

Determinación de la temperatura de la superficie terrestre a partir de datos MSG1/SEVIRI

M. Romaguera y J. A. Sobrino
mireia.romaguera@uv.es, sobrino@uv.es

*Dpt. Termodinàmica, Universitat de València. Dr. Moliner, 50, 56100 Burjassot
València, España*

RESUMEN

En este trabajo se ha desarrollado un algoritmo split-window para determinar la temperatura de la superficie terrestre (TST) a partir de datos del sensor MSG1/SEVIRI (Meteosat Second Generation 1/ Spinning Enhanced Visible and Infra Red Imager) usando dos bandas en la región del infrarrojo térmico (IR10.8 e IR12.0). El algoritmo propuesto tiene en cuenta la dependencia angular de observación. Los valores numéricos de los coeficientes split-window se han obtenido por regresión a partir de datos de simulación. Asimismo se ha realizado un test sobre el algoritmo propuesto en un amplio rango de condiciones atmosféricas y de superficie obtenidas mediante simulación. Se incluye un análisis de sensibilidad con objeto de evaluar el comportamiento del algoritmo. Los resultados muestran que el algoritmo permite la estimación de TST con un error total inferior a $\pm 1.5\text{K}$ para ángulos de observación zenital inferiores a 50° , considerando un error en la estimación de la emisividad y del contenido total de vapor de agua atmosférico de ± 0.005 y $\pm 0.5\text{g/cm}^2$ respectivamente. Debido a que el satélite MSG1 será completamente operacional durante el presente año 2004, el algoritmo que se propone permitirá a los usuarios obtener la temperatura de la superficie terrestre.

PALABRAS CLAVE: SEVIRI, MSG, split-window, temperatura.

ABSTRACT

In this paper, the authors have developed a split-window algorithm for land surface temperature (LST) retrieval from MSG1/SEVIRI (Meteosat Second Generation 1/ Spinning Enhanced Visible and Infra Red Imager) data in two thermal infrared bands (IR10.8 and IR12.0). The proposed algorithm takes into account the observation angular dependence. The numerical values of the split-window coefficients have been obtained from statistical regression method using synthetic data. Moreover, the new algorithm has been tested with simulated data in wide ranges of atmospheric and surface conditions. The sensitivity analysis is included in order to evaluate the performance of the algorithm. The results show that the algorithm is capable of producing LST with a total error lower than $\pm 1.5\text{K}$ for viewing observation angles lower than 50° , considering that the emissivity and the total atmospheric water vapour content are retrieved with an error of ± 0.005 and $\pm 0.5\text{g/cm}^2$ respectively. Since MSG1 is becoming fully operational during the current year 2004, the proposed algorithm will allow the users to obtain land surface temperature.

KEY WORDS: SEVIRI, MSG, split-window, temperature.

INTRODUCTION

El satélite Meteosat Second Generation 1 (MSG1), renombrado Meteosat-8, se puso en órbita en agosto del año 2002, y a principios del 2004 empezó a ser completamente operacional. MSG1 es un satélite meteorológico geostacionario desarrollado por la European Space Agency (ESA) en cooperación con la European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites (EUMETSAT), situado a 36.000 km de altitud y centrado en 0° de latitud sobre el Ecuador.

Este satélite lleva a bordo el sensor SEVIRI (Spinning Enhanced Visible and Infra Red Imager), radiómetro que posee 3 bandas en el visible e infrarrojo cercano centradas en 0.6, 0.8 y $1.6\ \mu\text{m}$, 8 canales en el infrarrojo centrados en 3.9, 6.2, 7.3, 8.7, 9.7, 10.8, 12.0 y $13.4\ \mu\text{m}$ y finalmente una banda ancha de observación visible en $0.5\text{-}0.9\ \mu\text{m}$ llamada High Resolution Visible (HRV). En adelante denotaremos las bandas de SEVIRI siguiendo las especificaciones técnicas de EUMETSAT: VIS0.6, VIS0.8, IR1.6, IR3.9, WV6.2, WV7.3, IR8.7, IR9.7, IR10.8, IR12.0, IR13.4 y HRV.

