

GEOVAN : EL SISTEMA DE CARTOGRAFIA TERRESTRE MÓVIL DEL ICC.

E.Bosch, R.Alamus, A.Serra, A.Baron, J.Talaya
Institut Cartogràfic de Catalunya
Parc de Montjuïc
08038 Barcelona.

Palabras Clave: LB-MMS, Georeferenciación directa, Sincronismo, CCD.

Resumen

Land Based - Mobile Mapping Systems (LB-MMS) es la técnica de recopilación de información cartográfica, como señales de tránsito, ejes de carreteras, elementos del terreno, ... desde un vehículo móvil. Con el proyecto GEOVAN el Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC) está desarrollando su propio sistema de Mobile Mapping. El proyecto GEOVAN contempla la integración en una furgoneta de todos los sensores necesarios para la captura de pares estereoscópicos de imágenes digitales y su posterior georeferenciación para la extracción de la información.

En este artículo se describen los principales subsistemas que componen el sistema GEOVAN: subsistema de captura de imágenes, subsistema de orientación, subsistema de sincronización, subsistema de adquisición y control, subsistema de almacenamiento y subsistema de alimentación. También se describen las diferentes interacciones entre los diferentes subsistemas y los procedimientos de operación y calibración del sistema GEOVAN.

1. Introducción al los sistemas LB-MMS

Desde el sistema GPSVan pionero de los sistema LB-MMS iniciado el año 1990 en el Center for Mapping (CFM) de la Ohio State University [1], hasta nuestros días, estos sistemas han demostrado su capacidad para mejorar la eficiencia de la captura de datos de interés para cartografía y SIG. Durante este periodo se han mejorado los sistemas de orientación y posicionamiento, que empezaron siendo receptores GPS de código junto a varios sensores dead-reckoning para salvar las pérdidas de visibilidad GPS que ocurren sobre todo en entorno urbano. Actualmente estos sistemas utilizan receptores GPS de doble frecuencia pudiendo posicionar el vehículo de forma precisa en post-proceso con la ayuda de estaciones de referencia cercanas y los sensores dead-reckoning que utilizan son mayoritariamente IMU (Inertial Measurement Unit) que permiten determinar desplazamientos y orientaciones de los tres ejes de su marco de referencia.

Los LB-MMS han liderado el avance tecnológico en algunos aspectos a sus homólogos aéreos con el uso desde su inicio de cámaras digitales. Esto ha sido posible gracias a que los objetos que captura un sistema terrestre se encuentran a una distancia mucho menor que la que se opera en sistemas aéreos, haciendo posible que la pobre resolución de los primeros sensores CCD fueran adecuados para el uso terrestre. La principal ventaja de los sensores digitales respecto los analógicos es que eliminan los procesos de revelado y digitalización de imágenes así como posibilitar la medida directa de niveles de luminancia y el análisis multiespectral de las observaciones. Gracias a la orientación de los sensores de captura se obtiene los modelos estereoscópicos de la imágenes y realizados los diversos ajustes de marcos de referencia se pueden dar coordenadas a puntos exteriores al vehículo de forma masiva y eficaz. Los puntos clave en estos sistemas se encuentran en una sólida unión de los distintos marcos de referencia y la sincronización de los sensores con el patrón del sistema de orientación y posicionamiento.

2. Sistema GEOVAN

Con el objetivo de desarrollar su propio LB-MMS que permitiera de manera flexible la integración de diversos sensores para la adquisición de datos de interés cartográfico, el ICC desarrolló el proyecto GEOVAN que integra en esta primera fase los subsistemas de orientación y posicionamiento, algoritmos y sensores capaces de determinar coordenadas de puntos exteriores a la plataforma de integración mediante técnicas de orientación directa. El sistema se dota de una estructura rígida donde se instalan físicamente los sensores de adquisición de imágenes, orientación y posicionamiento de forma que sea posible transferir los distintos marcos de referencia. Inicialmente el proyecto integra dos cámaras digitales con el propósito de formar un modelo estereoscópico en la zona de interés. La primera zona de interés fijada se define a una distancia de 10 metros del vehículo en dirección frontal al mismo y un ancho de 10 metros con el objeto de adquirir señalización viaria tanto horizontal como vertical. La plataforma de integración se instala en un vehículo que equipa otros subsistemas auxiliares para la operación continua del sistema, como climatización de los sensores, equipos de alimentación y otros subsistemas que abarcan desde la seguridad de los ocupantes a la mitigación de las vibraciones que se transmiten a los distintos equipos en un entorno móvil.



Figura 1: Sistema GEOVAN.

