

# Plataformas Aerostáticas para la Monitorización de Incendios

Jesús Gonzalo <sup>1</sup>, Isaac Domínguez, José María Cruz <sup>2</sup>

## Resumen

La visualización continua del progreso de un incendio forestal es un servicio muy valioso durante la gestión de los medios involucrados en su extinción. En el pasado se han desarrollado diversos sistemas que incluyen tecnología de teledetección infrarroja basada en plataformas espaciales, aeroportadas, terrestres e incluso portátiles para obtener datos acerca del estado de los frentes de llama y las zonas quemadas.

La iniciativa GMES, conjunta entre la Agencia Europea del Espacio y la Comisión Europea, pretende ofrecer servicios operacionales basados en teledetección espacial y orientados a la protección del medio ambiente y a la seguridad. En los manifiestos de creación del marco GMES queda patente la necesidad de combinar componentes 'in-situ' con la información espacial para cumplir con exactitud los requisitos finales de los usuarios. Parece probado que el futuro del seguimiento de los incendios forestales pasa por la puesta en órbita de sensores convenientemente adaptados a tal labor complementados por otros que, igual de especializados, se encuentra a bordo de plataformas aeronáuticas y proporcionan datos de mucho mayor detalle aunque con cobertura local. A este respecto, las plataformas autónomas añaden a su ajustado coste de operación la ventaja de eliminar el riesgo para las tripulaciones.

Actualmente, liderado por la empresa INSA perteneciente al INTA, se está desarrollando un sistema basado en plataformas aerostáticas que, situadas a barlovento del incendio, son capaces de obtener imágenes térmicas de alta resolución con una autonomía de varios días. La plataforma, de unos 50 m de eslora y 15 de manga, podrá acarrear unos 200 kg de carga útil manteniéndose estacionaria en alturas entre 3000 y 4000 m. Como pasos previos se trabaja con modelos de 22 y 35 m de eslora respectivamente.

---

<sup>1</sup> Universidad de León, Escuela de Ingeniería Técnica Aeronáutica, Departamento de Ingenierías Mecánica, Informática y Aeroespacial, León, España, [jesus.gonzalo@unileon.es](mailto:jesus.gonzalo@unileon.es)

<sup>2</sup> INSA S.A., Departamento de Sistemas y Observación de la Tierra, [gmartin@insa.org](mailto:gmartin@insa.org)

## Introducción

La visualización continua del progreso de un incendio forestal es una valiosa información durante la gestión de los medios involucrados en su extinción. Lo mismo ocurre con otros desastres naturales como volcanes o polución térmica en ríos. En el pasado se han desarrollado sistemas diversos que incluyen tecnología de teledetección infrarroja basada en plataformas espaciales, aeroportadas, terrestres e incluso portátiles para obtener datos acerca del estado de los frentes de llama y las zonas quemadas.

La iniciativa GMES, conjunta entre la Agencia Europea del Espacio y la Comisión Europea, pretende ofrecer servicios operacionales basado en teledetección espacial y orientados a la protección del medio ambiente y a la seguridad. En los manifiestos de creación del marco GMES queda patente la necesidad de combinar componentes 'in-situ' con la información espacial para cumplir con exactitud los requisitos finales de los usuarios [2][3]. Más concretamente, se mencionan redes existentes como INSPIRE y EIONET (a las que habría que añadir las más recientes ORCHESTRA, OASIS y WIN) y sensores locales (aeroportados o fijos) como los componentes más adecuados para complementar la información de teledetección espacial.

En la actualidad, la monitorización continua de eventos sobre la superficie terrestre se debe basar en la combinación de múltiples fuentes de datos en un servicio común construido a partir de los requisitos del usuario. En este caso, los usuarios finales son las autoridades de lucha contra los incendios forestales.

Los sensores terrestres tienen prestaciones aceptables pero su impacto medioambiental es alto dado que requieren una instalación dedicada y una torre de vigilancia colocada en un lugar estratégico, normalmente al alcance del público. El mantenimiento es costoso y el sistema presenta poca flexibilidad y zonas muertas. Por otro lado, la resolución de imagen obtenida es excelente (esto proporciona a menudo falsas alarmas debidas a pequeños objetos calientes que inesperadamente entran en la escena, como coches o maquinaria agrícola) pero oblicua, lo que dificulta la localización exacta de los objetos de la imagen en un mapa geo-referenciado.

Los sensores aeroportados presentan buenas cualidades para la vigilancia y seguimiento de incendios. Los detectores infrarrojos pueden ser calibrados a tal efecto para evitar la saturación y las imágenes se retransmiten a distancia en tiempo real. Actualmente, la Dirección General para la Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente español cuenta con el sistema ACO, un pequeño aeroplano dotado de cámaras infrarrojas que trabaja solamente en los meses de verano dado el elevado coste de operación.