El MSG1 supone una mejora respecto a la primera generación de los satélites Meteosat en cuanto a la resolución espacial, la frecuencia de adquisición de imágenes y el número de bandas de observación. La resolución espacial en nadir es 1 km para el canal HRV y 3 km para las otras bandas en visible e infrarrojo del sensor SEVIRI, mientras que en los anteriores satélites Meteosat era de 5 km. La frecuencia de adquisición de las imágenes es 15 minutos, comparada con 30 minutos en los anteriores Meteosat. El único canal visible en la cámara Meteosat se ha mejorado con 4 bandas en el visible e infrarrojo cercano que estudiarán la luz solar reflejada por la superficie terrestre y las nubes. Los dos canales en el infrarrojo se han aumentado hasta 8, de los cuales 4 se sitúan en bandas de absorción de vapor de agua (W), CO₂ y O₃, y los otros 4 permiten determinar la temperatura de nubes y superficie del mar y terrestre (Schmid, 2000). La Figura 1 muestra la respuesta espectral de los canales térmicos del sensor SEVIRI que constituirán el estudio realizado.

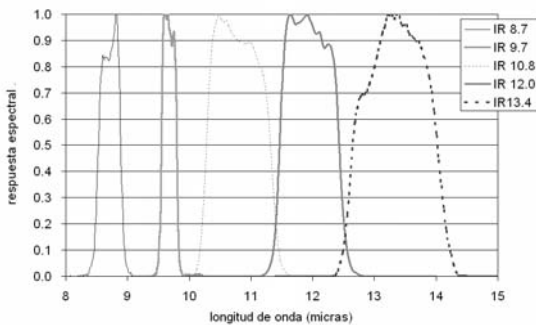


Figura 1. Respuesta espectral de los canales térmicos del sensor SEVIRI.

El objetivo del presente trabajo es proporcionar al lector un algoritmo simplificado para obtener la temperatura de la superficie terrestre (TST) a partir de datos del sensor SEVIRI. Con esta finalidad, la primera sección describe la teoría asociada a la obtención de TST y se desarrollan las simulaciones con MODTRAN 3.5. En la sección de resultados se dan los valores de los coeficientes para el algoritmo split-window propuesto. Finalmente, el trabajo incluye un análisis de sensibilidad y una evaluación del algoritmo considerando para ello una base de datos simulada diferente a la utilizada para obtener los coeficientes numéricos del algoritmo propuesto.

TEORÍA

Para una atmósfera despejada en equilibrio termodinámico local, la ecuación de transferencia radiativa aplicada a la región del infrarrojo térmico proporciona la radiancia medida por el sensor en el canal *i* bajo el ángulo de observación zenital *q*, de acuerdo a :

$$B(T_{i\theta}) = \epsilon_{i\theta} B_i(T_s) \tau_{i\theta} + R_{atm\theta}^\uparrow + R_i(\text{ref}) \tau_{i\theta} \quad (1)$$

donde el primer término representa la emisión de la superficie atenuada por la atmósfera, el segundo, la emisión atmosférica ascendente hacia el sensor, y el tercero la emisión atmosférica descendente reflejada en la superficie y que llega al sensor. Todos los términos en la ecuación (1) se refieren a integración espectral sobre la anchura de banda del canal *i*, donde *B_i* es la función de Planck, *B_i(T_s)* es la radiancia medida si la superficie fuese un cuerpo negro con temperatura *T_s*, *R_{atmθ}[↑]* es la radiancia atmosférica ascendente en el ángulo zenital *θ*, *ε_{iθ}* es la emisividad de la superficie en el ángulo zenital *θ*, *τ_{iθ}* es la transmisividad atmosférica total en el ángulo zenital *θ* y *R_i(ref)* es la radiancia atmosférica reflejada que viene dada por la expresión:

$$R_i(\text{ref}) = R_{ihem}^\downarrow (1 - \epsilon_{i\theta}) \quad (2)$$

donde *R_{ihem}[↓]* es la radiancia atmosférica descendente procedente de todo el hemisferio en el canal *i*, obtenida directamente a partir de las simulaciones con MODTRAN 3.5, junto con la transmisividad y la radiancia atmosférica ascendente.

