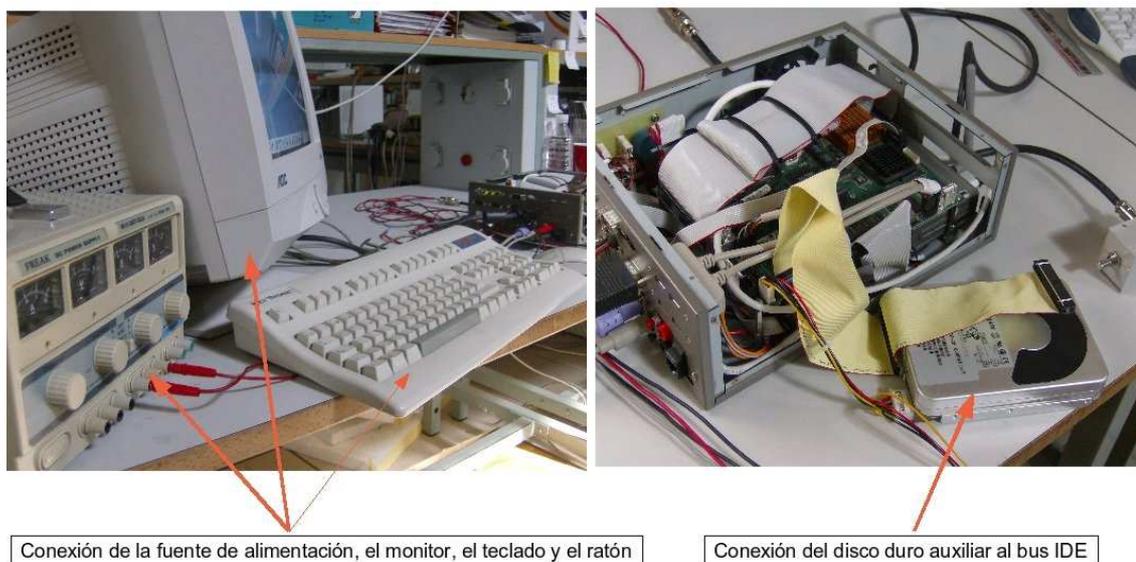


Figura 5.4: Conexión de resto de periféricos a la caja aviónica.

en vuelo.

5.2. Fiabilidad en la medida de los sensores.

Durante la realización de un experimento, el computador de vuelo registra y envía enormes cantidades de datos procedentes de los sensores. Tenemos pues dos aspectos de vital importancia:

- Que los datos registrados durante las interrupciones en la placa sean los mismos que los recibidos en tierra, es decir, que ésta información no es modificada ni adulterada en ninguna fase del proceso de captura-registro-envío-recepción.

- Que los datos registrados por los sensores son coherentes, esto es, que sus medidas se corresponden con la realidad, mostrando así que no existen problemas de calibración, averías o mala conexión con el computador de abordó.

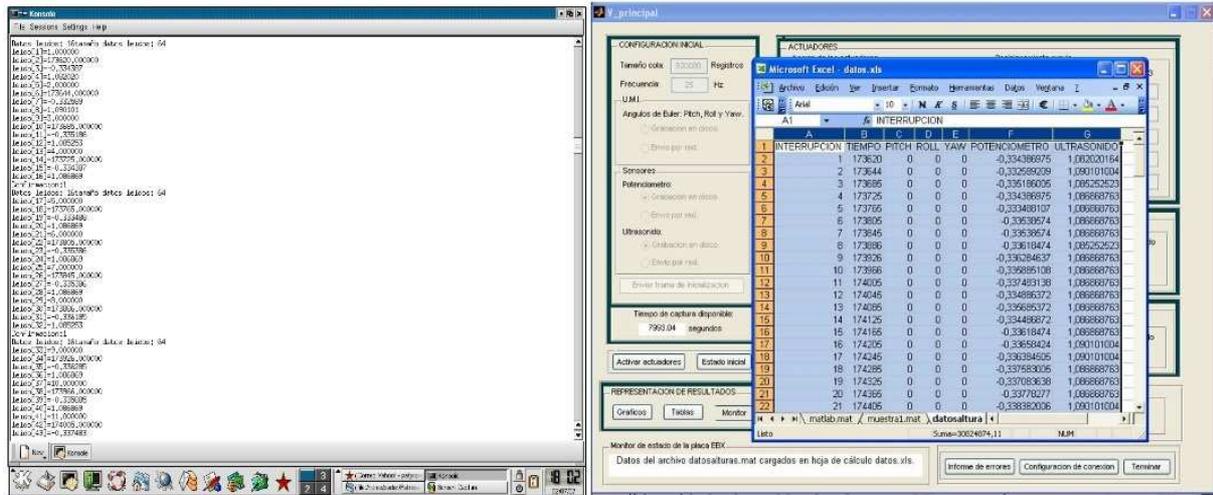
La comprobación del primer punto durante el diseño de la aplicación se hizo mediante la comparación directa de los datos: al estar la placa Hércules conectada a monitor y ratón existe acceso a la consola, lo cual permite visualizar los datos que el computador de vuelo ha enviado. La aplicación de tierra, a su vez, también ofrece una plataforma cómoda para representación de los valores recibidos en tablas, lo cual permite cotejar fácilmente las listas de datos.