Finalmente, la solución basada en satélites tiene una buena aceptación y todas las Comunidades Autónomas cuentan en mayor o menor medida con sistemas GIS alimentados por datos de teledetección espacial. Los sistemas de teledetección espacial han madurado en los últimos años llegando a existir en gran número. Sin embargo, los requisitos de usuario en cuanto a frecuencia y rapidez de entrega de los datos aún está lejos de lograrse.

Los satélites geoestacionarios (36000 km de altura aprox.), los más eficientes desde el punto de vista de resolución temporal, adolecen de la resolución espacial adecuada para muchas aplicaciones, dada la distancia entre sensor y escena a

observar. Los satélites en órbita baja (200-2000 km de altura), por otro lado, toman imágenes de excelente calidad pero su velocidad relativa les hace apartarse de la zona de interés y por lo tanto necesitan un intervalo grande de tiempo hasta que ésta se vuelve a alcanzar de nuevo.

Evidentemente, cuantos más satélites estén disponibles, mayor será la frecuencia de refresco de los datos, pero más heterogéneos son éstos y más difícil resulta su utilización en sistemas de ayuda a la decisión. En la actualidad no existen satélites dedicados específicamente a la monitorización infrarroja frecuente por lo que se usan los canales infrarrojos de los satélites de propósito general para obtener, en un ejemplo claro como el de los incendios forestales, mapas de frentes de llama y puntos calientes. Estos productos, que no se generan con la frecuencia que sería deseable, a menudo adolecen de información importante debido a la saturación de las cámaras ante la enorme energía irradiada por un incendio. La Agencia Europea del Espacio ha financiado la implantación de sistemas en tiempo real (REMFIRESAT) para una gestión integral de medios que explota por completo toda la tecnología espacial disponible (teledetección, comunicaciones y navegación por satélite). Actualmente, la misma Agencia está diseñando satélites para apoyar los servicios GMES que probablemente embarquen una carga de pago con sensores infrarrojos para contribuir a la demanda que existe por parte de las autoridades forestales y de protección civil (satélites GMES-SENTINEL).

Parece probado, entonces, que el futuro de la visualización de los incendios forestales pasa por la puesta en órbita de sensores convenientemente adaptados a tal labor. A medida que la tecnología espacial se hace más asequible, más y mejores satélites orbitan nuestro planeta. Sin embargo, aunque la tecnología requerida por los sensores dedicados está ya disponible y se empieza a integrar en nuevas misiones, todavía falta un largo trecho para ver los objetivos de la observación continua cumplidos.

Con un incremento en el número de satélites, los análisis de datos multi-temporales pronto cobrarán mayor importancia de la que poseen en la actualidad. La comparación y el análisis de tramas de escenas no saturadas proporcionarán un instrumento de gestión y científico de alto valor para la comunidad forestal. El gran reto, la simulación de la propagación del incendio descontrolado estará entonces más cerca.

INSA opera actualmente un demostrador tecnológico que prepara el camino para estos nuevos sistemas analizando el uso de sensores infrarrojos no saturables con frecuencias de imágenes hasta ahora no disponibles. Para ello, cuando los vientos no son excesivos, la solución más aconsejable es la plataforma aerostática, que permita una observación continua del evento sin cambios en la posición y desde una altura que emule los ángulos de visión obtenidos desde el espacio. El programa se denomina SANCHO (Sistema Aerostático para Navegación, Comunicaciones y Herramientas de Observación).

La idea no es nueva desde el punto que NASA, ESA [7] y JAXA [8] ya promueven iniciativas similares que inicialmente permiten desarrollar cargas útiles, sistemas de barrido y sobre todo algoritmos de proceso de datos pero que, en un futuro cercano, permitirán explotar el denominado 'near space' (espacio cercano), que es la franja atmosférica situada entre los 20 y los 200 km, actualmente sin utilizar.

Además de los satélites estacionarios, los globos y dirigibles aportan un punto estático de observación. Éstos últimos son también capaces de corregir su posición y contrarrestar las perturbaciones atmosféricas. El coste actual de estos equipos es razonable, dado que su uso se ha generalizado en el mundo científico (además del entretenimiento y el publicitario). El coste de operación de un dirigible de estas características también presenta grandes ventajas frente al satélite, al avión tripulado e incluso al no tripulado (UAV). Sin embargo, actualmente no existen proyectos operacionales basados en estas plataformas, por lo que si los resultados son los esperados, esto podría suponer una segunda fase para este proyecto.

