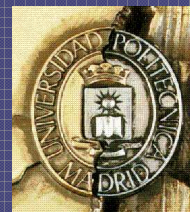




Métodos clásicos de FUSIÓN de IMÁGENES de satélite

María González-Audicana Amenábar (UPNA)



Madrid, 23 Abril 2007

Estructura general de la presentación:

1.- Métodos basados en OPERACIONES ALGEBRAICAS

2.- Métodos basados en TRANSFORMADAS: Métodos de sustitución de componentes

3.- Métodos basados en TRANSFORMADAS: Métodos basados en transformadas wavelet discretas (TWD)

MÉTODOS CLÁSICOS de fusión de imágenes MULTI y PAN

1.- Métodos basados en operaciones algebraicas → Las imágenes fusionadas se obtienen como resultado de operaciones algebraicas entre bandas de la imagen MULTI y la PAN

2.- Métodos basados en transformadas → Las imágenes fusionadas se obtienen incorporando a las imágenes MULTI información de las PAN en un dominio transformado

2.a. - Métodos de sustitución de componentes

Basados en transformadas Intensidad-Tono-Saturación

Basados en el Análisis de Componentes Principales

Se integra en la imagen MULTI toda la información de la imagen PAN

2.b. - Métodos basados en transform. wavelet asociadas al Análisis Multirresolución

Empleando algoritmos de TWD decimados

Empleando algoritmos de TWD no decimados (redundantes)

Se integra en la imagen MULTI únicamente información de detalle espacial de la PAN

Métodos clásicos de fusión de imágenes

Jornadas de Fusión

Operaciones algebraicas

Sustitución componentes

Transformadas wavelet discretas

Las imágenes fusionadas se obtienen como resultado de **operaciones algebraicas** entre bandas de la imagen MULTI y PAN

Método de Brovey

Aplicable a las bandas de la imagen MULTI que intervienen en una **composición RGB**. Normaliza cada una de las bandas de la composición RGB y multiplica el resultado por la imagen PAN → Añade el brillo o intensidad de la PAN a la composición de la MULTI [1]

$$ND_{(R,G,B)_{fus}} = \frac{3 \cdot ND_{(R,G,B)}}{(ND_R + ND_G + ND_B)} \cdot ND_{PAN} \xrightarrow[\text{bandas}]{\text{Extensible a imágenes de } n} ND_{i,fus} = \frac{n \cdot ND_i}{(ND_1 + ND_2 + \dots + ND_n)} \cdot ND_{PAN}$$

$ND_{(R,G,B)}$: ND de cada píxel en las bandas asignadas al Rojo, Verde, Azul
 ND_{PAN} : ND de cada píxel en la imagen PAN

Ventajas: Fácilmente aplicable. Bajo coste computacional. Imágenes de alta calidad espacial.

Desventaja: Imágenes de baja calidad espectral.

└─ En ocasiones, match de histogramas de cada banda fusionada respecto de las bandas de la MULTI original

[1] W.A. Hallada and S. Cox, "Image sharpening for mixed spatial and spectral resolution satellite systems", *Proceedings of the 17th International Symposium on Remote Sensing of Environment*, pp. 1023-1032, may 1983

Métodos clásicos de fusión de imágenes

Jornadas de Fusión

Operaciones algebraicas

Sustitución componentes

Transformadas wavelet discretas

Método de Brovey

Ejemplo: Composición falso color imagen SPOT 5



SPOT 5 MULTI, 10m 1km por 1km

$$ND_{(R,G,B)_{fus}} = \frac{3 \cdot ND_{(R,G,B)}}{(ND_R + ND_G + ND_B)} \cdot ND_{PAN}$$



FUSIONADA, 2.5m 1km por 1km



SPOT 5 PAN, 2.5m 1km por 1km

Otros métodos basados en operaciones algebraicas entre bandas, propuestos por [2]-[9]

[2] C. Cliche, F. Bonn and P. Teillet, "Integration of the SPOT panchromatic channel into its multispectral mode for image sharpness enhancement", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 51(3), pp. 311-316, 1985.

[3] D. Pradines, "Improving SPOT image size and multispectral resolution", *Earth remote sensing using the Landsat and SPOT Systems, Proceedings SPIE Conference*, vol. 660, pp. 78-102, 1986.

[4] J. Price, "Combining panchromatic and multispectral imagery from dual resolution satellite instruments", *Remote Sensing of Environment*, vol. 21, pp. 119-128, 1987.

[5] M. Ehlers, "Multisensor image fusion techniques in remote sensing", *ISPRS Journal of Photogrammetric and Remote Sensing*, vol. 46, pp. 19-30, 1991.

[6] H. Yésou, Y. Besnus and J. Rolet, "Extraction of spectral information from Landsat TM data and merger with SPOT panchromatic imagery", *ISPRS Journal of Photogrammetric and Remote Sensing*, vol. 48, pp. 23-36, 1993.

[7] C.K. Munechika, J.S. Warnick, C. Salvaggio and R. Schott, "Resolution enhancement of multispectral image data to improve classification accuracy", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 59(1), pp. 67-72, 1993.

[8] A.H. Pellemans, R.W.L. Jordans and R. Allewijn, "Merging multispectral and panchromatic SPOT images with respect to the radiometric properties of the sensor", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 59(1), pp. 81-87, 1993.

[9] Y. Zhang, "A new merging method and its spectral and spatial effects", *International Journal of Remote Sensing*, vol. 20(10), pp. 2003-2014, 1999.