La estructura del algoritmo que se propone en este trabajo es la dada por Sobrino y Raissouni (2000) y se adapta en este caso para datos de SEVIRI:

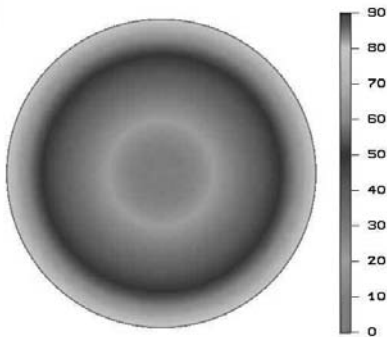
$$T_s = T_1 + a_1 (T_1 - T_2) + a_2 (T_1 - T_2)^2 + a_3 (1 - \epsilon) + a_4 W(1 - \epsilon) + a_5 \Delta \epsilon + a_6 W \Delta \epsilon + a_0 \quad (3)$$

donde *T_s* es la temperatura de la superficie (en K), *T₁* y *T₂* son las temperaturas radiométricas medidas en el sensor en dos de los canales térmicos de SEVIRI IR8.7, IR9.7, IR10.8, IR12.0 e IR13.4 (en K), *ε* es la emisividad media efectiva $\epsilon = (\epsilon_1 + \epsilon_2)/2$, *Δε* es la diferencia de emisividades $\Delta \epsilon = \epsilon_1 - \epsilon_2$, *W* es el vapor de agua atmosférico total (g/cm²) y *a_i* son los coeficientes numéricos del algoritmo bi-canal.

Debido al reciente lanzamiento del satélite MSG1, no se dispone de una amplia base de datos de medidas in situ de TST coincidentes con imáge-

nes de MSG1/SEVIRI y por tanto la única posibilidad para obtener los coeficientes del algoritmo propuesto es el uso de datos simulados. Con esta finalidad, se ha empleado el código de transferencia radiativa MODTRAN 3.5 (Abreu y Anderson, 1996) para predecir las radiancias en el sensor con las funciones filtro de los canales del infrarrojo térmico del SEVIRI (ver Figura 1).

Con objeto de analizar los efectos atmosféricos, se han considerado dos bases de datos de radiosondeos. La primera comprende 61 radiosondeos seleccionados de la base de datos TOVS Initial Guess Retrieval (TIGR) (Scott y Chédin, 1981) y la segunda los perfiles atmosféricos estándar incluidos en MODTRAN 3.5 para latitudes medias en verano, latitudes medias en invierno, tropical, subártico en verano y subártico en invierno. A partir de la Figura 2 que muestra el ángulo zenital de observación del MSG1/SEVIRI, las simulaciones se han realizado para 7 ángulos de observación, 0°, 10°, 20°, 30°, 40°, 50° y 60°.



*Figura 2. Ángulo zenital de observación del sensor SEVIRI.

Las temperaturas radiométricas simuladas para los 5 canales térmicos del SEVIRI se han obtenido invirtiendo la ley de Planck según la expresión:

$$T_m = \frac{c_2 \nu_{eff}}{\ln \left(\frac{c_1 \nu_{eff}^3}{L_m} + 1 \right)} \quad (4)$$

donde $c_1 = 1.1491047 \cdot 10^{-8}$ W/ (m² sr cm⁻⁴), $c_2 = 1.4387752$ K cm, L_m son las radiancias expresadas en W/(m² sr cm⁻¹) y ν_{eff} es el número de onda efectivo para el canal i considerado como un valor único de número de onda que aproxima la respuesta de todo el canal, en cm⁻¹. El subíndice m hace referencia a las temperaturas radiométricas medidas por el sensor ($m=i$ $m=j$). Las radiancias L_m se han calculado a partir de la ecuación (1) donde la radiancia $B(T_s)$ se ha obtenido a partir de la ley de Planck ($m=s$), considerando que la temperatura del primer estrato del radiosondeo (T_a) es igual a T_s .