Se ha realizado una descomposición de subsistemas que mas adelante se describirá con mas detalle que son:

<i>Orientación :</i>	Responsable de dotar de marco de referencia absoluto temporal y geométrico.
<i>Plataforma Integración:</i>	Creación de una base física rígida para la transferencia de los marcos de referencia geométricos de todos los sensores instalados .
<i>Sensor Imagen :</i>	Configuración de la escena, geometría de los sensores , focales.
<i>Adquisición Imagen:</i>	Sincronización de la exposición, control exposición, adquisición y almacenado de la imagen.
<i>Sincronización:</i>	Creación de un marco temporal coherente transferible a todos los sensores.
<i>Energía y control ambiental:</i>	Garantizar la provisión de energía eléctrica y estabilizar el entorno de trabajo de los distintos sensores.

2.1 Subsistema de orientación

El subsistema de orientación es el encargado de georeferenciar los fotogramas adquiridos por la GEOVAN, es decir, de determinar la posición y la orientación de sus centros de proyección. Para esta tarea, se ha adquirido un sistema Applanix enfocado a la orientación de vehículos terrestres. Dicho sistema está básicamente constituido por:

- Un IMU (Inertial Measurement Unit), sensor que nos da observaciones de las aceleraciones y velocidades angulares a las cuales se ve sometido.
- Dos conjuntos antena-receptor GPS, uno de doble frecuencia que aportará observaciones de la posición y velocidad, y otro monofrecuencia que es utilizado para mejorar la determinación del ángulo heading. Este sistema de doble antena GPS es denominado GAMS (GPS Azimuth Measurement System).
- Un DMI (Distance Measurement Indicator), sensor instalado en una de las ruedas del vehículo y que da información sobre la distancia recorrida por el mismo.
- POS Computer System, el cual integra las interficies del IMU, DMI, receptores GPS y el disco PCMCIA donde se almacenan los datos.
- POSpac, software para el procesamiento de los datos GPS y para la integración con las observaciones del resto de sensores.



Figura 2: Applanix POS LV 420 (cortesía de Applanix)

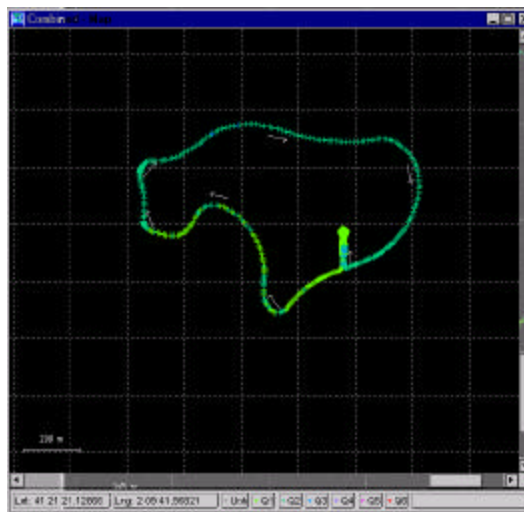


Figura 3: Ej. de trayectoria calculada con POSpac

Como todo sistema que integra observaciones inerciales y GPS a alto nivel, estas últimas son utilizadas para corregir y calibrar las derivas de los giróscopos y acelerómetros del IMU, de forma que se minimizan los errores en posición y velocidad propios del sensor inercial. Pero los principales inconvenientes de la navegación terrestre son la presencia de obstáculos en la carretera, como puentes o túneles, que interrumpen total o parcialmente la adquisición de observaciones GPS durante cierto intervalo de tiempo y la existencia de zonas en las cuales gran parte de la señal de los satélites es bloqueada por elementos del terreno, como pueden ser zonas urbanas de altos edificios, zonas boscosas, etc. En estas zonas sin cobertura GPS o con pobre constelación, la posición y la velocidad son calculadas partir de las observaciones del IMU, cuyos errores, gracias a las observaciones aportadas por el DMI, no crecen en función de la duración de la interrupción de la señal GPS sino que dependen de la distancia recorrida.

Es igualmente importante fijar las relaciones entre los distintos marcos de referencia que intervienen en la orientación de los fotogramas para poder, a partir de la posición y ángulos aportados por el subsistema de orientación, obtener la posición y actitud de los fotogramas. Es por ello que debemos garantizar que los marcos de referencia del sensor inercial y de las cámaras, así como el centro de fase donde se recogen las observaciones GPS, sean solidarios y estables.

2.2 Subsistema Plataforma integración

La plataforma de integración ha de proporcionar un espacio para la integración de múltiples sensores y permitir su operación simultánea. Además ha de ser suficientemente rígida para la transferencia precisa de marcos de referencia. Así se plantean dos requerimientos básicos, por un lado se tiene que disponer de un espacio físico máximo en el techo de la furgoneta y por otro que la geometría de la plataforma debe ser totalmente estable, ya que si se puede instalar un sensor en cualquier sitio de la plataforma, se debe garantizar la correcta transferencia de los marcos de referencia absolutos al sensor, esto implica una gran inmunidad a deformaciones. Se realizó un estudio de diseño de la plataforma [2] y analizadas diversas opciones se determinó que la mejor solución era optar por un sistema de malla irregular reforzado en sus diagonales como se observa en la figura 4. Esta malla se dota de puntos de anclaje equidistantes de forma que se pueden obtener distintas distribuciones de los sensores.