## Justificación

En el pasado ha habido intentos de desarrollar sistemas espaciales de teledetección dedicados a la observación de los incendios forestales. En paralelo, otras aplicaciones de este tipo de datos han prosperado en la ayuda a la gestión de múltiples desastres naturales. Sin embargo, el hecho diferencial de la monitorización de incendios es que, dado el dinamismo del evento, se requiere una alta frecuencia de datos para lograr que la información sea de utilidad en sus diferentes facetas, pero principalmente la de salvaguardar a las personas que están llevando a cabo las labores de extinción.

Los intentos mencionados, aun habiendo conseguido gran reconocimiento por parte de los usuarios, alto consenso en cuanto a la definición e incluso alguna aplicación pre-operacional, tienen un desarrollo un tanto lento como para que se pueda esperar una utilización próxima en el corto/medio plazo.

Las razones del progreso lento de la solución espacial pueden buscarse en la dificultad de financiación de sistemas de utilización global, la alta demanda de misiones por parte de usuarios diversos frente a la limitada capacidad de desarrollo de las Agencias actuales, el precio de los lanzamientos y la actual cultura de utilización de la teledetección entre otras.

La solución aeroportada, aunque versátil una vez en marcha, resulta costosa en su operación y de cobertura limitada. Además, la calidad de la información no es buena dada la corta distancia entre sensor y escena, que hace que el campo sea pequeño, la geometría de observación oblicua y la geo-referenciación muy dificultosa. Algunas pruebas realizadas por NASA con su sensor MAS (Modis Airborne Simulator) desde 20 km de altura (ER-2), muestran que entonces sí quedan solventados los anteriores inconvenientes, pero a un coste inasumible dado el carácter singular de tal aeroplano.

Actualmente existe un movimiento novedoso alrededor de las plataformas de alta cota y larga duración. Sin lugar a dudas será una solución muy bienvenida en el entorno forestal. Se trata de teledetección aeroportada desde plataformas sin piloto que, desde más de 20 km de altura, proporcionan imágenes continuamente durante largos periodos de tiempo (semanas o meses) gracias a su propulsión eléctrica y el uso de modernos tandem paneles solares/pilas de combustible. Estas aplicaciones se denominan a menudo 'near-space' dado que el entorno estratosférico presenta problemáticas muy similares al puramente espacial.

En este escenario, parece necesario adelantarse a los desarrollos finales, actualmente dirigidos por la disponibilidad tecnológica, proporcionando estudios y

simulaciones que permitan evaluar con más criterio cada sistema de observación desde el punto de vista de los requisitos del usuario final, que es, al fin y al cabo, la mejor forma de asegurar su futura validez la correcta explotación de los servicios asociados.

Si bien el sistema está dimensionado para las aplicaciones alrededor de incendios forestales, es previsible una ampliación inmediata a otras áreas de interés dentro de las líneas de trabajo de GMES en las que la identificación de eventos calientes sea clave. A modo de ejemplo, ciertas aplicaciones de seguridad, como el control de fronteras, podrían beneficiarse de la disponibilidad de un sistema así. No obstante, resulta imprescindible la focalización en el cumplimiento de los requisitos de incendios, dadas las carencias para las aplicaciones forestales de los sistemas de propósito general derivados de las exigencias de éstas en términos de rango dinámico de los sensores (para evitar su saturación). Por ello, la identificación de nuevas aplicaciones no deberá comprometer el cumplimiento de los requisitos básicos de los sistemas forestales, pudiéndose prever el empleo de filtros u ópticas diferentes, pero no la modificación crítica de los elementos básicos.

## Requisitos de usuario

Con el objeto de proporcionar una rápida visualización de los requerimientos establecidos, se ha elaborado la siguiente tabla donde se muestran de modo conciso las especificaciones de cada uno de ellos en dos escenarios progresivos, uno a corto plazo (pre-operacional) y otro a medio plazo (operacional).

REF	Requisitos en la detección	Modelo preoperacional	Modelo operacional
RU-DET.10.	Tiempo de detección (95%-5%)	15 min	5-15 min.
RU-DET.20.	Mínimo fuego detectable	50 m <sup>2</sup>	50 m <sup>2</sup>
RU-DET.30.	Nivel de precisión	< 500 m	< 500 m
RU-DET.40.	Falsas alarmas	< 5 %	< 5 %
RU-DET.50.	Saturación instrumento	TBD	TBD
RU-DET.60.	Área de cobertura	1000 Km <sup>2</sup>	10000 Km <sup>2</sup>
REF	Requisitos en el seguimiento	Modelo preoperacional	Modelo operacional
RU-SEG.10	Capacidad de movimiento	5-10 m/s	15-30 m/s
RU-SEG.20	Resolución del frente del incendio	10 m	10 m
RU-SEG.30	Precisión en la localización perímetro	1 píxel	1 píxel
RU-SEG.40	Medida de la evolución del perímetro	30 min.	30 min.
RU-SEG.50	Seguimiento automático	5 Km <sup>2</sup>	Siempre
RU-SEG.60	Valoración de daños causados	100 ha	100 ha