Para comprobar que cada uno de los sensores toman medidas coherentes utilizamos patrones conocidos para cada tipo de medida, esto es, medir alturas fácilmente comprobables para los sensores de altura, y ángulos conocidos para cada uno de los tres ejes en la UMI.

5.2.1. Sensores de altura.

Sensor de ultrasonidos.

Este dispositivo debe estar siempre orientado perpendicular al suelo. Para conseguir una orientación así y al mismo tiempo poder moverlo verticalmente de forma cómoda se utiliza un sistema



Tramas de datos enviados mostradas en la consola en la aplicación del helicóptero.

Tabla excel de datos recibidos en ese mismo experimento por la aplicación de tierra.

Figura 5.5: Comprobación de recepción correcta de datos en tierra.

simple de poleas, tal y como se muestra en la figura 5.6

Con este sistema se pudieron hacer medidas de alturas conocidas y comprobar así que los valores proporcionados por el sensor de ultrasonidos eran correctos.



Primera polea con el sensor de ultrasonidos, que queda orientado hacia el suelo.

Segunda polea con un contrapeso adecuado para el sensor. El sistema se mueve con fluidez.

Figura 5.6: Sistema de poleas para medición de alturas con el sensor de ultrasonidos.

Potenciómetro.

El potenciómetro es un sensor de giro que obtendrá medidas de altura a partir del ángulo que forma el brazo de la plataforma de vuelo al subir y bajar.

En las pruebas en el laboratorio el sensor no está conectado al brazo móvil, así que la forma de obtener medidas de altura variables para las pruebas es moviendo manualmente su palanca de giro. De esta forma no se han podido obtener patrones fiables de medida con los que comprobar la bondad de los valores obtenidos, ya que las transformaciones que realiza el código ángulo-altura son muy difíciles de precisar si el ángulo es obtenido manualmente. Queda pues por precisar la exactitud de las medidas del potenciómetro cuando se realicen las pruebas sobre la plataforma de vuelo.

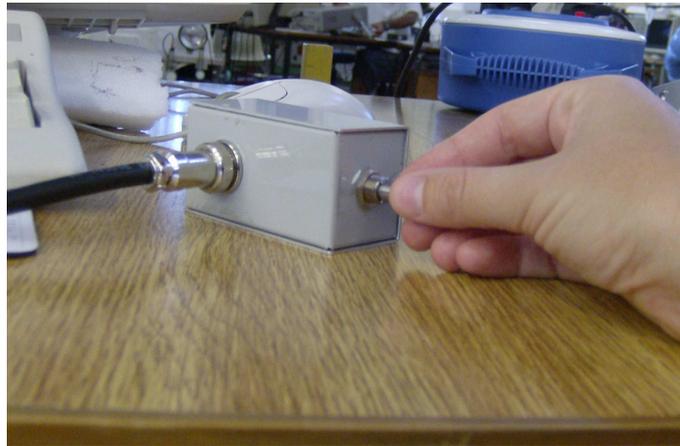


Figura 5.7: Movimiento manual de la palanca de giro del potenciómetro para medidas de altura.

Aunque en el laboratorio no poseemos capacidad de comprobar si realmente la altura obtenida con el giro de la palanca realizado es el correcto, si observamos en las pruebas realizadas que el rango de alturas que es capaz de medir el potenciómetro es de 0 a 2.5m, a partir de éste valor se da un salto a valores negativos.