Para cada ángulo de observación se han considerado 5 temperaturas de superficie diferentes: $T_s = T_a, T_a - 5K, T_a + 5K, T_a + 10K, T_a + 20K$, y se ha hecho una minuciosa selección de 75 espectros de emisividad de la base de datos de Salisbury y D'Arria (1992), 16 espectros de rocas, 48 espectros de suelos, 4 espectros de vegetación y 7 espectros de agua, hielo y nieve, medidos en laboratorio a partir de muestras. Los valores de emisividad para cada canal se han obtenido integrando la función respuesta de cada filtro con el espectro de emisividad. Se ha obtenido un amplio rango de valores de emisividad, como se puede observar en la Figura 3. Por otra parte, teniendo en cuenta la dramática ausencia de medidas angulares de emisividad sobre superficies naturales, hemos considerado para todos los ángulos de observación los valores de emisividad en nadir. Esta aproximación puede considerarse válida para ángulos inferiores a 40° (Labeled y Stoll, 1991; Sobrino y Cuenca, 1999). En cualquier caso, dado el amplio rango de emisividades consideradas, se observa que cubre sobradamente la variación angular de este parámetro para ángulos de observación menores a 50°, donde la emisividad del agua toma un valor de alrededor de 0.97 (Cuenca y Sobrino, 2004). El resto de parámetros que aparecen en la ecuación (1), transmisividades y radiancias, se han extraído de las simulaciones con MODTRAN 3.5. De esta manera, para la base de datos de TIGR seleccionada, se han generado 22875 situaciones para cada ángulo de observación (61 atmósferas por 5 temperaturas de superficie por 75 emisividades). Asimismo, se han obtenido otras 1875 situaciones (5 atmósferas por 5 temperaturas de superficie por 75 emisividades) para cada ángulo de observación considerando las 5 atmósferas estándar incluidas en el programa MODTRAN 3.5. Estas últimas permitirán realizar una evaluación del algoritmo propuesto.

Todas las figuras precedidas de asterisco se incluyen en el cuadernillo anexo de color

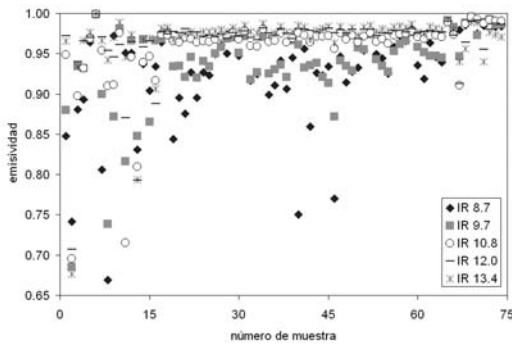


Figura 3. Emisividades de superficie en los canales de SEVIRI IR8.7, IR9.7, IR10.8, IR12.0 e IR13.4.

RESULTADOS

Una vez realizada la simulación y calculadas las temperaturas radiométricas, se va a proceder en esta sección al cálculo de los valores numéricos de los coeficientes que intervienen en la ecuación (3). Para determinar estos valores se ha usado el método de regresión *Levenberg-Marquardt*, que es una modificación del algoritmo de Gauss-Newton para minimizaciones no lineales. La Tabla 1 muestra las desviaciones estándar de las minimizaciones para todas las combinaciones posibles de los canales térmicos del SEVIRI, y teniendo en cuenta los ángulos de observación considerados. Los resultados de la tabla indican que la mejor combinación de canales es IR10.8-IR12.0, con una desviación estándar de $\pm 1K$ en nadir e inferior a $\pm 2.5K$ para 60° de observación zenital. El resto de combinaciones aportan errores mayores. Las combinaciones de canales inversas a las mostradas en la Tabla 1 proporcionan los mismos resultados en términos de desviaciones estándar.

Canal i	Canal j	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°
IR 8.7	IR 9.7	± 3.4	± 3.5	± 3.6	± 3.9	± 4.2	± 4.8	± 4.8
IR 8.7	IR 10.8	± 3.3	± 3.3	± 3.4	± 3.5	± 3.7	± 4.0	± 4.3
IR 8.7	IR 12.0	± 2.0	± 2.1	± 2.1	± 2.1	± 2.2	± 2.4	± 2.7
IR 8.7	IR 13.4	± 1.4	± 1.4	± 1.5	± 1.6	± 1.8	± 2.1	± 2.7
IR 9.7	IR 10.8	± 3.8	± 3.8	± 3.9	± 4.1	± 4.4	± 4.9	± 5.6
IR 9.7	IR 12.0	± 4.8	± 4.9	± 5.0	± 5.2	± 5.5	± 6.0	± 6.7
IR 9.7	IR 13.4	± 6.2	± 6.2	± 6.4	± 6.6	± 7.0	± 7.6	± 8.5
IR 10.8	IR 12.0	± 1.0	± 1.0	± 1.1	± 1.2	± 1.3	± 1.7	± 2.4
IR 10.8	IR 13.4	± 2.6	± 2.7	± 2.8	± 3.0	± 3.4	± 4.1	± 5.0
IR 12.0	IR 13.4	± 4.1	± 4.2	± 4.4	± 4.6	± 5.1	± 5.7	± 6.6

Tabla 1. Desviación estándar en K de la temperatura de superficie calculada mediante la ecuación (3) a partir de las diferentes combinaciones entre 2 canales del sensor SEVIRI bajo 7 ángulos de observación diferentes.