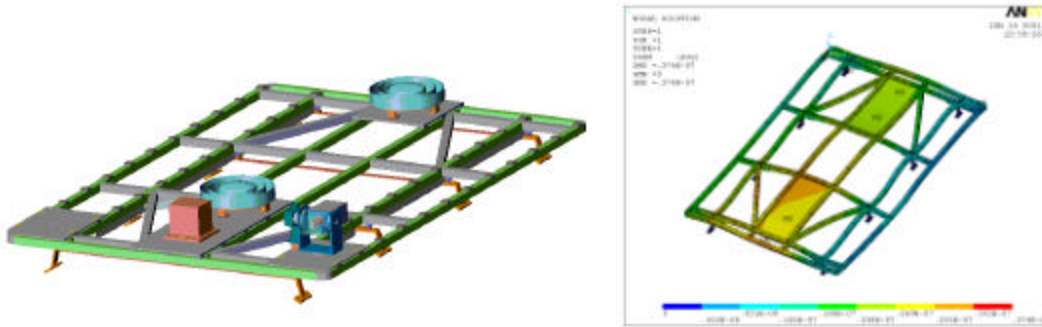


Figura 4: Plataforma de integración y su cálculo de deformaciones con los refuerzos diagonales [2].

Los requerimientos de estabilidad han sido los que más han influido en el diseño de la plataforma y los elementos de sujeción de los sensores, restringiendo a 1mm en desplazamiento y 70 arcseg en rotación las deformaciones máximas toleradas entre el centro de referencia del marco absoluto (IMU) y el centro de referencia del marco relativo (Cámara).

2.3 Subsistema sensores de imagen

El subsistema se ha diseñado bajo los dos requisitos básicos de capturar imágenes de 1Mpíx y de disponer de un recubrimiento estereoscópico mínimo de 10 m de ancho a 10 m del vehículo (unos 100m²). La limitación del tamaño de las imágenes responde a una necesidad de almacenamiento de los datos y el requisito del recubrimiento responde a un compromiso entre poder garantizar la mayor cobertura posible (estereoscópica) sin obstáculos entre el vehículo y el objeto manteniendo la relación B/D (Base estereoscópica - Distancia al objeto) lo más favorable posible (ver figura 5). Estos criterios se han materializado en la selección de cámaras y ópticas cuyas características están sintetizadas en la tabla 1.

No. De píxeles	1024x1024
Tamaño de píxel	12 μ m
Distancia focal	10.2 mm
FOV	62.13°
IFOV	3 min. 38 sec.
Zona estereoscópica @10 m	10.55 m
Precisión@10 m (across-track)	0.8 cm
Precisión@10 m (along-track)	5.6 cm

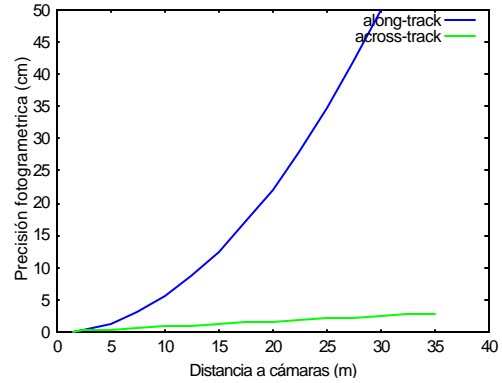


Tabla 1: Características técnicas de los sensores de imagen embarcados.

Figura 5: Relación entre distancia y precisión fotogramétrica across y along-track. La precisión along-track depende de la relación B/D.

2.4 Subsistema adquisición imágenes

El subsistema de adquisición tiene la función de capturar pares de imágenes digitales para poder formar un modelo estereoscópico del escenario visto por las cámaras en el instante de disparo. Para poder cumplir este objetivo es necesario que las cámaras estén sincronizadas entre ellas y que el subsistema genere la señal de disparo (trigger) con cierta frecuencia o bien temporal o bien espacial (ver Figura 6).

Si la frecuencia de adquisición se configura espacialmente, la señal de trigger se forma a partir de un período de distancia recorrida o de ángulo de giro obtenidos a partir de la velocidad y del heading del vehículo en cada instante. Habitualmente se configurará el periodo espacial en 10 metros recorridos por el vehículo o un giro superior a 60 grados que corresponde al ángulo de apertura de las cámaras.