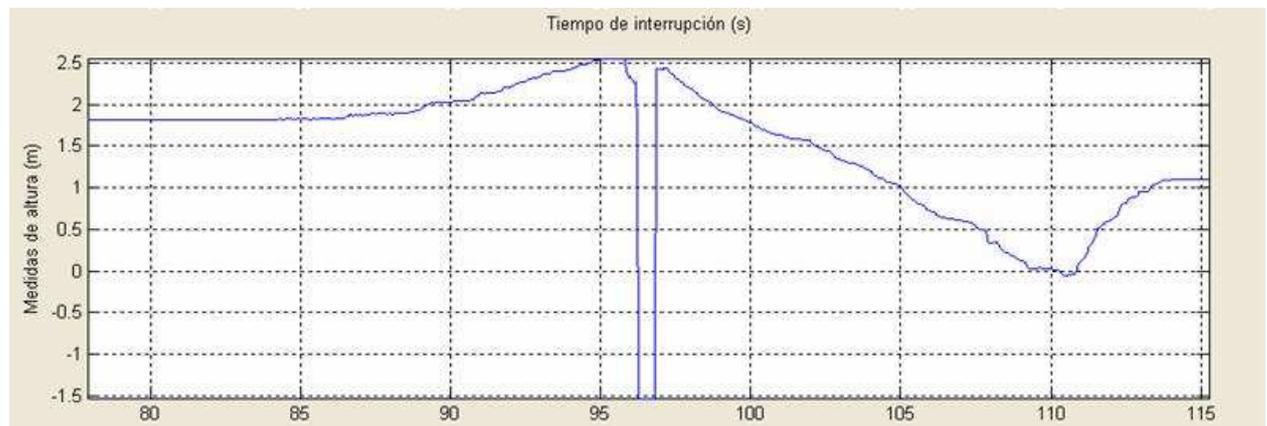


Figura 5.8: Rango completo de alturas medido con el giro manual de la palanca del potenciómetro.

5.2.2. Unidad de medida inercial.

La comprobación de las medidas del pitch, el roll y el yaw se hace mediante el registro de giros conocidos en torno a cada uno de sus ejes.

Así pues, conociendo el rango de valores que se pueden medir en cada eje, se realizan baterías de pruebas con giros concretos ($\pm 45^\circ$, $\pm 90^\circ$ y $\pm 180^\circ$) para cada uno, comprobando si existe alguna anomalía en los ángulos registrados.

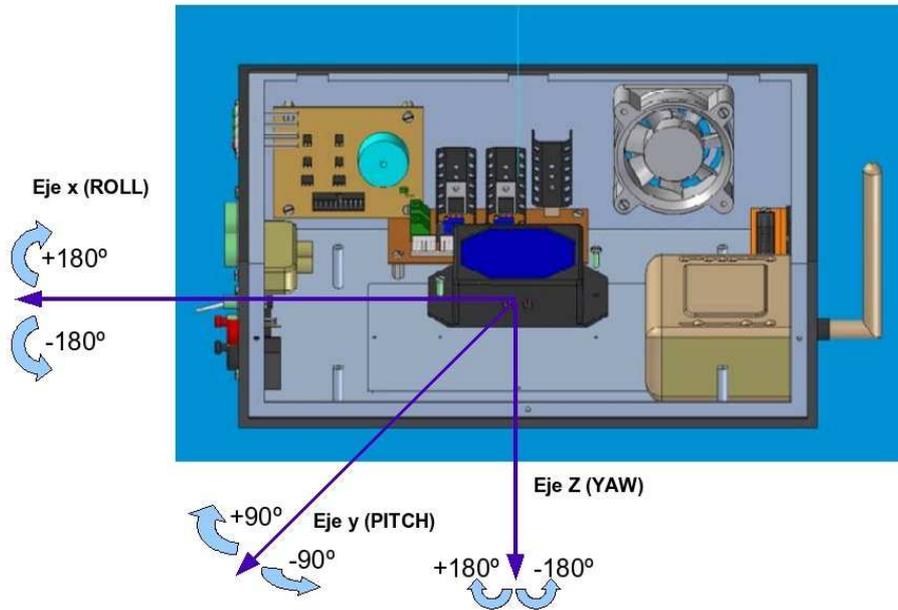


Figura 5.9: Ejes en torno a los cuales toma la UMI las medidas de pitch, roll y yaw.