Para entender por qué es esta combinación la que conduce a mejores resultados, se ha analizado el comportamiento de la transmisividad atmosférica y de la emisividad de la superficie, observadas por los cinco canales térmicos del sensor SEVIRI. Las bandas IR9.7 e IR13.4 son bandas de absorción de ozono y dióxido de carbono respectivamente y su utilización por tanto no es adecuada para la obtención de un algoritmo bi-canal para la determinación de la temperatura de la superficie. En referencia al resto de bandas, el canal IR8.7 está situado en una región del espectro donde la emisividad es muy variable y por tanto no es aconsejable para un algoritmo bicanal. Además, en esta banda la emisividad presenta los valores más pequeños y con mayor indeterminación (ver Figura 4). Por lo tanto, las bandas del SEVIRI IR8.7, IR9.7 e IR13.4 se han descartado como posibles candidatas para el algoritmo bicanal mientras que las bandas de SEVIRI IR10.8 e IR12.0 constituyen la mejor opción. De esta manera la Tabla 2 muestra los coeficientes apropiados para el algoritmo split-window obtenido mediante los canales IR10.8 e IR12.0 del sensor SEVIRI, para cada ángulo de observación considerado.

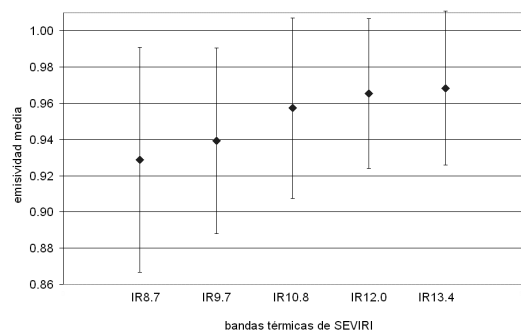


Figura 4. Emisividad media y desviación estándar obtenida a partir de las 75 muestras consideradas de la base de datos de Salisbury y D'Aria (1992) para los 5 canales térmicos del sensor SEVIRI.

ángulo de observación (°)	a_1	a_2 (K ²)	a_3 (K)	a_4 (cm ² ·K·g ⁻¹)	a_5 (K)	a_6 (cm ² ·K·g ⁻¹)	a_7 (K)
0	2.54	0.11	61	-7	-156	30	-0.57
10	2.55	0.11	61	-7	-155	29	-0.58
20	2.57	0.12	61	-6.5	-155	28	-0.58
30	2.61	0.13	60	-6	-153	26	-0.59
40	2.67	0.16	60	-5	-149	22	-0.59
50	2.75	0.20	57	-4	-143	18	-0.56
60	2.86	0.26	51	-2	-133	13.5	-0.42

Tabla 2. Coeficientes para los algoritmos TST obtenidos con la ecuación (3) usando los canales IR10.8 e IR12.0 del sensor SEVIRI bajo diferentes ángulos de observación.

Algoritmo propuesto

A pesar de que la Tabla 2 proporciona los coeficientes del algoritmo split-window para la estimación de TST bajo ángulos de observación concretos, un único algoritmo que explícitamente tenga en cuenta el ángulo zenital de observación de SEVIRI resultará mucho más operativo. Con esta finalidad se ha obtenido la ecuación (5):

$$T_s = T_{IR10.8} + [3.17 - 0.64 \cos \theta] (T_{IR10.8} - T_{IR12.0}) + \left[-0.05 + \frac{0.157}{\cos \theta} \right] (T_{IR10.8} - T_{IR12.0})^2 + \left[65 - \frac{4}{\cos^2 \theta} \right] \cdot (1 - \epsilon) + \left[-11.8 + \frac{5.1}{\cos \theta} \right] \cdot W \cdot (1 - \epsilon) + \left[-180 + \frac{24}{\cos \theta} \right] \cdot \Delta \epsilon + [-4 + 34 \cos \theta] \cdot W \cdot \Delta \epsilon - 0.6$$

En esta ecuación se han ajustado los coeficientes de la Tabla 2 en función del ángulo zenital de observación θ . La Tabla 3 muestra los ajustes con los correspondientes coeficientes de correlación y desviación estándar. En todos los casos las desviaciones asociadas a cada coeficiente son pequeñas. Debe puntualizarse que los coeficientes a_3 y a_5 multiplican a términos del orden de 10^{-2} , como son $(1-\epsilon)$ y $\Delta \epsilon$, por tanto sus desviaciones no son significativas en términos de la ecuación (5).