Sesión No. 4.—Servicios de Información Espacial al Servicio de la Gestión de Incendios Forestales— Gonzalo, Domínguez, Cruz

REF	Requisitos en la detección	Modelo preoperacional	Modelo operacional
RU-SEG.70	<i>Identificación de puntos calientes</i>	SI	SI
RU-SEG.80	<i>Máx. intensidad aceptable del incendio</i>	TBD	Máximo histórico
REF	Requisitos de carácter operativo	Modelo preoperacional	Modelo operacional
RU-SER.10.	<i>Tiempo de prestación del servicio</i>	6 h/d	24 h/d
RU-SER.20.	<i>Condiciones climatológicas (5%-95%)máx. V. viento</i>	30 m/s 20m/s	40 m/s 25 m/s
RU-SER.30.	<i>Tiempo mín. despliegue</i>	<48 h	< 24 h
RU-SER.40.	<i>Autonomía de operación</i>	3 días	15 días
RU-SER.50.	<i>Disponibilidad</i>	2σ	3σ
RU-SER.60	<i>Facilidad de uso</i>	Uso Fácil	Autónomo
RU-SER.70	<i>Personal de operación necesario.(desp./operac)</i>	8	8/2 (sobre 24h)
RU-SER.80	<i>Coste de operación del sistema</i>	<1€/ha/año(TBC)	<1€/ha/año(TBC)
RU-SER.90	<i>Requisitos materiales</i>	TBD	TBD
REF	Requisitos en la transmisión y manipulación de datos	Modelo preoperacional	Modelo operacional
RU-SER.100	<i>Filtración y limpieza de datos</i>	Usuario	Usuario
RU-SER.110	<i>Seguridad en la transmisión...de datos</i>	Alta	Máxima
RU-SER.120	<i>Soporte móvil para el centro de control</i>	TBD	4x4
REF	Requisitos con otros sistemas	Modelo preoperacional	Modelo operacional
RU-SER.130	<i>Compatibilidad con otros sistemas de comunicación</i>	SI	SI
RU-SER.140	<i>Ausencia de interferencias con otros medios implicados</i>	Sin interferencias	Sin interferencias

## Análisis comparativo de sistemas de observación

Los sistemas de teledetección poseen muchas particularidades comunes. Sin embargo, las características geométricas y dinámicas de la adquisición de los datos así como las restricciones másicas de los instrumentos hacen que las configuraciones sean variadas. Si a esto se unen consideraciones ambientales y de tiempo de operación se obtiene un amplio espectro de posibilidades.

Además de los instrumentos de medida, existen otros subsistemas necesarios para la operación, como son el subsistema de potencia, el de control, comunicaciones,

protección térmica y ambiental y el soporte estructural. Si el hardware está embarcado en un vehículo, se deben añadir todos los sistemas de vuelo.

## ***Instrumento***

Desde las torres de vigilancia automáticas hasta los modernos satélites utilizan la tecnología infrarroja para la identificación de puntos calientes. Esto es debido al contraste que proporciona la energía térmica frente a la reflejada por el sol (albedo) en las bandas infrarrojas del espectro.

De toda la zona infrarroja, se utilizan a menudo dos ‘ventanas atmosféricas’ donde la transparencia del aire atmosférico permite medir la energía del objeto de interés desde una larga distancia. Estas ventanas se suelen denominar Infrarrojo Medio (MIR: 3-5  $\mu\text{m}$ ) e Infrarrojo Térmico (TIR: 8-12  $\mu\text{m}$ ).

Las primeras capas atmosféricas, de densidad mayor, proporcionan mayor resistencia al paso de las ondas electromagnéticas. Más arriba, la transparencia es mayor y por lo tanto la influencia de la altura en la calidad de las imágenes deja de ser relevante. Como muestra, la transmisividad desde 20 km de altura es casi idéntica a la que se aprecia desde 600 km de altura, posición típica de muchos satélites de observación.

La gran diferencia entre la adquisición desde diferentes alturas se encuentra en la resolución y la cobertura obtenida. Un mismo instrumento con foco en el infinito, puede funcionar en un rango de distancias muy grande; cuando está situado lejos, obtiene una imagen grande con baja resolución, pero según se va acercando, aumenta la calidad de la imagen a expensas del área cubierta.