Pitch (eje y).

Tras el registro de la batería de experimentos con diferentes giros en torno al eje y se comprueba que los valores de pitch proporcionados por la UMI son correctos.

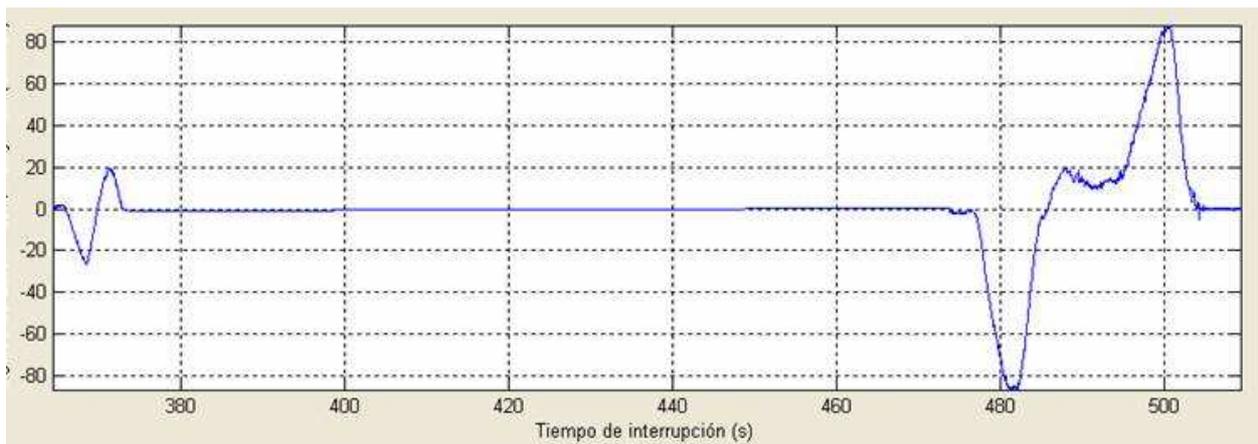


Figura 5.10: En la parte derecha de la gráfica se observa el giro de -90° y $+90^\circ$ en torno al eje y.

Según el fabricante, el pitch es medible en un rango de $\pm 90^\circ$, aunque se recomienda, en las condiciones normales de escaneo y conversión, no sobrepasar el rango de $\pm 70^\circ$. Vemos sin embargo en los experimentos que se llega a los 90° sin problemas, pese a que un movimiento de cabeceo en el helicóptero de tal magnitud es poco probable.

Roll (eje x).

Tras el registro de la batería de experimentos con diferentes giros en torno al eje x se comprueba que los valores de roll medidos por la UMI son también correctos.

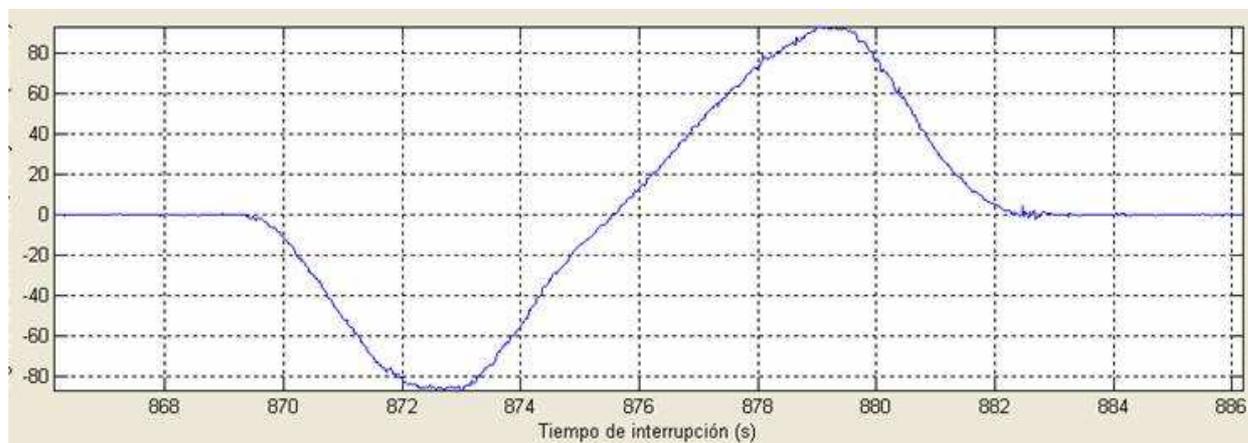


Figura 5.11: Giro de -90° y $+90^\circ$ en torno al eje x.