Métodos clásicos de fusión de imágenes

Jornadas de Fusión

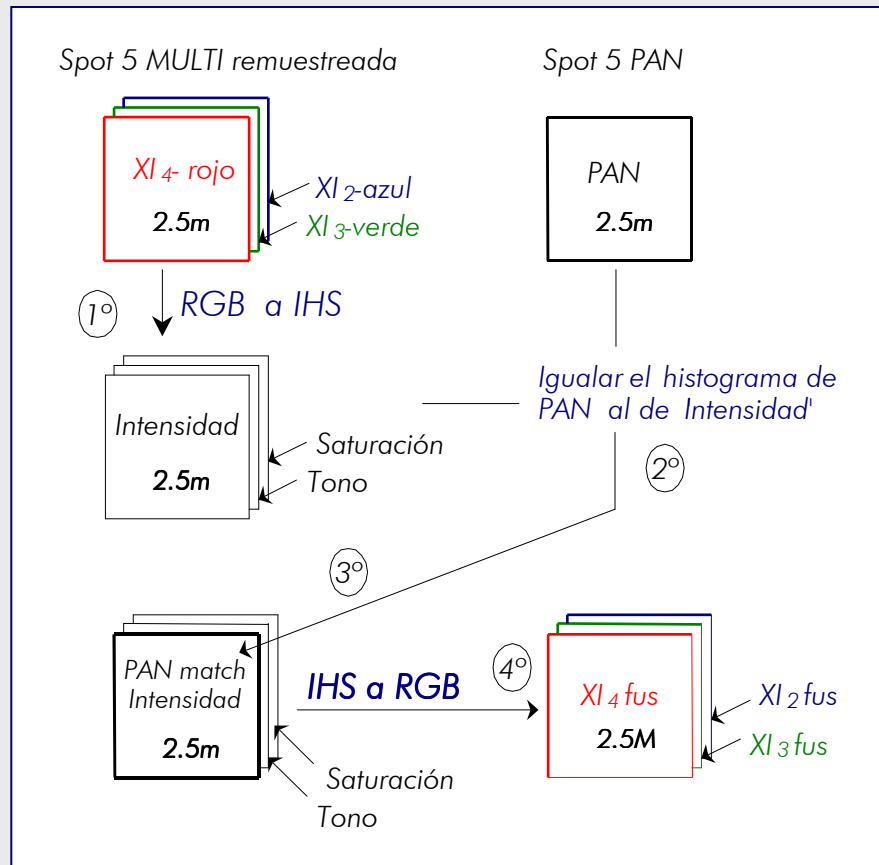
Operaciones algebraicas

Sustitución componentes

Transformadas wavelet discretas

Métodos Sustitutivos basados en transformaciones IHS

Método clásico: aplicable a una composición RGB de la imagen MULTI a fusionar
La transformación RGB-IHS logra “desacoplar” la **información espectral** en las **componentes H y S**, y gran parte de la **información espacial** en la **componente I**



En función de la definición de intensidad,

- Transformación IHS, modelo del “hexácono”

$$I = \max(R, G, B)$$

- Transformación LHS, modelo del “triángulo”

$$I = \frac{R + G + B}{3}$$

- Según el modelo propuesto por la ACM:

$$I = \frac{\max(R, G, B) + \min(R, G, B)}{2}$$

Ventaja: Imágenes de alta calidad espacial. Fácil de implementar

Desventaja: Imágenes de baja calidad espectral. Aplicable únicamente a tres bandas

Métodos clásicos de fusión de imágenes

Jornadas de Fusión

Operaciones algebraicas

Sustitución componentes

Transformadas wavelet discretas

Métodos Sustitutivos basados en transformaciones IHS

Ejemplo: Composición falso color imagen SPOT 5



SPOT 5 MULTI, 10m 1km por 1km

FUSIÓN: IHS



FUSIONADA, 2.5m 1km por 1km



SPOT 5 PAN, 2.5m 1km por 1km

Métodos clásicos de fusión de imágenes

Jornadas de Fusión

Operaciones algebraicas

Sustitución componentes

Transformadas wavelet discretas

Métodos Sustitutivos basados en transformaciones IHS

MÉTODO RÁPIDO de FUSIÓN basado en la transformación IHS lineal [10]:

$$\text{RGB} \rightarrow \text{IHS} \rightarrow \begin{bmatrix} I \\ v1 \\ v2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1/3 & 1/3 & 1/3 \\ -\sqrt{2}/6 & -\sqrt{2}/6 & 2\sqrt{2}/6 \\ 1/\sqrt{2} & -1/\sqrt{2} & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

Las componentes H y S se calculan como:

$$H = \tan^{-1}\left(\frac{v2}{v1}\right) \quad S = \sqrt{v1^2 + v2^2}$$

$\text{IHS} \rightarrow \text{RGB} \rightarrow$ Imagen fusionada tras sustituir I por PAN

$$\begin{bmatrix} R_{\text{fus}} \\ G_{\text{fus}} \\ B_{\text{fus}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} \\ 1 & -1/\sqrt{2} & -1/\sqrt{2} \\ 1 & \sqrt{2} & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \text{PAN} \\ v1 \\ v2 \end{bmatrix}$$

La implementación de la transformación RGB-IHS y su inversa, requiere varias operaciones multiplicativas aditivas $\rightarrow$ COSTE COMPUTACIONAL

Tu et al. [10], proponen un **método de fusión rápido** basado en esta transformación IHS lineal (FIHS)

$$\begin{bmatrix} R_{\text{fus}} \\ G_{\text{fus}} \\ B_{\text{fus}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} \\ 1 & -1/\sqrt{2} & -1/\sqrt{2} \\ 1 & \sqrt{2} & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I + (\text{PAN} - I) \\ v1 \\ v2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} \\ 1 & -1/\sqrt{2} & -1/\sqrt{2} \\ 1 & \sqrt{2} & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I + \delta \\ v1 \\ v2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R + \delta \\ G + \delta \\ B + \delta \end{bmatrix}$$

$$\delta = \text{PAN} - I$$

Tu et al., demuestran que **cuanto mayor sea el valor de δ , mayor es la distorsión espectral ($\downarrow$ calidad)**

[10] T.M Tu, S.C Su, H.C. Shyu and P.S. Huang, "A new look at IHS-like image fusion methods", *Information Fusion*, vol. 2, pp. 177-186, 2001