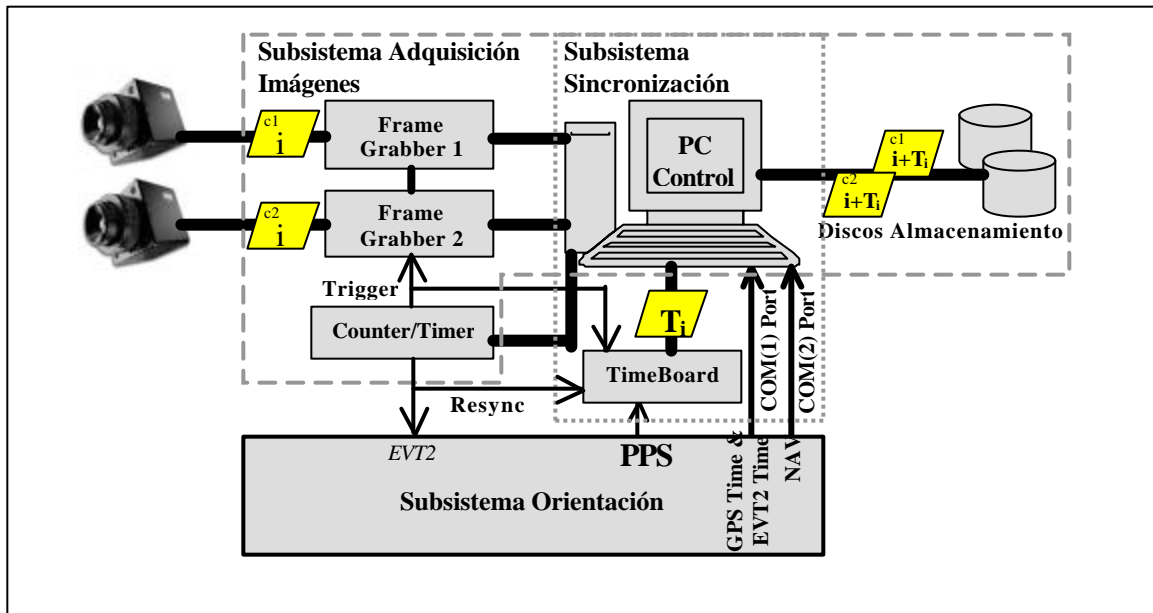


Figura 6: Configuración hardware del Sistema GEOVAN.

Los componentes hardware instalados en el PC de control y que forman parte del subsistema de adquisición de imágenes son dos Frame Grabbers, un Counter/Timer y dos discos extraíbles. El frame grabber es una tarjeta controladora de cámaras digitales que hace de interfaz entre estas y el software de adquisición de imágenes. El counter/timer es un dispositivo que permite la generación de señales de onda cuadrada que nos sirven para generar la señal de trigger que dispara la cámara y la señal de resincronismo.

Considerándose una sesión de trabajo del Sistema GEOVAN de siete horas, el tamaño de la imagen de 1 Mbyte, el vehículo circulando a una velocidad media de 72 km/h y una frecuencia de adquisición de una imagen cada 10 metros recorridos; esto equivale a una capacidad de almacenamiento mínima de 101 Gbytes por sesión. En instantes de giros del vehículo se hace necesario aumentar la frecuencia de adquisición de imágenes respecto a la media en el caso que se circulara en línea recta; por tanto, para que el sistema pueda absorber estos picos de adquisición, la capacidad de almacenamiento total se sobredimensiona con dos discos de 73.4 Gbytes extraíbles. La capacidad máxima de adquisición de imágenes y su escritura a disco con la configuración hardware actual del Sistema GEOVAN es de cuatro pares de imágenes por segundo.

Las funcionalidades del subsistema de adquisición de imágenes están incluidas en la aplicación software del sistema GEOVAN que integra la configuración de los equipos, el control de la adquisición, el proceso de sincronización de la imágenes capturadas con el tiempo GPS y la visualización del estado del sistema.

Se ha diseñado un algoritmo de adaptación del tiempo de exposición a la luminancia exterior para obtener una buena distribución del histograma de la imagen en la región de interés (ROI) (ver Figura 7). Para estimar la luminancia de la escena (p_m) se calcula la media aritmética del nivel de gris de los píxeles que pertenecen a la ROI. Considerando que existe un relación lineal entre el tiempo de exposición (t_{exp}) y la luminancia de la ROI (p_m) antes de alcanzar la saturación de píxel, el tiempo de exposición se expresa mediante una relación lineal (1):

$$t_{exp} = k \cdot p_m \quad (1)$$

La constante de linealidad k depende de las condiciones ambientales externas y de las características de la escena. Se estima a partir de los valores del tiempo de exposición configurado y luminancia de la ROI cuando la calidad de la iluminación de la imagen es la deseada. La velocidad de adaptación se puede mejorar si se configura una frecuencia de adquisición de imágenes superior a la de escritura a disco; consiguiendo de este modo una mayor velocidad de convergencia a los valores de luminosidad deseados.