El rango de valores medibles en el roll es de $\pm 180^\circ$. Comprobamos que el cambio de rango al sobrepasar los -180° es el esperado:

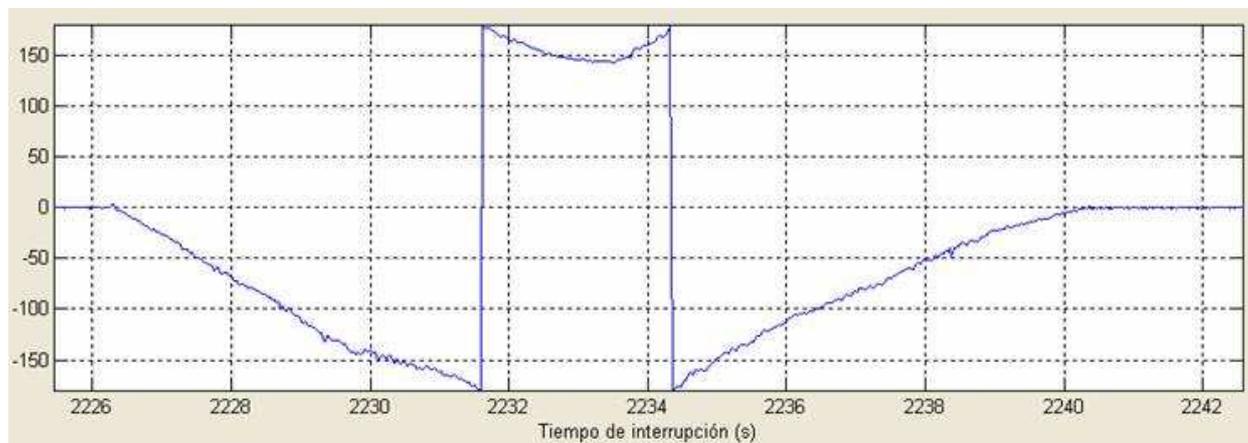


Figura 5.12: Giro de -225° aprox. para comprobar el salto de rango $-180^\circ \rightarrow +180^\circ$.

Yaw (eje z).

Observamos que al realizar las pruebas de giro sobre el eje del yaw las medidas obtenidas son incorrectas, sin seguir además ningún patrón de escala conocido. Vemos por ejemplo los valores obtenidos al hacer los giros de 180° en torno al eje z en las figuras 5.13 y 5.14.

En busca del posible error se extrajo la UMI de la caja y se probaron sus medidas utilizando el software específico del fabricante instalado en un PC del laboratorio. Estas pruebas mostraron medidas correctas en todos los ejes, incluido el yaw. A la luz de estos resultados, se probó a hacer medidas con este software y con la UMI acoplada a distintas partes de la caja aviónica, observándose que las medidas del pitch y el roll seguían siendo correctas, mientras que por su proximidad a la caja el yaw volvía a proporcionar valores incorrectos.