Métodos clásicos de fusión de imágenes

Jornadas de Fusión

Operaciones algebraicas

Sustitución componentes

Transformadas wavelet discretas

Métodos Sustitutivos basados en transformaciones IHS

Método rápido de fusión basado en la transformación IHS lineal:

$$\begin{bmatrix} R_{fus} \\ G_{fus} \\ B_{fus} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R + \delta \\ G + \delta \\ B + \delta \end{bmatrix}$$

$$\delta = PAN - I$$

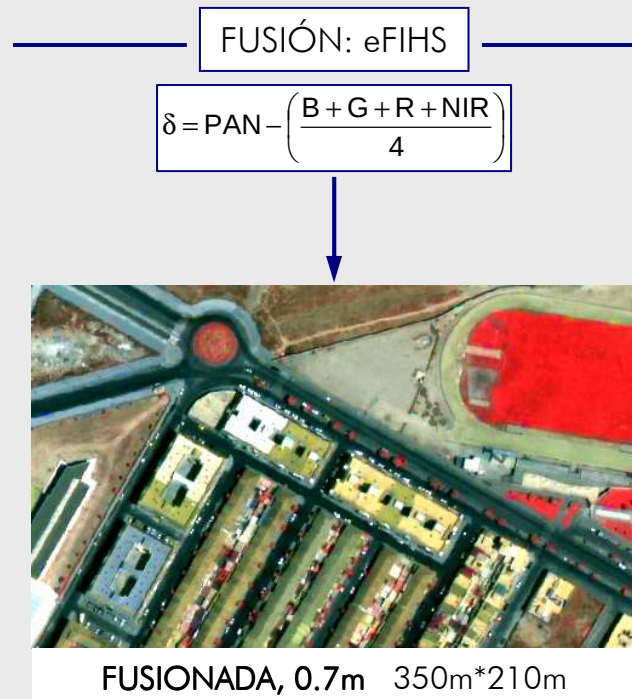
Fácilmente extensible a 4 bandas (eFIHS)

Especialmente interesante para la fusión de Ikonos y QuickBird

$$\begin{bmatrix} NIR_{fus} \\ R_{fus} \\ G_{fus} \\ B_{fus} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} NIR + \delta \\ R + \delta \\ G + \delta \\ B + \delta \end{bmatrix}$$



QuickBird MULTI, 2.8m 350m*210m



FUSIONADA, 0.7m 350m*210m



QuickBird PAN, 0.7m 350m*210m

Métodos clásicos de fusión de imágenes

Jornadas de Fusión

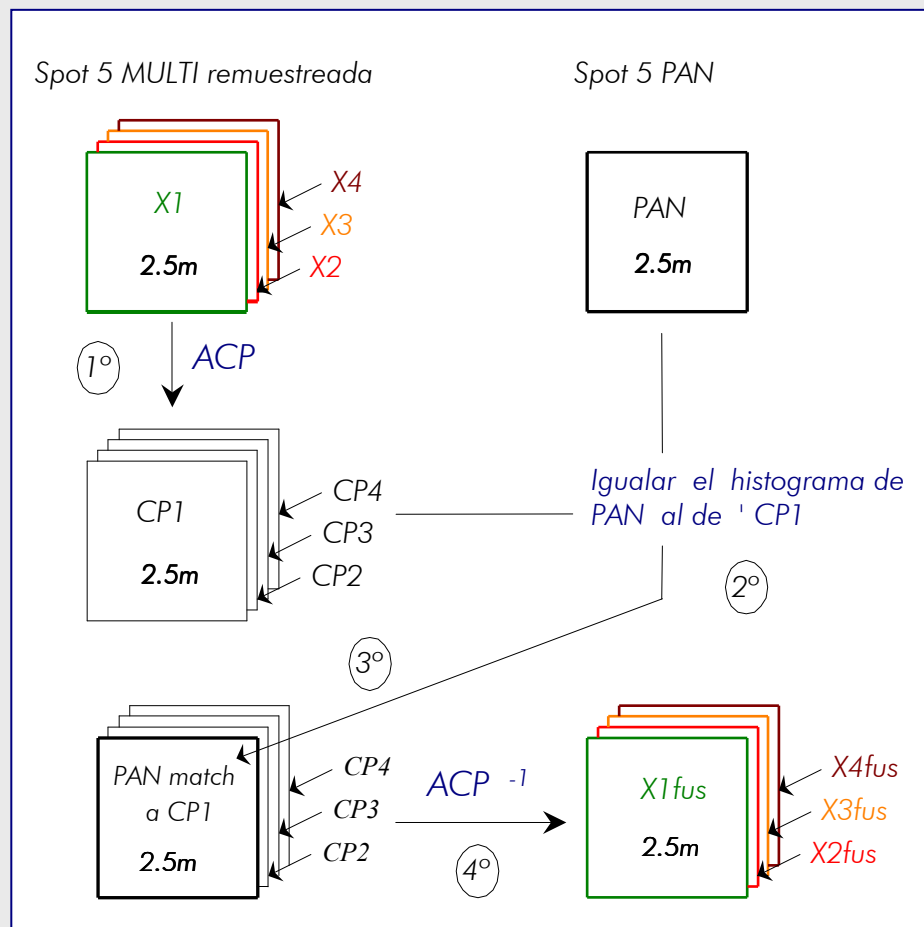
Operaciones algebraicas

Sustitución componentes

Transformadas wavelet discretas

Método Sustitutivo basado en el Análisis de Componentes Principales (ACP)

En general, la **CP1** recoge la información común a todas las bandas, la **información espacial**, y el resto de CP la información propia de cada banda, es decir, la **información espectral**.



ACP no estandarizado → partiendo de la matriz de varianza-covarianza

ACP estandarizado → partiendo de la matriz de correlación **

Ventaja: Imágenes de alta calidad espacial. Aplicable a imágenes MULTI de n bandas

Desventaja: Imágenes de baja calidad espectral

Métodos clásicos de fusión de imágenes

Jornadas de Fusión

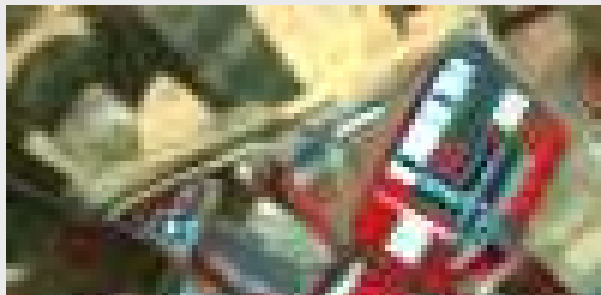
Operaciones algebraicas

Sustitución componentes

Transformadas wavelet discretas

Método Sustitutivo basado en el Análisis de Componentes Principales (ACP)