a_i	ajuste	r	σ
a_1	$3.17 - 0.64 \cos \theta$	0.993	± 0.011
a_2 (K ⁻¹)	$-0.05 + \frac{0.157}{\cos \theta}$	0.999	± 0.0012
a_3 (K)	$65 - \frac{4}{\cos^2 \theta}$	0.993	± 0.4
a_4 (cm ² K g ⁻¹)	$-11.8 + \frac{5.1}{\cos \theta}$	0.994	± 0.16
a_5 (K)	$-180 + \frac{24}{\cos \theta}$	0.998	± 0.4
a_6 (cm ² K g ⁻¹)	$-4 + 34 \cos \theta$	0.999	± 0.10

Tabla 3. Ajuste de los coeficientes del algoritmo propuesto en función del ángulo de observación, coeficiente de correlación y desviación estándar del ajuste.

El error asociado a la minimización del algoritmo dado por la ecuación (5) depende del ángulo de observación, y coincide prácticamente con las desviaciones estándar proporcionadas por el algoritmo IR10.8-IR12.0 de la Tabla 1. Los errores varían

desde $\pm 1K$ en nadir hasta $\pm 2.4K$ bajo un ángulo de 60° , siendo su valor medio de $\pm 1.5K$.

A la vista de estos resultados, proponemos la ecuación (5) como el algoritmo para estimar TST a partir de datos SEVIRI.

Análisis de sensibilidad

Para obtener la precisión en la obtención de la temperatura de la superficie, se ha aplicado la teoría de errores sobre la ecuación (5). Se han considerado 2 valores típicos de ± 0.01 y ± 0.005 para los errores de estimación de la emisividad de la superficie terrestre, $\pm 0.5g/cm^2$ para el error de estimación del contenido total de vapor de agua atmosférico, y de acuerdo con Aminou et al. (2003), valores de $\pm 0.074K$ y $\pm 0.11K$ para el ruido de la señal ($NE\Delta T$) de los canales IR10.8 e IR12.0 respectivamente.

Se ha realizado el análisis correspondiente sobre 4 situaciones extremas observadas bajo los 7 ángulos simulados considerando dos tipos de superficie: rocas metamórficas (gneiss3c según la notación de Salisbury y D’Aria, 1992) con valores de emisividad bajos, y vegetación (coníferas) con valores de emisividad alrededor de 0.99, y dos valores de W, de 1 y $3g/cm^2$ correspondientes a una atmósfera seca y húmeda respectivamente. El error total se ha calculado según la expresión: $\sigma_{total}^2 = \sigma_{minimización}^2 + \sigma_{teoría}^2$; donde $\sigma_{teoría}^2 = \sigma_{ruido}^2 + \sigma_{\epsilon}^2 + \sigma_W^2$. A partir del análisis de errores realizado y teniendo en cuenta las contribuciones de cada parámetro al error total, se comprueba que el valor absoluto de la emisividad no influye en los resultados. La Figura 5 muestra la dependencia con el resto de parámetros. En términos generales, se observa el aumento del error total con el ángulo de observación, y la disminución de este error con el aumento de W. La precisión en la determinación de la emisividad juega un papel importante en los resultados. Si se considera un valor de ± 0.01 , se obtienen errores en la determinación de la temperatura de ± 1.4 a $\pm 2.3K$, y su valor depende fuertemente de W, mientras que si se toma un valor de ± 0.005 los errores son de ± 1.2 a $\pm 1.8K$. La Figura 5 también incluye el caso en el que el $NE\Delta T$ para los canales IR10.8 y IR12.0 tiene los valores de ± 0.25 y $\pm 0.37K$ respectivamente. En este caso, el error total asociado a la determinación de TST aumenta considerablemente y comprende valores entre ± 1.8 y $\pm 2.7K$. Para ángulos superiores a 60° el error aumenta por encima de $\pm 2.5K$ en el primer caso y de $\pm 3K$ en el segundo. Estas dos situaciones analizadas corresponden a las condicio-

nes extremas de inicio y fin del funcionamiento del sensor, llamadas "Beginning of Life" y "End of Life" según Aminou et al. (2003). De esta manera se observa el rango de errores que comprende el algoritmo propuesto en este trabajo (ecuación 5) durante los 7 años de vida de MSG1.