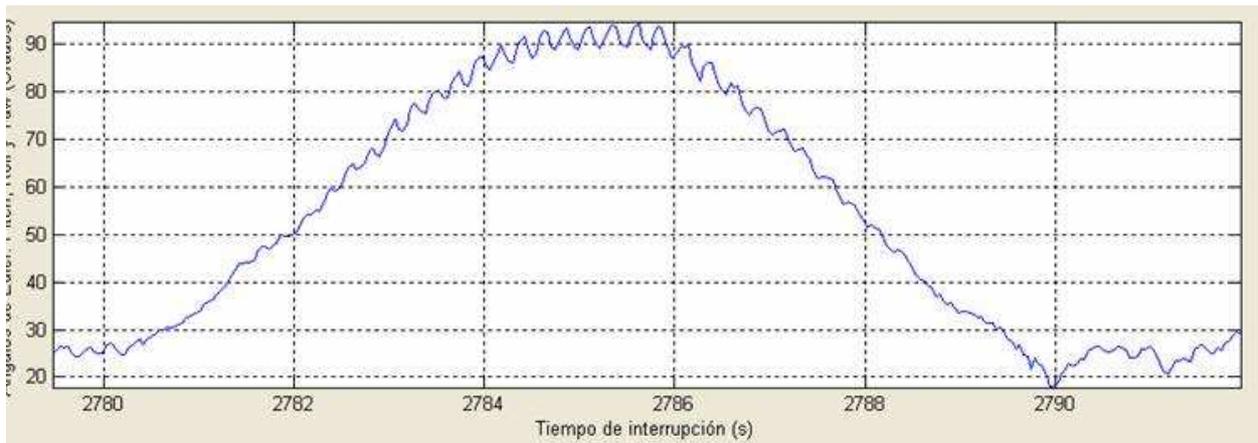


Figura 5.13: Giro de 180° en torno al eje z obteniéndose valores del yaw inconsistentes.

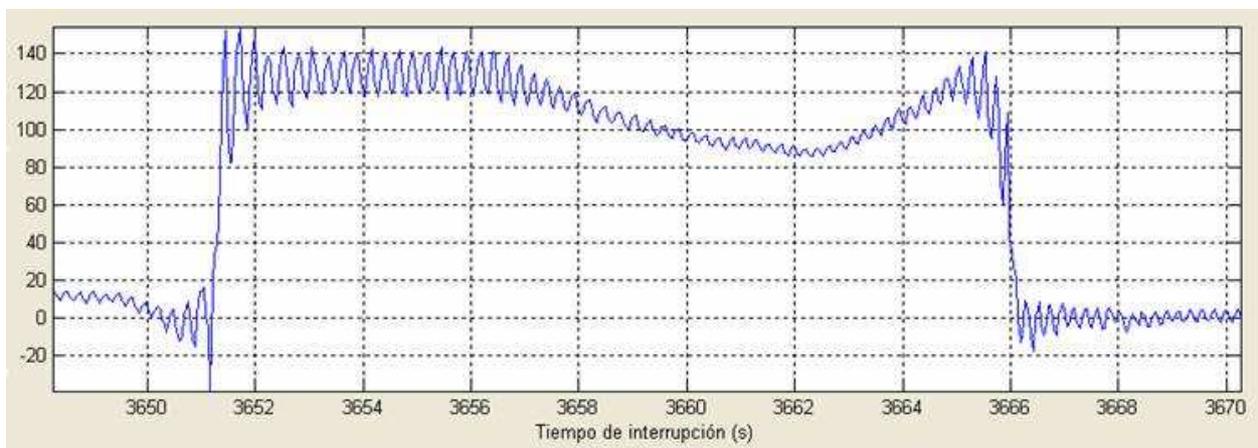


Figura 5.14: Giro de -180° en torno al eje z obteniéndose valores del yaw también inconsistentes.

A raíz de estos indicios se comprobó que las medidas del yaw se desajustaban cuando se ponía cerca del dispositivo cualquier objeto metálico, como un destornillador, lo cual inducía a pensar que se trataba de un problema magnético.

5.2.3. Calibración de la unidad de medida inercial ante interferencias magnéticas.

Consultando la documentación técnica del fabricante vemos que la UMI se basa en una referencia geomagnética para la obtención de los ejes, de hecho posee tres magnetómetros que miden el campo magnético de la tierra y obtienen la componente horizontal de la dirección N. El problema surge porque el campo magnético natural puede sufrir dos tipos de interferencias:

Interferencia fuerte (Hard Iron): causada por la presencia de cualquier elemento que actúa como un imán. Podría tratarse de un imán en sí o de cosas que posean campos magnéticos residuales, como un destornillador (magnetizados intencionadamente) o la chapa de un coche (con posibilidades de ser magnetizada involuntariamente en el proceso de fabricación). El efecto de estas interferencias es un campo magnético local, generado por un elemento que se comporta como un imán, que se superpone al de la tierra.

Interferencia suave (Soft Iron): se da cuando se tienen materiales ferromagnéticos cerca del sensor,

es decir, elementos capaces de distorsionar las líneas de campo del campo geomagnético. El material ferromagnético por excelencia es el acero, aunque existen otros muchos.