Ejemplo: Composición falso color imagen SPOT 5

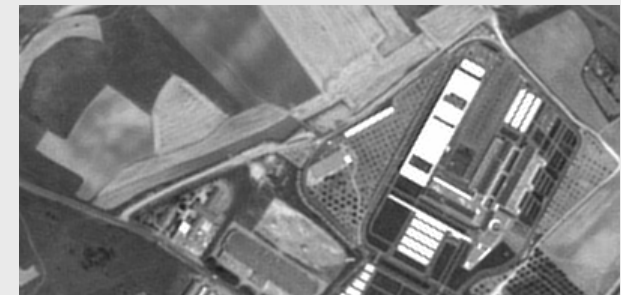


CP1, 2.5m 1km por 1km

FUSIÓN: ACP



FUSIONADA, 2.5m 1km por 1km



PAN match CP1, 2.5m 1km por 1km

Métodos clásicos de fusión de imágenes

Jornadas de Fusión

Operaciones algebraicas

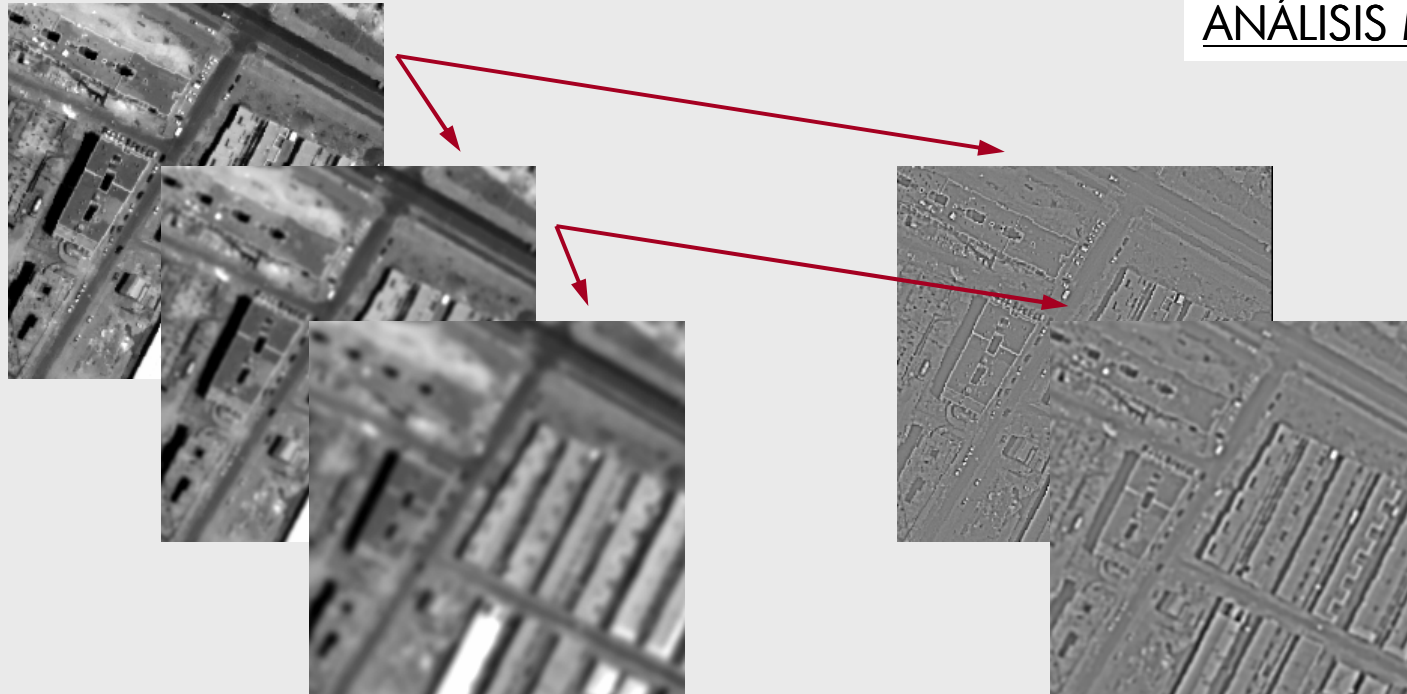
Sustitución componentes

Transformadas wavelet discretas

Métodos basados en Transformadas Wavelet Discretas (TWD)

Funciones wavelet: permiten, a través de una transformada integral, descomponer datos o funciones en componentes de distinta frecuencia

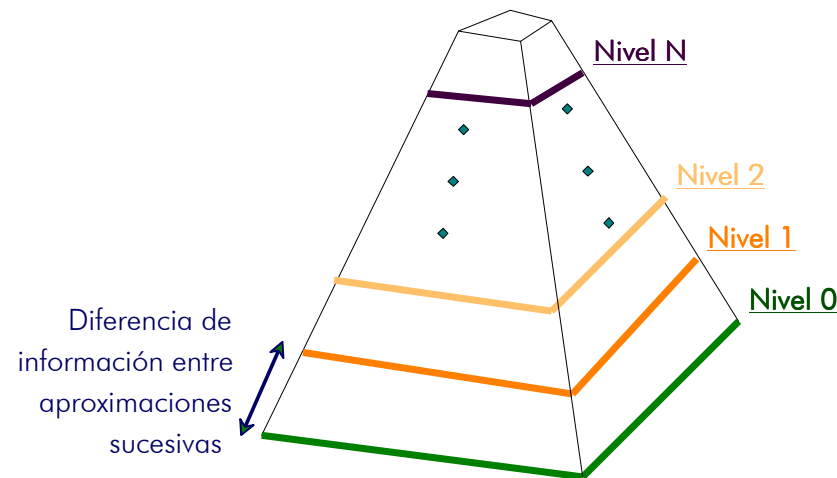
En una imagen, componentes de **baja frecuencia:** zonas o regiones de intensidades (ND) uniformes. Componentes de **alta frecuencia:** zonas de cambio brusco de intensidad, bordes
→ **Detalle Espacial**



ANÁLISIS MULTIRRESOLUCIÓN

Algoritmos TWD DECIMADOS. Algoritmo de Mallat

Representación piramidal de algoritmos DECIMADOS. Algoritmo de Mallat [11]



Nivel 0 I. original de "f" y "c"

Resolución espacial: r

Nivel 1 I. aproximación de " $f/2^1$ " y " $c/2^1$ "

Resolución espacial: $r/2^1$

Nivel 2 I. aproximación de " $f/2^2$ " y " $c/2^2$ "

Resolución espacial: $r/2^2$

Nivel N I. aproximación de " $f/2^N$ " y " $c/2^N$ "

Resolución espacial: $r/2^N$

Las **imágenes aproximación** se obtienen utilizando funciones de escala $\phi(x)$ asociadas a la Wavelet Madre $\Psi(x)$.