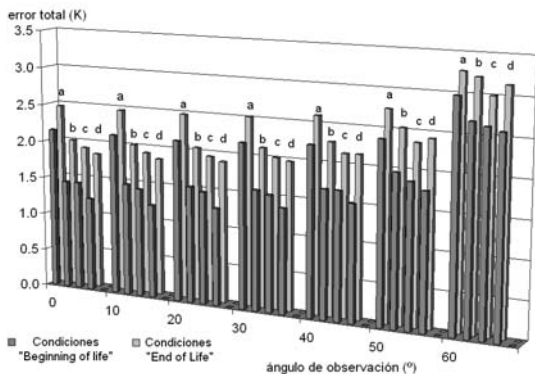


Figura 5. Error total asociado a la estimación de la temperatura de la superficie a partir del algoritmo propuesto (ecuación 5) para 4 situaciones extremas observadas bajo 7 ángulos diferentes: a ($W \approx 1g/cm^2$, $\delta\epsilon = \pm 0.01$), b ($W \approx 3g/cm^2$, $\delta\epsilon = \pm 0.01$), c ($W \approx 1g/cm^2$, $\delta\epsilon = \pm 0.005$), d ($W \approx 3g/cm^2$, $\delta\epsilon = \pm 0.005$). La figura incluye los resultados para las condiciones "Beginning of Life" de SEVIRI donde el $NE\Delta T(IR10.8) = \pm 0.074K$ y $NE\Delta T(IR12.0) = \pm 0.11K$, y para las condiciones "End of Life", donde $NE\Delta T(IR10.8) = \pm 0.25K$ y $NE\Delta T(IR12.0) = \pm 0.37K$.

Conviene destacar que el algoritmo se ha desarrollado haciendo uso de un gran número de espectros de emisividad (75) con la finalidad de abarcar de forma general la composición de la superficie terrestre, lo que comporta un margen mayor de error.

De esta manera, si se considerara una región en la Península Ibérica (ángulo típico de observación de SEVIRI, $\theta = 45^\circ$), con un error de estimación de la emisividad y del W de ± 0.005 y $0.5g/cm^2$ respectivamente, se obtendría un error total en la determinación de TST inferior a 1.6K, que con el tiempo podría aumentar hasta $\pm 2.2K$ a causa del deterioro del sensor.

Evaluación

Debido al reciente lanzamiento del satélite MSG1, la validación del algoritmo propuesto no ha podido realizarse con datos in situ. Por ello se ha utilizado una base de datos simulada, diferente a la considerada para obtener los coeficientes numéricos de la ecuación (5). Así, el test del algo-

ritmo se ha realizado utilizando las atmósferas estándar incluidas en MODTRAN 3.5. y ha proporcionado un bias y una desviación estándar de -0.3K y 1.6K respectivamente, que corresponde a un rmsd de $\pm 1.6K$, valor muy similar al error teórico del algoritmo, y por tanto da confianza sobre el buen comportamiento del algoritmo propuesto en este trabajo.

Sin embargo, en la actualidad estamos realizando medidas in situ con el fin de obtener conclusiones estadísticas acerca de la validez del algoritmo.

CONCLUSIONES

En este trabajo se propone un algoritmo original y operativo para obtener la temperatura de la superficie terrestre a partir de datos del sensor MSG1/SEVIRI. El algoritmo de tipo split-window utiliza los canales IR10.8 e IR12.0 centrados en los 10.8 y 12.0 μm .

Los resultados muestran cómo la temperatura de la superficie se puede obtener a partir de datos SEVIRI en la Península Ibérica con una precisión inferior a $\pm 1.6K$, siempre que el error asociado a la emisividad y al W sea de ± 0.005 y $\pm 0.5g/cm^2$ respectivamente. Este error puede aumentar hasta un valor de $\pm 2.2K$ debido al deterioro del sensor. Se ha realizado una evaluación del algoritmo usando una base de datos simulada diferente de la utilizada para desarrollarlo y se ha obtenido un error de $\pm 1.6K$, valor muy similar al error teórico del algoritmo propuesto y que da, por tanto, confianza sobre su buen comportamiento.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Unión Europea (EAGLE, project SST3-CT-2003-502057) y al Ministerio de Ciencia y Tecnología (project REN2001-3105/CLI) por el apoyo económico. Este trabajo se ha realizado mientras Mireia Romaguera disfrutaba de una beca concedida por la Agència Valenciana de Ciència i Tecnologia.