Recíprocamente, si se desea obtener la misma resolución desde distancias distintas, los diseños ópticos deben escalar de manera que, aproximadamente, la apertura óptica crece linealmente con la distancia. Puesto que el tamaño de la óptica suele tener mucha relación con la masa y tamaño del instrumento, se puede decir en primera aproximación que la masa del instrumento crece como el cubo de la distancia de observación para una resolución prefijada.

Las cámaras recogen, gracias a su óptica, la energía de la escena y la proyectan contra una superficie sensitiva, el plano focal. El tamaño de la imagen depende, una vez fijada la resolución, del número de elementos sensibles que se implanten en el plano focal. Además, se sabe que hay un límite tecnológico en el tamaño máximo del plano focal y en el tamaño mínimo de los elementos detectores.

De todo esto se deduce que cuanto menor sea la altura, más sencillo será el instrumento pero se obtendrá menor cobertura por imagen.

La solución para paliar el problema de la cobertura consiste en incorporar un mecanismo de escaneado o apuntamiento (o ambos). Este mecanismo incrementa la masa del conjunto pero a menudo merece más la pena que instalar varias cámaras o incrementar la altura de la plataforma de observación.

Desde el dirigible se pueden utilizar métodos de apuntamiento como la motorización en dos ejes, barrido cónico, pushbroom, whiskbroom, etc. Dependiendo de las alturas seleccionadas y los requisitos de cobertura, se retendrán las configuraciones más prometedoras y se profundizará en la simulación de sus prestaciones.



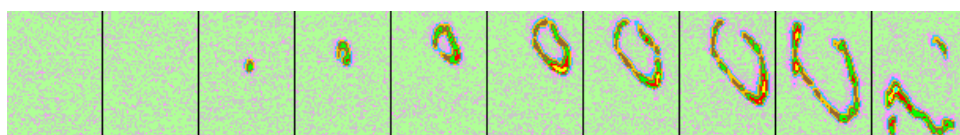
En las primeras versiones se utilizan cámaras giro-estabilizadas con capacidad de apuntamiento en dos ejes (pan y tilt) y canales visible e infrarrojo analógicos. Estas cámaras, ideadas para trabajo en entornos militares, poseen gran robustez y alta sensibilidad, siendo los niveles de saturación su principal desventaja. Actualmente se trabaja en la incorporación de filtros.

### **Análisis de algoritmos y simulación de productos finales**

Aunque no es objeto de este documento detallar los algoritmos necesarios para la obtención de mapas de puntos calientes y frentes de llama, si conviene recordar que se trata de buscar el contraste térmico con el fondo, generalmente más frío. Las falsas alarmas se producirán cuando, debido a reflejos solares o a calentamientos anómalos de superficies descubiertas (suelo desnudo, tejados, etc.), algún píxel rebasa el nivel energético estipulado como umbral. Los contornos de las nubes son a menudo también causa de falsos positivos.

Modernamente, los algoritmos se han refinado bastante y se combinan filtros multispectrales con sistemas expertos, redes neuronales, lógica borrosa, 'data mining' y otras técnicas de umbrales para reducir al mínimo las falsas alarmas y agilizar el proceso.

Cabe destacar la importancia de la resolución de las imágenes en la sensibilidad del sistema. Según campañas de vuelo realizadas en 1998 durante el programa FUEGO de la CE y otros datos publicados desde entonces, se pueden analizar variables muy interesantes de la imagen como la cantidad de flujo emitido por unidad de perímetro del incendio. El interés de esta medida es su estrecho rango de variación (alrededor de una media de 9.6 kW/μm/m para los ensayos realizados) para un tipo de vegetación e intensidad de incendio (velocidad de propagación dadas).