Las transformaciones wavelet permiten determinar la **diferencia entre dos niveles sucesivos** $\Rightarrow$ el **DETALLE ESPACIAL** que se pierde al pasar de un nivel a otro.

- Detalle horizontal - Detalle vertical - Detalle diagonal

[11] S.G. Mallat, "A theory for multiresolution signal decomposition: The wavelet representation", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 11(7), pp. 674-693, 1989

Métodos clásicos de fusión de imágenes

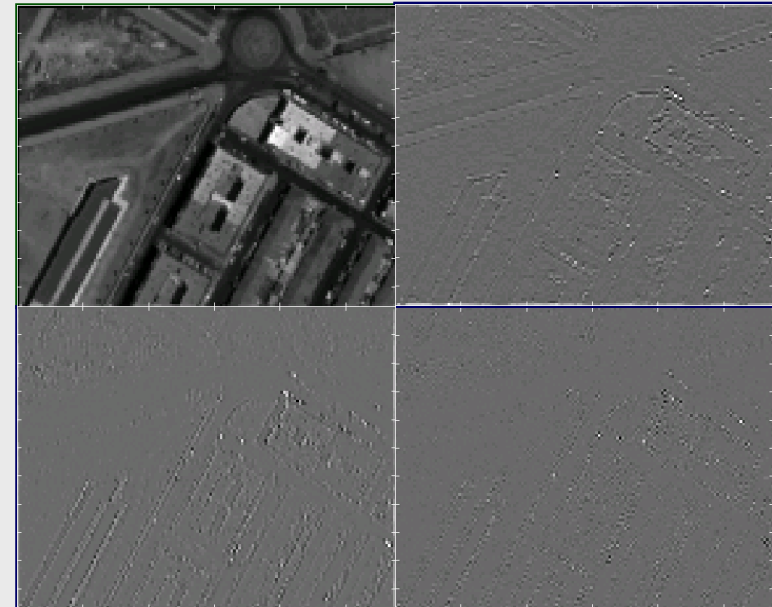
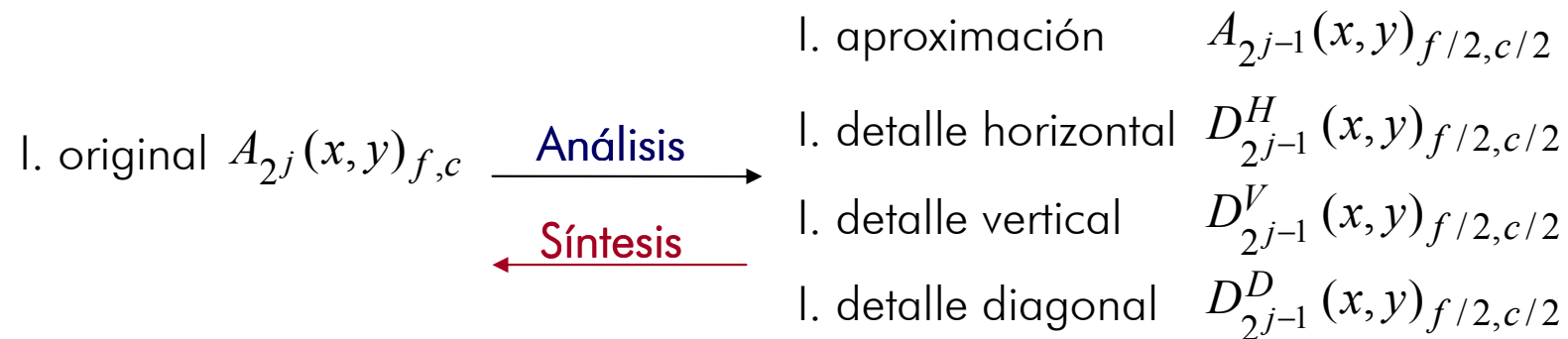
Jornadas de Fusión

Operaciones algebraicas

Sustitución componentes

Transformadas wavelet discretas

Algoritmos TWD DECIMADOS. Algoritmo de Mallat



Algoritmos TWD DECIMADOS. Algoritmo de Mallat

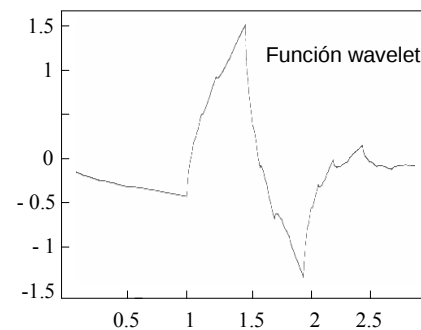
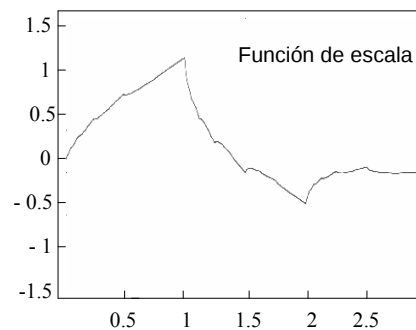
Implementación práctica del algoritmo de Mallat → utilizando FPA, FPB

Filtros h , H : asociados a la función de escala $\phi(x)$, de paso bajo, baja frecuencia

Filtros g , G : asociado a la función wavelet $\psi(x)$, de paso alto, alta frecuencia

Funciones wavelet: Muy empleadas en fusión de imágenes las de Daubechies [12,13]

Ejemplo: Wavelet de Daubechies 'db4'



Fase de ANÁLISIS (Descomposición):

Filtro h : $\left\{ \frac{1-\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}, \frac{3-\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}, \frac{3+\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}, \frac{1+\sqrt{3}}{4\sqrt{2}} \right\}$

Filtro g : $\left\{ \frac{1+\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}, \frac{3+\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}, -\frac{3-\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}, \frac{1-\sqrt{3}}{4\sqrt{2}} \right\}$

Fase de SÍNTESIS (Reconstrucción):