Figura 7: Definición de la Región de Interés (ROI).

En la figura 8 se muestra la evolución del nivel de gris medio de la ROI y del tiempo de exposición ambos relacionados por la expresión (1) correspondiente a una prueba del Sistema GEOVAN a una velocidad del vehículo no superior a 30 km/h , con un tiempo de exposición máximo de 6 ms para evitar que una imagen contenga el efecto de blurring y con los valores óptimos de luminancia de la región de interés comprendidos entre 120 y 140. De los gráficos mostrados se observa como el algoritmo de adaptación del tiempo de exposición hace converger el nivel de gris medio de la ROI de las imágenes adquiridas al rango de luminancia óptimo y que el tiempo de respuesta cuando la luminancia no está comprendida dentro del rango óptimo definido, es pequeño, aproximadamente entre una y cuatro imágenes, según las condiciones de la prueba realizada.

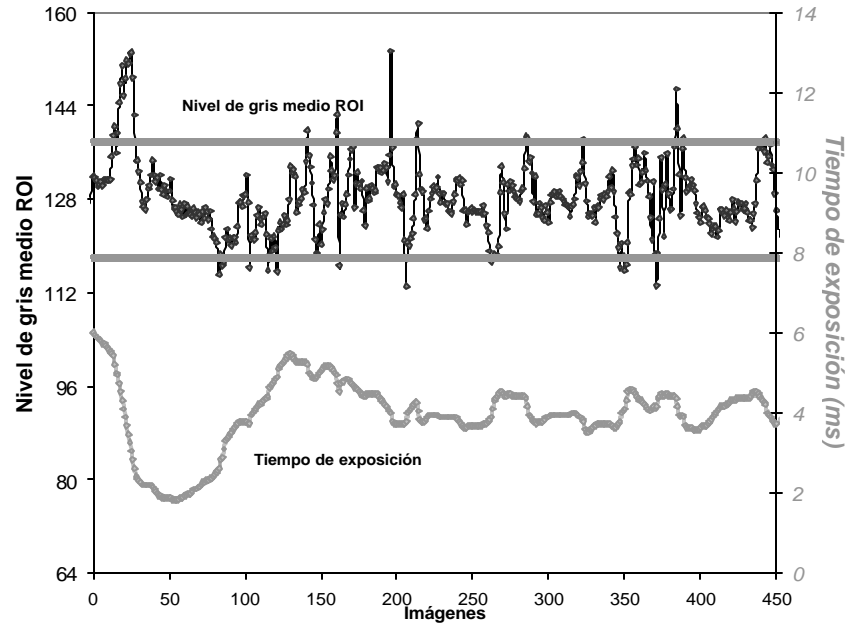


Figura 8: Representación evolución de la luminancia de la ROI y del tiempo de exposición.

2.5 Subsistema de sincronización

El subsistema de sincronización está compuesto por la tarjeta de tiempo (timeboard) y las señales de sincronía: PPS, Trigger y Resync (ver Figura 6). El propósito de este subsistema es la de referenciar en tiempo absoluto GPS los datos adquiridos para, posteriormente, transferir los parámetros de orientación a los diferentes sensores.

El dispositivo timeboard permite marcar el tiempo de las señales (timetags) en sus entradas con una resolución de 20 ns. Pero para poder extraer información de los timetags recibidos es necesario referenciarlos absolutamente en el sistema de tiempo GPS. El proceso de sincronización se divide en dos fases, la inicialización y la sincronización de los datos.

El proceso de inicialización tiene como objetivo establecer la referencia temporal que existe entre los dos sistemas de tiempo, el GPS y el de timeboard. T^{GPS} es un instante de tiempo referenciado sobre el sistema GPS y T^{GT} el mismo sobre el sistema relativo a la tarjeta de tiempo; y ambos se relacionan según la expresión (3).

$$T^{GPS} = T^{GT} + T_0 \quad (3)$$

T_0 es el tiempo GPS del instante en que se indica a la tarjeta de tiempo que empiece a medir las señales en sus entradas y esta inicializa su tiempo interno a cero; por tanto, T_0 es la referencia temporal entre ambos sistemas.

En el primer paso del proceso de inicialización T_0 toma el valor de la diferencia entre el tiempo de un pulso de sincronismo (Resync) marcado en el receptor GPS (T_{Resync}^{GPS}) y en la tarjeta de tiempo (T_{Resync}^{GT}) (4).

$$\text{offset} = T_{Resync}^{GPS} - T_{Resync}^{GT} \quad (4)$$

En un segundo paso, se vuelve a generar unos cuantos pulsos de sincronismo y se repite la expresión (4) para validar que con el valor T_0 actualizado del primer paso, el resultado de dicha operación es cero; hecho que significa que los dos sistemas de referencia están correctamente referenciados (ver Figura 9).