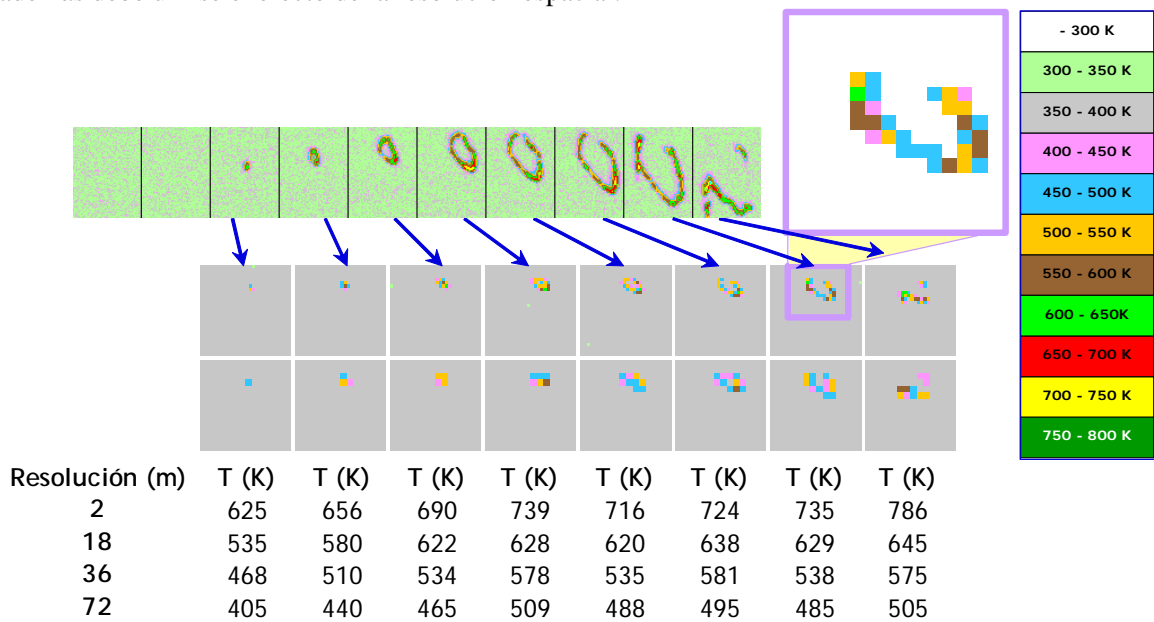


Nombre	cf92010	cf92020	cf92030	cf92040	cf92050	cf92060	cf92070	cf92080	cf92090	cf92100
Tiempo	- 10' 56"	- 1' 25"	4' 21"	9' 29"	15' 12"	20' 27"	25' 24"	30' 38"	35' 42"	41' 55"
Sensor: Max T (K)	-	-	625	656	690	739	716	724	735	786
Sup > 500K (m²)	0	0	73	220	637	949	955	1237	2174	2305
Sup > 650K (m²)	0	0	0	18	140	416	239	441	422	710
Suelo: Max T (K)	-	-	1000	600	800	850	1000	800	900	1000
Flujo espec. MIR (kW/μm)	-	-	176	459	1162	1938	1913	2425	2931	2972
Perímetro (m)	-	-	-	49	115	201	212	266	283	222
Flujo spec. medio por uni. de perímetro (kW/μm m)	-	-	-	9.4	10.1	9.6	9	9.1	10.4	13.4



**Sesión No. 4.—Servicios de Información Espacial al Servicio de la Gestión de Incendios Forestales— Cruz, Martín de Mercado, Martínez**

Se observa que los máximos de temperaturas aparente son menores que los medidos en tierra por los termopares. Esto es debido a la heterogeneidad de las temperaturas presentes en la escena, incluso dentro del propio píxel. En la zona de incendio, existen llamas vivas, combustible incandescente, cenizas calientes, objetos quemados templados e incluso fondos más fríos. Mientras que el termopar siempre capta la temperatura de la llama al pasar sobre él (integrando en el tiempo, además, debido a su inercia térmica), la imagen solo percibe una media de lo que ocurre dentro del píxel. Esta media debe realizarse en energías, no en temperaturas (la ley de Plank es fuertemente no lineal). El resultado es un valor sensiblemente menor, al que además debe unirse el efecto de la resolución espacial.



El flujo radiado es recibido, tras atravesar la atmósfera, por una óptica que proyecta la energía en los detectores del instrumento, formando una imagen de cierta resolución. El proceso puede simularse para obtener las medidas que realizaría el sensor con diversas resoluciones, tal como se muestra en la Tabla 4.1 4. En este caso se considera un sistema de imagen perfecto en el que no hay transferencia de información de un píxel a los colindantes (este efecto se estudiará más adelante).

Analizando las temperaturas aparentes del suelo observadas por los detectores aerotransportados, se puede observar que los máximos se reducen cuanto menos resolución posee el detector. La lógica de este efecto radica en que la zona afectada por el incendio no cubre todo el píxel, luego cuanto mayor es el píxel más porcentaje de fondo frío abarca.

Teniendo en cuenta esto, se puede deducir que la observación desde alturas estratosféricas proporciona una capacidad de detección mucho más acentuada que la que se consigue desde alturas Leo y por supuesto GEO. Tomando como temperatura de referencia 650K (temperatura aparente usando 2 m de resolución), y considerando que un satélite ha de tener una resolución bastante menor con objeto de hacer la misión viable, esa referencia equivale a 450K con 72 m de resolución. A modo de