Filtro H : $\left\{ \frac{1+\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}, \frac{3+\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}, \frac{3-\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}, \frac{1-\sqrt{3}}{4\sqrt{2}} \right\}$

Filtro G : $\left\{ -\frac{1-\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}, -\frac{3-\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}, \frac{3+\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}, -\frac{1+\sqrt{3}}{4\sqrt{2}} \right\}$

[12] I. Daubechies, "Orthonormal basis of compactly supported wavelets", *Communications on Pure Applied Mathematics*, vol.42, pp. 909-996, 1988

[13] I. Daubechies, *Ten Lectures on Wavelets*, Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics, pp. 357, 1992

Métodos clásicos de fusión de imágenes

Jornadas de Fusión

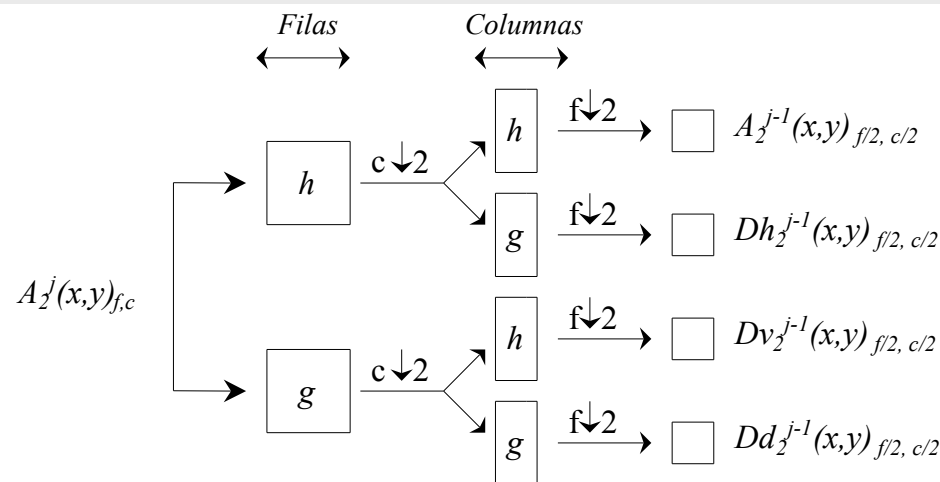
Operaciones algebraicas

Sustitución componentes

Transformadas wavelet discretas

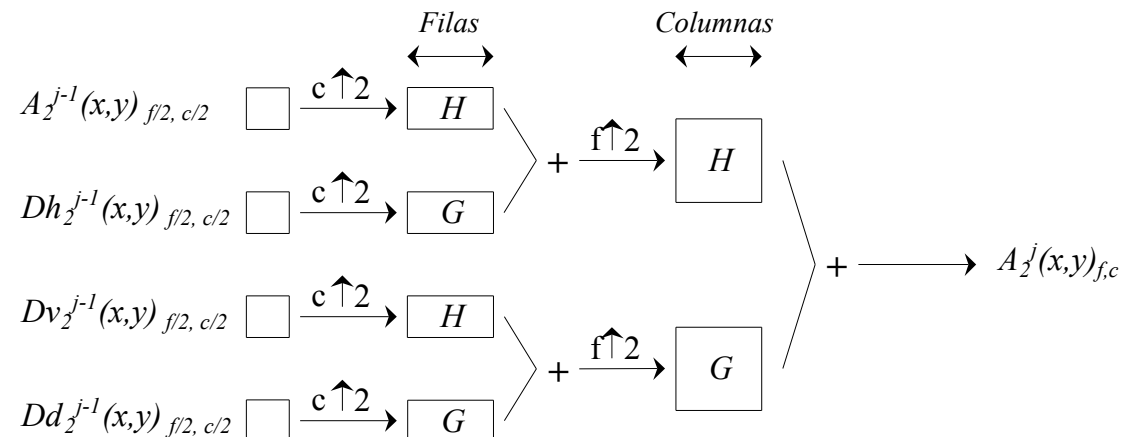
Algoritmos TWD DECIMADOS. Algoritmo de Mallat

Implementación práctica del algoritmo decimado de Mallat → utilizando FPA, FPB



Fase de ANÁLISIS (Descomposición)

Fase de SÍNTESIS (Reconstrucción)

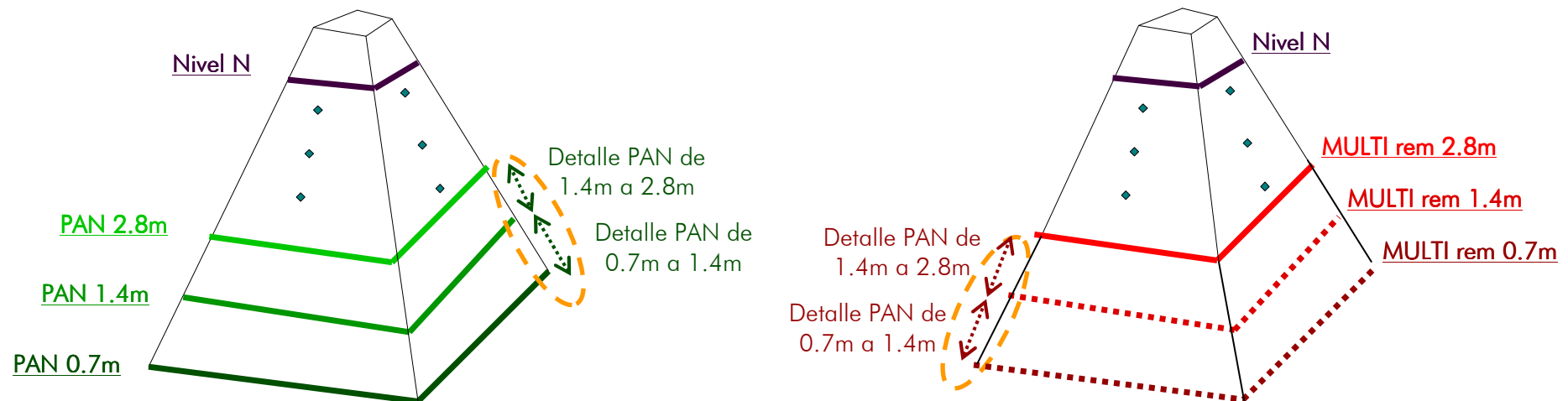


Algoritmos TWD DECIMADOS. Algoritmo de Mallat

Fundamento de los métodos de fusión basados en el algoritmo decimado de Mallat

Extraer de la imagen PAN el detalle espacial que tiene ésta y que le falta a la MULTI