En la caja aviónica, aunque es difícil precisar cual de los dos tipos de interferencia es mayor, se dan elementos de los dos grupos, ya que varios de los componentes poseen pequeños imanes, como los altavoces y el disco duro. Además, la caja en sí está fabricada en acero.

Las interferencias duras generan errores mucho mayores, con lo cual los fabricantes han desarrollado métodos de compensación orientados a ellas. Sin embargo, las interferencias duras podrán ser compensadas siempre que se verifiquen dos condiciones fundamentales:

- Que los elementos que causan la interferencia se muevan siempre en bloque con la UMI, esto es, que no se den movimientos relativos entre el sensor y las fuentes de distorsión, teniendo así un mapa magnético constante en el área que rodea al sistema. Ésto sí se puede verificar en la caja aviónica, ya que todos los componentes están atornillados y fijos.
- Que los campos magnéticos interferentes no sean tan sumamente elevados respecto al de la tierra de forma que provoquen la saturación de los sensores de la UMI.

Ambas condiciones se cumplen en el entorno del laboratorio: todos los elementos pertenecientes a la caja aviónica forman un bloque sin partes móviles y alejamos a más de 80cm cualquier otro objeto no destinado a volar con el helicóptero y susceptible de provocar interferencias. Así pues se acomete la calibración utilizando el software específico proporcionado por el fabricante.

El objetivo de la calibración es calcular la constante que aglutina todas las interferencias que se suman en cada eje y después el software del sensor sencillamente habrá de restar dicho valor a todas las medidas subsecuentes. El resultado de la calibración del campo será un sistema de tres números; tres valores que esencialmente cuantifican la fuerza del campo magnético interferente, y que serán automáticamente restados de todas las medidas que se realicen.

Calibración 3D de la UMI 3DM-GX

Para la calibración de campo hemos de disponer el sistema a calibrar con todos los componentes y en las condiciones y el entorno donde va a trabajar dicho sistema, es decir, sometido a las mismas interferencias 'fijas' a las que estará sometido durante su funcionamiento habitual. De momento, sencillamente trabajamos con la caja aviónica en el laboratorio. Para las condiciones de vuelo con la plataforma y el helicóptero, y en las condiciones del exterior del edificio será indispensable hacer de nuevo una calibración de campo.

La UMI, fija en su posición de trabajo, debe estar conectada a un ordenador con el software de calibración instalado, y además el sistema debe estar dispuesto de manera que sea posible efectuar giros completos sobre cada uno de los tres ejes. Para ello se atornilla la tapa superior de la caja y se ponen adhesivos de seguridad en ciertos cables para evitar, en la medida de lo posible, que los giros sean obstaculizados.

A continuación, se pinta el eje horizontal este-oeste en la superficie de apoyo para tomar una referencia en los giros y se pone en marcha el programa de calibración. Alineamos cada uno de los ejes siguiendo la referencia este-oeste y se realizan dos giros completos (720°) sobre él.

Pese a la pequeña dificultad que entraña realizar los giros completos debido al peso de la caja y a los cables de la UMI, la calibración en el laboratorio resulta exitosa, comprobando que los valores medidos de pitch, roll y yaw son todos coherentes para los experimentos posteriores.



Figura 5.15: Conexión de la UMI a PC para calibración de campo dentro de la caja aviónica.

Posteriormente se volvieron a hacer las pruebas con la UMI conectada a la placa Hércules comprobando que las medidas eran correctas:

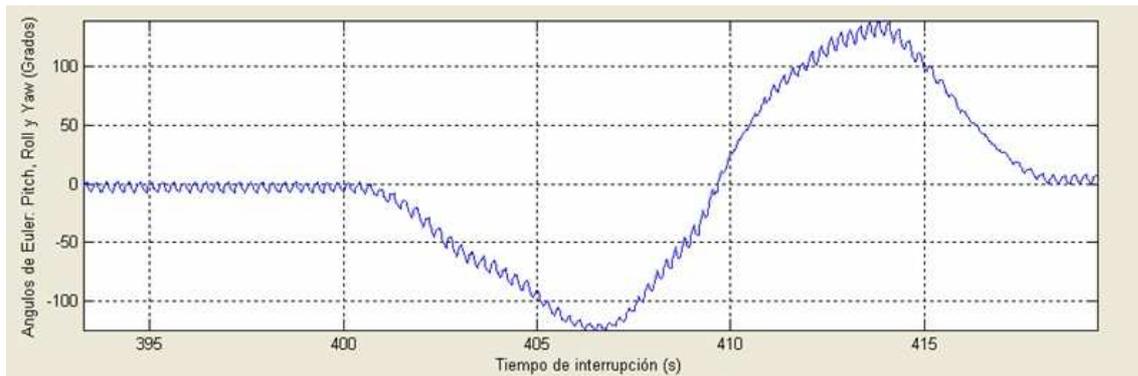


Figura 5.16: Giro de $\pm 100^\circ$ en torno al eje z obteniéndose valores correctos del yaw.

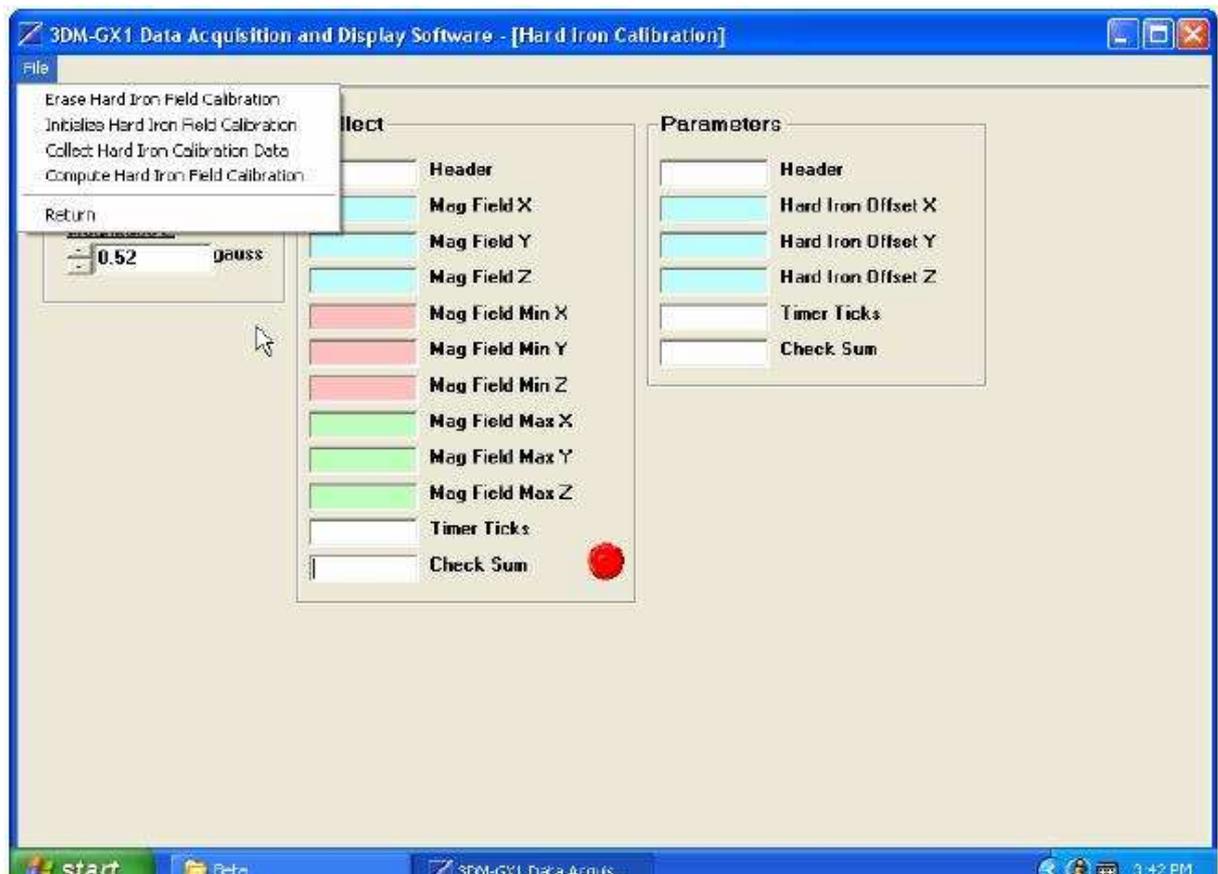


Figura 5.17: Programa de calibración del software fabricante para la UMI 3DM-GX.