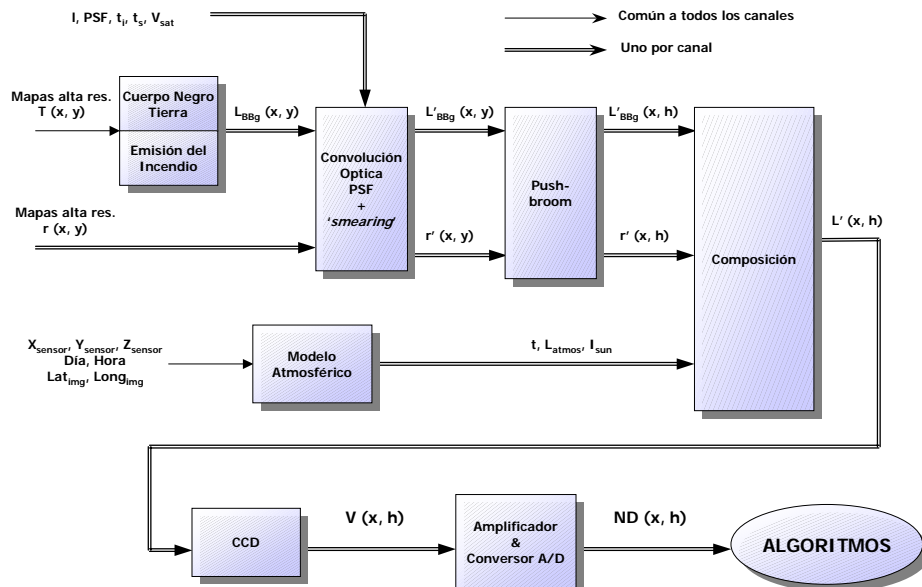
**Sesión No. 4.—Servicios de Información Espacial al Servicio de la Gestión de Incendios Forestales— Gonzalo, Domínguez, Cruz**

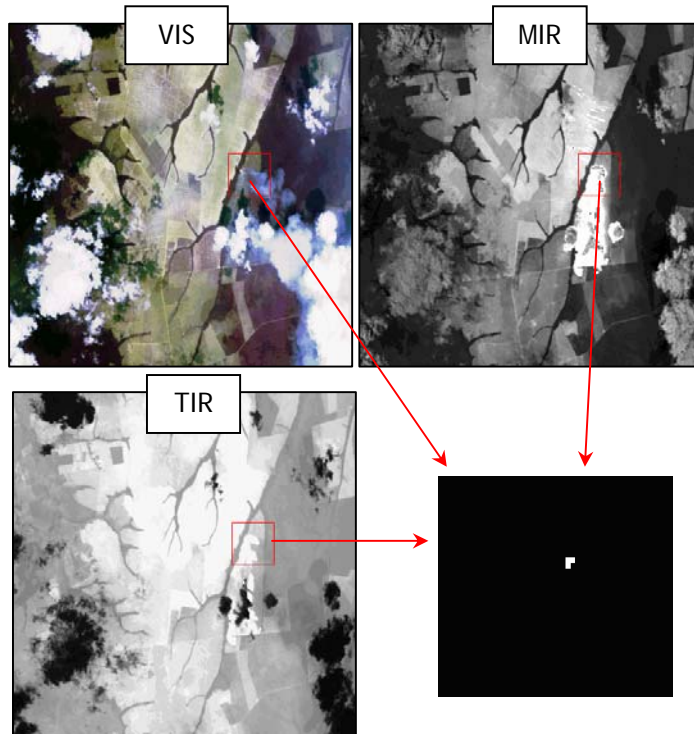
ejemplo, AVHRR utiliza normalmente 340K de referencia para su resolución de 1.09 km.

Esta mayor sensibilidad implica mayor probabilidad de saturación, o dicho de otra manera, se debe exigir al sensor un rango dinámico más amplio. Normalmente, la modificación de las cámaras infrarrojas existentes mediante filtros en un apertura es posible y sencilla.

El mayor problema de las imágenes cercanas es la necesidad de realizar un mosaico con todas ellas para lograr cubrir la cobertura requerida. Cuando la imagen es oblicua la resolución varía y el proceso requiere un estudio específico que se realizará durante el presente proyecto.

Un simulador incluye modelos del instrumento con todas sus cámaras, que contienen los elementos ópticos necesarios para la captación de la imagen, los planos focales, las estructuras y los acondicionadotes térmicos necesarios, la electrónica de proximidad y cierta inteligencia que permita un grado de autonomía en la operación.





El programa permite, para cada cámara y dado un fondo real o sintético, extraer imágenes simuladas de la escena; esto se hace en cada uno de los procesos de transformación que sufre la información desde estar contenida en un flujo de fotones hasta representarse en una matriz de números digitales e incluso tras ejecutar los algoritmos de detección..