Ejemplo con una imagen QuickBird:



Descomposición $PAN_{0.7m} \rightarrow PAN_{2.8m}, (DH,DV,DD)_{PAN\ 0.7m-1.4m}, (DH,DV,DD)_{PAN\ 1.4m-2.8m}$

Descomposición $MULTI_{rem\ 0.7m} \rightarrow MULTI_{rem\ 2.8m}, (DH,DV,DD)_{MULTI\ 0.7m-1.4m}, (DH,DV,DD)_{MULTI\ 1.4m-2.8m}$

Reconstrucción $MULTI\ FUS_{0.7m} \rightarrow MULTI_{2.8m}, (DH,DV,DD)_{PAN\ 0.7m-1.4m}, (DH,DV,DD)_{PAN\ 1.4m-2.8m}, (DH,DV,DD)_{MULTI\ 0.7m-1.4m}, (DH,DV,DD)_{MULTI\ 1.4m-2.8m}$

Métodos clásicos de fusión de imágenes

Jornadas de Fusión

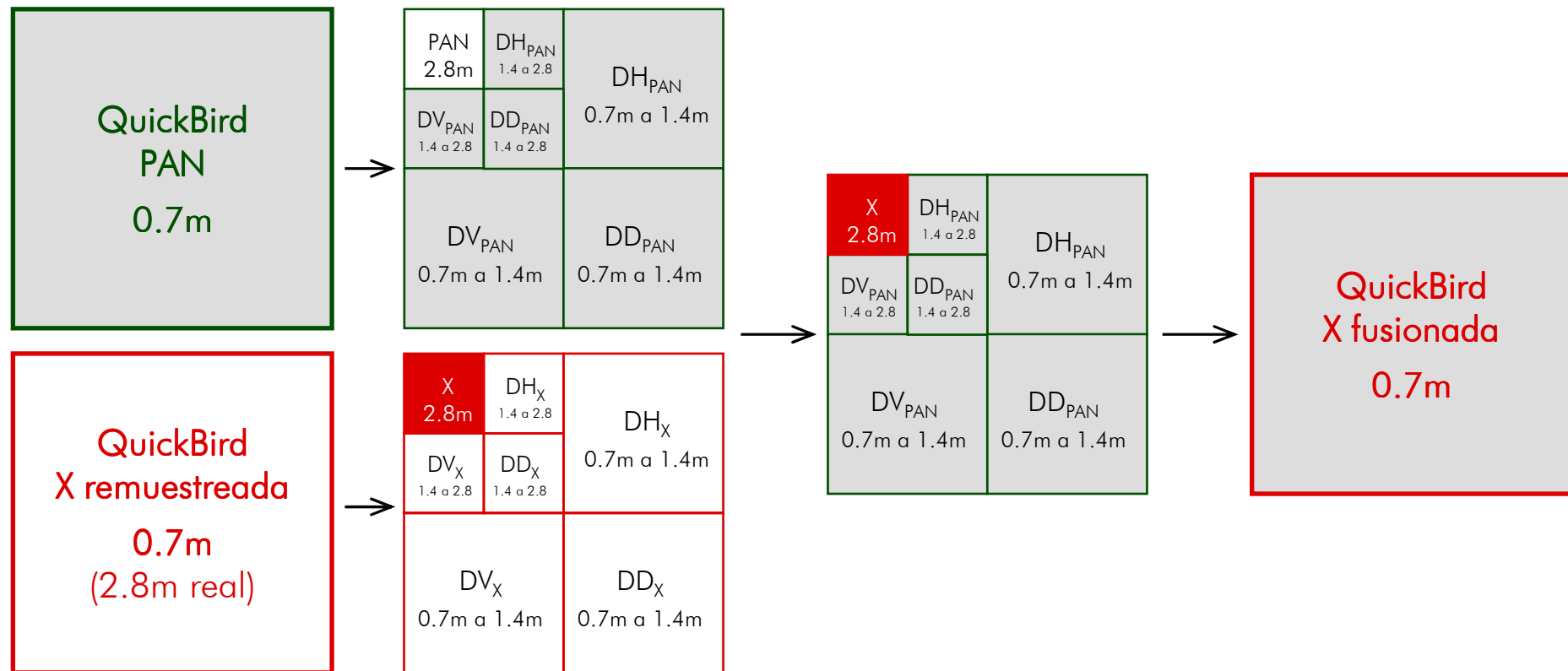
Operaciones algebraicas

Sustitución componentes

Transformadas wavelet discretas

Algoritmos TWD DECIMADOS. Algoritmo de Mallat

Fundamento de los métodos de fusión basados en el algoritmo decimado de Mallat



Métodos clásicos de fusión de imágenes

Jornadas de Fusión

Operaciones algebraicas

Sustitución componentes

Transformadas wavelet discretas

Algoritmos TWD DECIMADOS. Algoritmo de Mallat

Métodos de fusión basados en la TWD empleando el algoritmo decimado de MALLAT

- * AW y SW: incorporando directamente el detalle espacial de PAN en cada banda MULTI
- * AWI y SWI: incorporando el detalle espacial de PAN en la imagen MULTI a través de la componente I obtenida de la transformada IHS
- * AWPC y SWPC: incorporando el detalle espacial de PAN en la imagen MULTI a través de la CP1

Problema del algoritmo DECIMADO de Mallat para la FUSIÓN de IMÁGENES:

Debido al proceso de submuestreo, algoritmo fuertemente orientado en las direcciones horizontal y vertical. Efecto “**diente de sierra**” en todos los elementos que no siguen estas direcciones.