El valor de T_0 se descompone como la suma de dos componentes, $[T_0]$ que es la parte entera del tiempo T_0 segundos, y $?T_0(i)$ que es la parte decimal de T_0 (5). El valor de $?T_0(i)$ se halla a partir de los pulsos PPS marcados por la tarjeta de tiempo y este valor se actualiza en cada iteración para corregir posibles desviaciones del reloj interno.

$$T_0 = [T_0] + ?T_0(i) \quad (5)$$

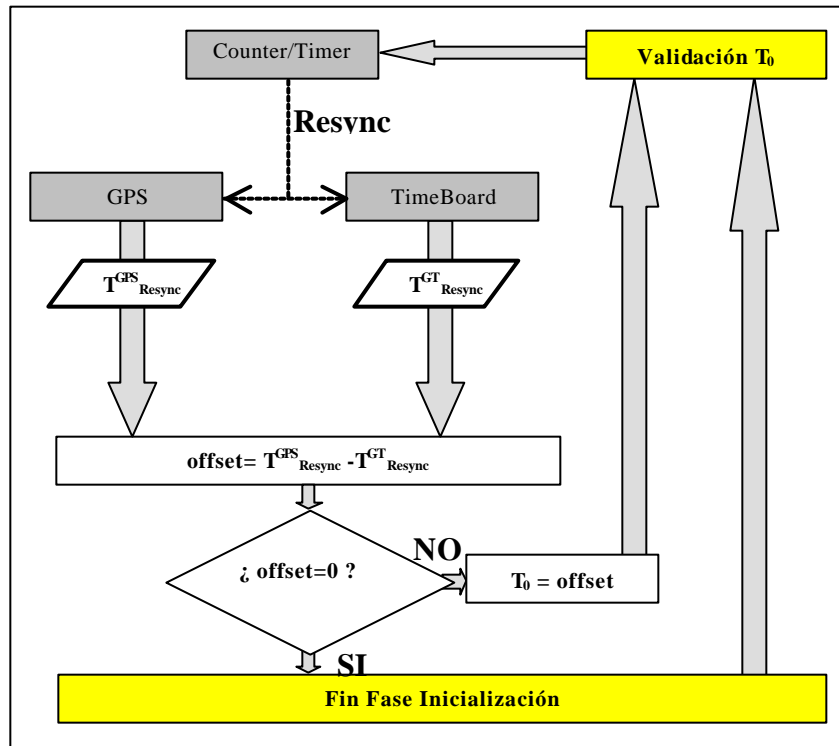


Figura 9: Esquema inicialización proceso de sincronización

En la fase de sincronización, se marcan los timetags de la señal de trigger, que es la que dicta la adquisición de los datos de los sensores, con la tarjeta de tiempo (ver Figura 6) y mediante el proceso de sincronización según la expresión (3) se referencian estos timetags con su tiempo absoluto y su dato asociado.

En esta primera fase del proyecto que los sensores disponibles son dos cámaras CCD, la sincronización se encarga de referenciar cada par de imágenes con su instante de captura siguiendo el procedimiento anterior. Además, se añade un procedimiento de comprobación de la correspondencia entre la imagen y su tiempo comparando los tiempos de frame grabbers y la marcas de tiempo del trigger (ver figura 10).

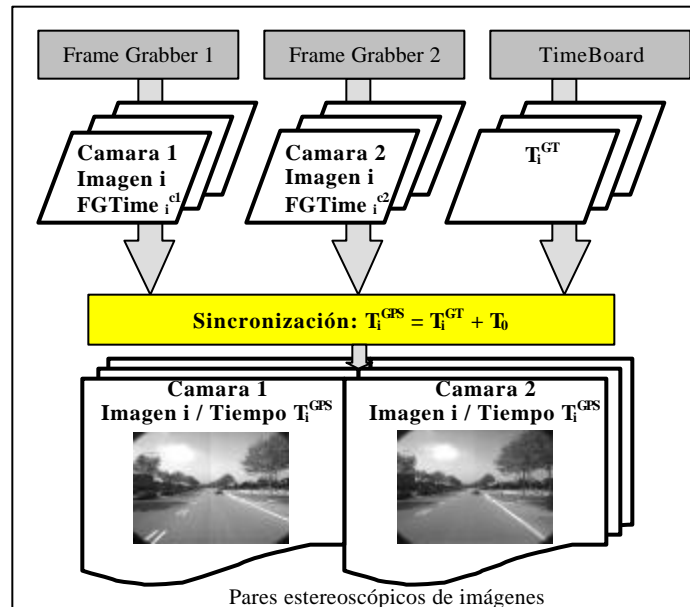


Figura 10: Esquema proceso de sincronización de los pares de imágenes.