### **Segmento de vuelo**

El dirigible utilizado en las pruebas, 22 m eslora y 300 m<sup>3</sup> de volumen, proporciona un excelente punto de partida para la implementación del demostrador. El peso muerto es de alrededor de 250 kg y una vez inflado posee una carga máxima de unos 40 kg

Se destacan los los siguientes subsistemas:

#### **Propulsión**

Dos motores alternativos de dos tiempo y 150 cc cada uno propulsan sendas hélices de madera, paso fijo y 40 cm de pala, proporcionando hasta 50 kg de empuje en banco. La carburación es de membrana y el encendido electrónico. Consumen mezcla convencional de gasolina y aceite.

#### **Energía**

El sistema de potencia consta de dos baterías de 12 V conectadas en serie, con reguladores de 5, 6 y 12 V para los distintos subsistemas. La carga se lleva a cabo con alternadores instalados en los bujes de las hélices.

#### **Comunicaciones**

Canal ascendente de 35 MHz, estándar Futaba 9 canales para actuación de servos (2 para encendido, 1 guiñada, 1 gases, 1 cabeceo motores, 1 timón profundidad, 1 timón dirección).

Enlace de datos con tierra a 1.1 Mbps sobre 2.4 GHz.

### **Aviónica**

Inteligencia a bordo implementada en una plataforma PC104 con disco duro, USB, Firewire y numerosas líneas serie para comunicaciones internas.

### **Aerodinámica y gas sustentador**

Fusiforme de relación eslora/manga cercana a 1:4, lo que optimiza la resistencia aerodinámica total ( $\frac{1}{4}$  debida a la estela y  $\frac{3}{4}$  debida a la fricción).

Opera con Helio y posee dos ballonets para control de la presión interior y de la capacidad de carga con la altura. El control es automático sin capacidad de intervención remota.

### ***Segmento terreno y de usuario***

El control del vuelo, el apuntamiento y configuración de las cámaras y el control del resto de actuadores se comandan desde una única estación de control en las proximidades del incendio. Los datos se recogen desde esta misma estación portátil diseñada para asegurar la robustez y facilidad de operación requerida durante las situaciones de crisis. Tras el estudio se decidirá si la estación de control se instalará en un vehículo propio o en uno de los que habitualmente usan los servicios contraincendios.

En esta estación se encuentran los procesadores principales, que calibran y corrigen la imagen, generan los productos finales y preparan toda esta información para ser enviada a las estaciones (fijas o móviles) de los usuarios finales.

Aunque los productos pueden ser visualizados en cualquier GIS, la disponibilidad de plataformas como REMFIRESAT permitirá la superposición de la nueva información con la actualmente disponible de satélites de teledetección, así como las herramientas de control de flotas y bases de datos de incendios y medios de extinción. En definitiva, se podrá validar el uso pre-operacional del nuevo sistema.

### **Conclusiones**

Los dirigibles proporcionan plataformas de observación de coste de implementación y operación sensiblemente menor que las basadas en vehículos aerodinámicos o espaciales.

El progreso del programa SANCHO se ha centrado en la consecución de vuelo autónomo y la definición de la carga útil. Además, se encuentra operativo un modelo de 22 m de eslora, y en proceso de adquisición otro de 35 m, que elevará 100 kg a más de 1500 m de altitud y se encuentra en fase de diseño el modelo operacional, capaz de elevar a 4000 m un total de 200 kg de carga útil y mantenerse estacionario durante más de 3 días sin interrupción del servicio. Las primeras pruebas sobre

**Sesión No. 4.—Servicios de Información Espacial al Servicio de la Gestión de Incendios Forestales— Cruz, Martín de Mercado, Martínez**

quemadas controladas se realizarán en 2007 y se espera tener el servicio listo en verano de 2009.



Prototipo de SANCHO durante pruebas de campo en León

## Referencias

- [1] RAST05, Proceedings of IEEE Recent Advances in Space Technologies, Estambul 2005
- [2] Global Monitoring for Environment and Security (GMES) Partnership, Baveno, 1998
- [3] Presentación de GMES por la ESA (Alberto Tobías), Madrid (CDTI), Enero 2005
- [4] USE-HAAS (High Altitude Aircrafts and Airships) First Workshop, VI Programa Marco, Bruselas 2005
- [5] ESA NOD, Near-operational Demonstration of Forest Fire Monitoring from Space: Executive Summary, 2004
- [6] FUEGOSYST, Space Based System for Fire Detection and Monitoring: Executive Summary, 2002
- [7] ESA HALE, High altitude Long Endurance platform, <http://www.estec.esa.nl/halewww/www/hale.htm>
- [8] Sasa, S., 2004. Stratospheric Platform Program in Japan and Ground-to-Stratosphere Flight Test, JAXA, Amsterdam, 26-27 January 2004.