BIBLIOGRAFÍA

- ABREU, L.W. y ANDERSON, G.P. (eds). 1996. The MODTRAN 2/3 Report and LOWTRAN 7 MODEL, Modtran Report, Contract F19628-91-C-0132.

- AMINOU, D.M.A., OTTENBACHER, A., JACQUET, B. y KASSIGHIAN A. 1999. Meteosat Second Generation: On ground Calibration, Characterisation and Sensitivity Analysis of the SEVIRI Imaging Radiometer. *Proceedings of SPIE "Earth Observing systems IV"*, Denver (Colorado, USA). 3750: 419-430.
- AMINOU, D.M.A., LUHMANN, H.J., HANSON, C., PILI, P., JACQUET, B., BIANCHI, S., COSTE, P., PASTERNAK, F. y FAURE, F. 2003. Meteosat Second Generation. A comparison of on-ground and on-flight Imaging and Radiometric performances of SEVIRI on MSG-1. *Proceedings of "The 2003 EUMETSAT Meteorological Satellite Conference"*. Weimar (Alemania).
- CUENCA, J. y SOBRINO, J.A.. 2004. Experimental measurements for studying angular and spectral radiation of thermal infrared emissivity. *Applied Optics*. 43(23): 4598-4602.
- LABED, J y STOLL, M.P. 1991. Angular variation of land surface spectral emissivity in the thermal infrared: Laboratory Investigations on Bare Soils. *International Journal of Remote Sensing*. 12 (11): 2299-2310.
- SALISBURY, J.W. y D'ARIA, M. 1992. Emissivity of terrestrial materials in the 8-14 mm atmospheric window. *Remote Sensing of Environment*. 42: 83-106.
- SCHMID, J. 2000. The SEVIRI Instrument. *Proceedings of the 2000 EUMETSAT Meteorological Satellite. Data User's Conference*, Bologna, Italia.
- SCOTT, N.A. y CHEDIN, A. 1981. A fast line by line method for atmospheric absorption computations: The Automated Atmospheric Absorption Atlas. *Journal of Meteorology*. 20: 802-812.
- SOBRINO, J.A. y CUENCA, J. 1999. Angular variation of thermal Infrared emissivity for some natural surfaces from experimental measurements. *Applied Optics*. 38: 3931-3936.
- SOBRINO, J.A y RAISSOUNI, N. 2000. Toward remote sensing methods for land cover dynamic monitoring. Application to Morocco. *International Journal of Remote Sensing*. 20(2): 353-366.

NOTICIAS

Revistas electrónicas de libre acceso

El portal tecnociencia (<http://www.tecnociencia.es/>), dirigido por la FECYT (<http://www.fecyt.es>) con el apoyo técnico y operacional del Centro de Información y Documentación Científica (CINDOC) (<http://www.cindoc.csic.es>), ha puesto en marcha hoy el portal de revistas electrónicas de libre acceso y a texto completo: <http://www.tecnociencia.es/e-revistas/>.

Esta plataforma digital cuenta con la participación hasta el momento de 45 revistas españolas de todas las áreas científicas (5 de Agricultura, Biol. y Medio Ambiente; 5 de Biomedicina; 1 de Ciencias de la tierra; 18 de ciencias de la tierra; 5 de humanidades; 2 Ingeniería; 6 Medicina Clínica; 2 Multidisciplinar y 1 de Química).

Sus objetivos son:

- Establecer un sistema de calidad normalizado y validado de las revistas electrónicas.
- Crear una plataforma que aglutine a todas las revistas electrónicas que quieran formar parte de la misma y cumplan los requisitos de calidad establecidos.
- Crear una interfase OAI-PMH (Open Archives Initiative - Protocol for Metadata Harvesting) que permita que los contenidos del portal de revistas estén disponibles en múltiples de bases de datos y catálogos internacionales.
- Aportar servicios de valor añadido sobre los documentos indicados.
- Difundir el movimiento de acceso abierto entre la comunidad científica nacional.
- Asesorar técnicamente para la creación de nuevas revistas electrónicas de acceso abierto.
- Proporcionar servicio opcional de hospedaje de revistas electrónicas de libre acceso.
- Difundir ampliamente del proyecto entre instituciones académicas para su conocimiento y uso de los recursos generados.

Cortesía de D. Rafael García Rodríguez.