2.6 Sistemas de alimentación y control ambiental

Estos sistemas engloban aquellos equipos e instalaciones de soporte para la operación del sistema en un entorno productivo. Por un lado los equipos requieren de energía eléctrica que viene proporcionada por un generador de 4000 KVA instalado en la furgoneta. Se ha tenido en cuenta en su elección el nivel sonoro del equipo y se ha adecuado su instalación con atenuaciones pasivas adicionales tanto acústicas como de vibración para cuidar el confort de los operadores del sistema. Este generador proporciona energía a un sistema SAI del que toman suministro los equipos. De esta manera se garantiza un suministro eléctrico continuo y de calidad a los equipos. El sistema de alimentación se desconecta totalmente mediante sendos pulsadores de emergencia disponibles para el conductor y el navegante. Se dispone de una entrada externa de energía eléctrica para operaciones del sistema de forma estacionaria.

El control ambiental tiene como misión estabilizar las condiciones de trabajo de los equipos externos e internos. Para ello se han construido contenedores para los equipos externos que los aíslan de las condiciones exteriores con fibra de vidrio reforzada con resinas [3]. Se dispone de un equipo climatizador que conduce aire a presión en las habitáculos de los equipos a fin de estabilizar su temperatura de trabajo y absorber la humedad que pudiera estar presente para evitar condensaciones.



Figura 11: Protecciones ambientales y bloque evaporador del sistema de climatización.

3. Georeferenciación directa y calibración

Para poder georeferenciar de forma directa cada sensor hay que ser capaz de trasladar la orientación proporcionada por el subsistema de orientación en el marco de referencia inercial al marco de referencia de cada sensor embarcado en el vehículo, es decir, es necesario conocer *a priori* los vectores de excentricidad (offset) de cada sensor al marco de referencia inercial, así como la matriz de desalineación (rotación entre los triédros que definen cada sistema de referencia) entre los sistemas de referencia inercial y del sensor. La determinación de estos vectores de excentricidad y matrices de desalineación se lleva a cabo en un proceso de calibración.

La calibración del subsistema de sensores de imagen requiere de dos pasos. En el primero se caracterizaran las distorsiones geométricas del conjunto de cada cámara con su respectiva óptica. En un segundo paso se determinan los vectores de excentricidad y matrices de desalineación entre cámaras (orientación relativa) y entre las cámaras y el marco de referencia inercial.

La calibración de las ópticas se ha llevado a cabo en la sala de exposiciones de la sede del ICC (ver figura 12) dónde se han medido con técnicas de topografía convencionales 6 puntos en el suelo con diseño regular de la sala y la posición de las cámaras en 5 estacionamientos diferentes desde el balcón de la cartoteca del ICC a la sala de exposiciones. Se ha aerotriangulado el bloque y analizado y ajustado por mínimos cuadrados un polinomio para absorber las distorsiones radiales de los residuos de las observaciones fotogramétricas (ver figura 13).

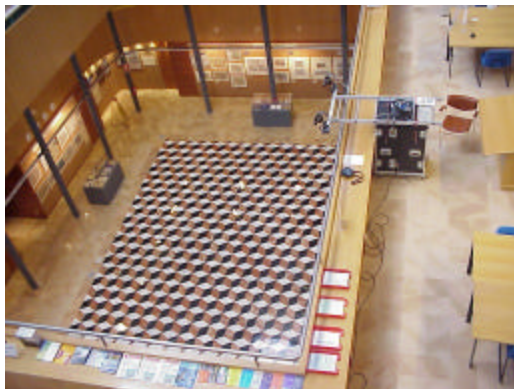


Figura 12: Fotografía del proceso de calibración de las ópticas.

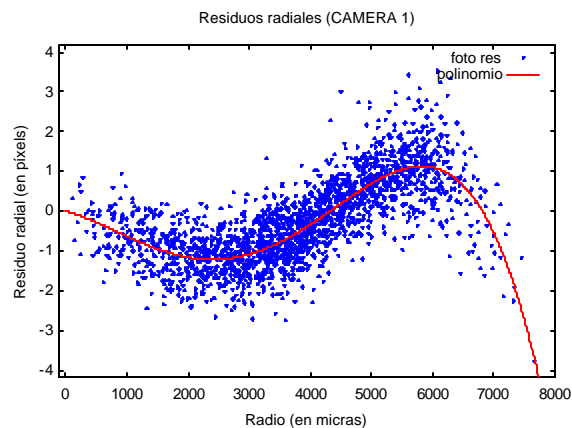


Figura 13: Componente radial de los residuos fotogramétricos y polinomio ajustado que los modeliza.

La determinación de la orientación relativa de las cámaras, así como los vectores de excentricidad y matrices de desalineación de cada una de las cámaras al marco de referencia inercial se llevo a cabo en las proximidades del ICC en el Parc de Montjuïc, tomando fotografías en movimiento y posiciones estáticas a unos muros dónde previamente se habían calculado las coordenadas de 60 puntos con precisiones de 1-2 cm por intersección directa a partir de 2 estacionamientos GPS en la zona (ver figuras 14 y 15). Los puntos se han identificado en los diversos pares y se han ajustado por mínimos cuadrados, dando como resultado las orientaciones relativas con precisiones del orden de 1 cm en posición y de 60 a 80 segundos en actitud de la relativa entre cámaras; y precisiones de 1-2 cm en los vectores de excentricidad de las cámaras y de 120 a 150 segundos en los ángulos de las matrices de desalineación.



Figura 14: Fotografía de la GEOVAN en el proceso de adquisición de imágenes para la calibración de orientaciones relativas.

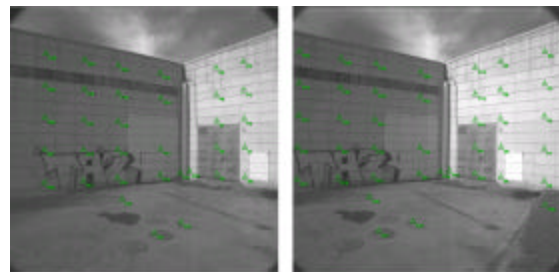


Figura 15: Par estereoscópico con los puntos de control identificados que corresponde al momento de la adquisición de la figura 14.

Posteriormente a la determinación de los vectores de excentricidad y de las matrices de desalineación ya es posible proceder a la transferencia de los parámetros de orientación determinados por el subsistema GPS/IMU al modelo fotogramétrico. Se han realizado un conjunto de pruebas preliminares para determinar la precisión empírica en la determinación de coordenadas de elementos externos identificados en los modelos fotogramétricos estando el vehículo en movimiento y utilizando técnicas de orientación directa. Se han comparado coordenadas de 39 elementos obtenidas mediante técnicas fotogramétricas y mediante técnicas topográficas. La desviación estándar calculada se encuentran en la tabla 2. Puede observarse que siendo Y aproximadamente el sentido de marcha del vehículo la precisión es de 13 cm mientras que en las otras dos componentes (perpendiculares al sentido de la marcha) la precisión es de 3-5 cm. Estos resultados son coherentes con los esperados teóricamente según se muestra en la figura 5.

	Desv.Stand.
X	0.05 m
Y	0.13 m
H	0.03 m

Tabla 2: Precisiones empíricas

4. Conclusiones.

En el marco del proyecto GEOVAN el ICC ha integrado los componentes hardware y software necesarios para disponer de una plataforma orientada sobre un vehículo para poder georeferenciar los diferentes sensores que se instalen en dicha plataforma.

En una primera fase se han integrado dos cámaras digitales para la obtención de pares de imágenes y formar modelos estereoscópicos. Las precisiones preliminares obtenidas de los elementos centrados extraídos de los modelos estereoscópicos orientados de forma directa es de 35 cm en las direcciones perpendiculares a la marcha del vehículo y de 13 cm en la dirección de marcha del vehículo.

Dentro del año 2003 se procederá a la integración de un sistema de Láser terrestre [4] en el vehículo. La información recogida por dicho sensor se georeferenciará mediante el la transferencia de los parámetros de orientación calculados por el subsistema de orientación GPS/IMU del sistema GEOVAN.

Referencias.

- [1]. Cameron Ellum, Nasser El-Sheimy “Land-Based Mobile Mapping Systems”. Photogrametric Engineering & Remote Sensing, January 2002 (pp 13-28).
- [2]. Centre CIM (ICT-UPC) “Disseny de l’estructura d’un sistema mòvil d’adquisició de dades per a cartografia vial”.
- [3]. Centre CIM (ICT-UPC) “Disseny dels sistemes complementaris de l’estructura del Projecte GEOVAN”.
- [4]. F. Buill,F., Regot,J., Gili,J.A., Talaya,J. “Aplicación del Láser Escáner Terrestre para Levantamientos Arquitectónicos, Cartográficos e Industriales”, 5ª. Setmana Geomàtica de Barcelona "Cartografia, Telemàtica y Navegación". 11-14.2.2003, Barcelona.
- [5]. A.Serra “ Subsistema de adquisición de datos del sistema GEOVAN”, 5ª. Setmana Geomàtica de Barcelona "Cartografia, Telemàtica y Navegación". 11-14.2.2003, Barcelona.