QuickBird, MULTI rem 0.7 m



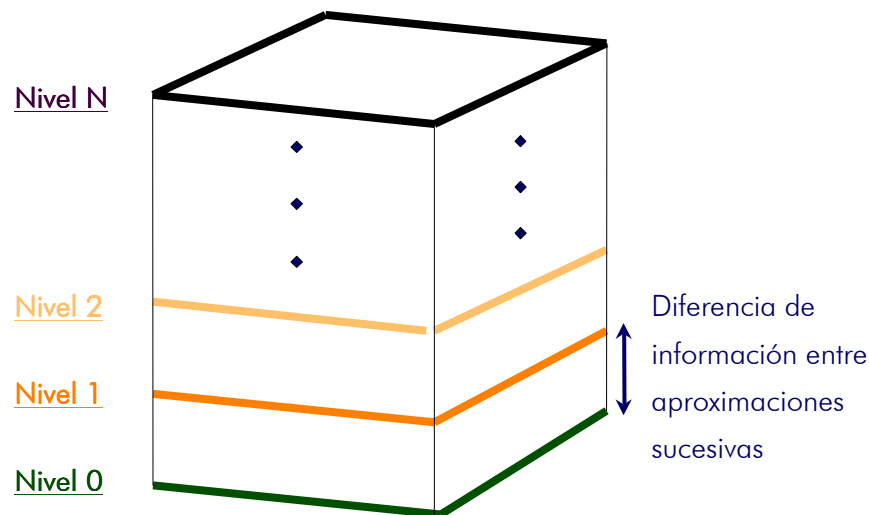
QuickBrid, PAN 0.7 m



MULTI Fus AW, 0.7 m

Algoritmos TWD NO DECIMADOS. Algoritmo À TROUS.

Representación de algoritmos NO DECIMADOS. Algoritmo "À TROUS"



Nivel 0 I. original de "f" y "c"

Resolución espacial: r

Nivel 1 I. aproximación de "f" y "c"

Resolución espacial: $r/2^1$

Nivel 2 I. aproximación de "f" y "c"

Resolución espacial: $r/2^2$

Nivel N I. aproximación de "f" y "c"

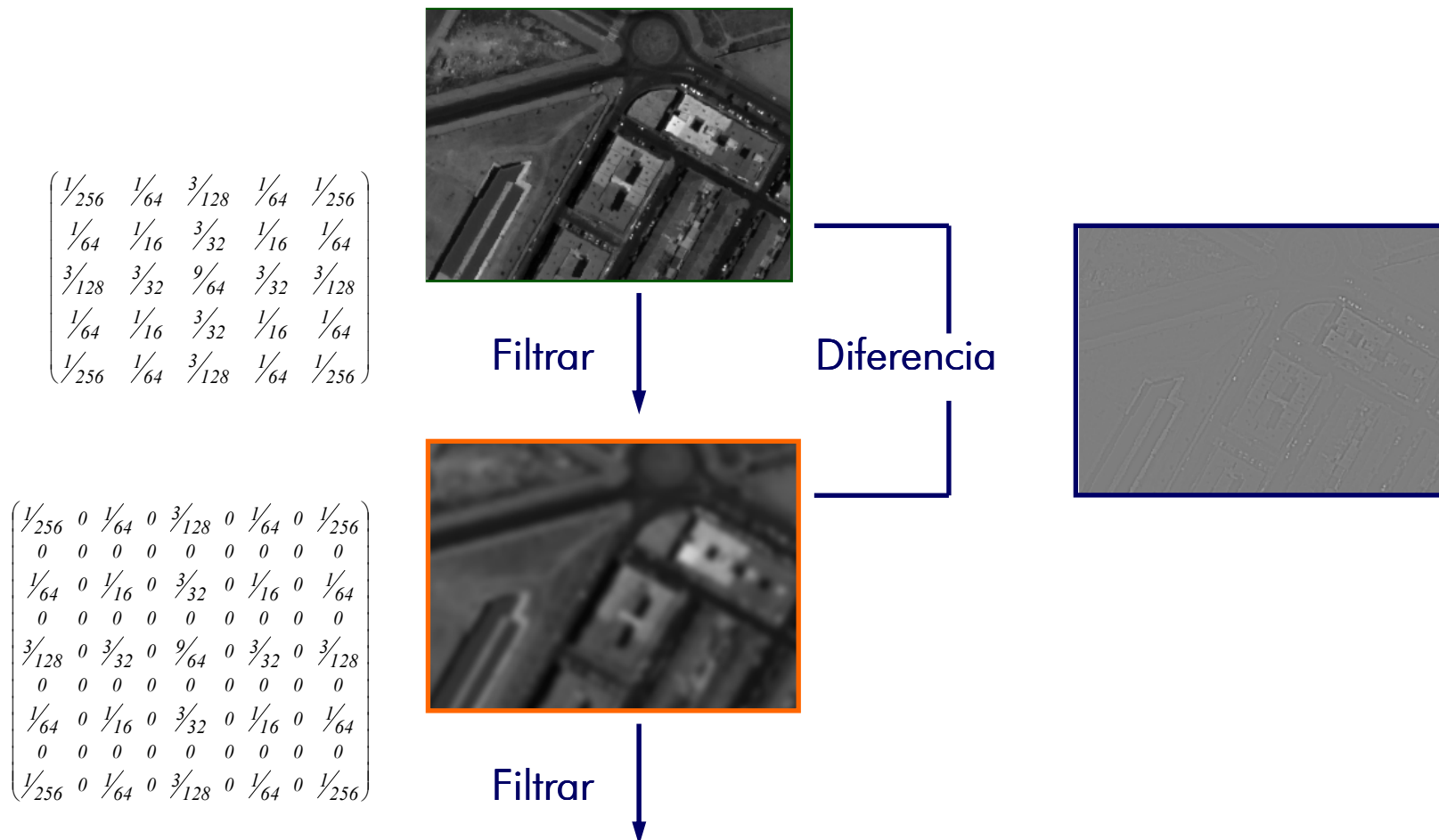
Resolución espacial: $r/2^N$

Las **imágenes aproximación** se obtienen utilizando funciones de escala ϕ .

El **detalle espacial** que se pierde al pasar de un nivel al nivel consecutivo se obtiene directamente restando las imágenes aproximación de dichos niveles → Planos wavelet o coeficientes wavelet

Algoritmos TWD NO DECIMADOS. Algoritmo Á TROUS.

Implementación práctica del algoritmo A TROUS: función de escala Spline B_3



Métodos clásicos de fusión de imágenes

Jornadas de Fusión

Operaciones algebraicas

Sustitución componentes

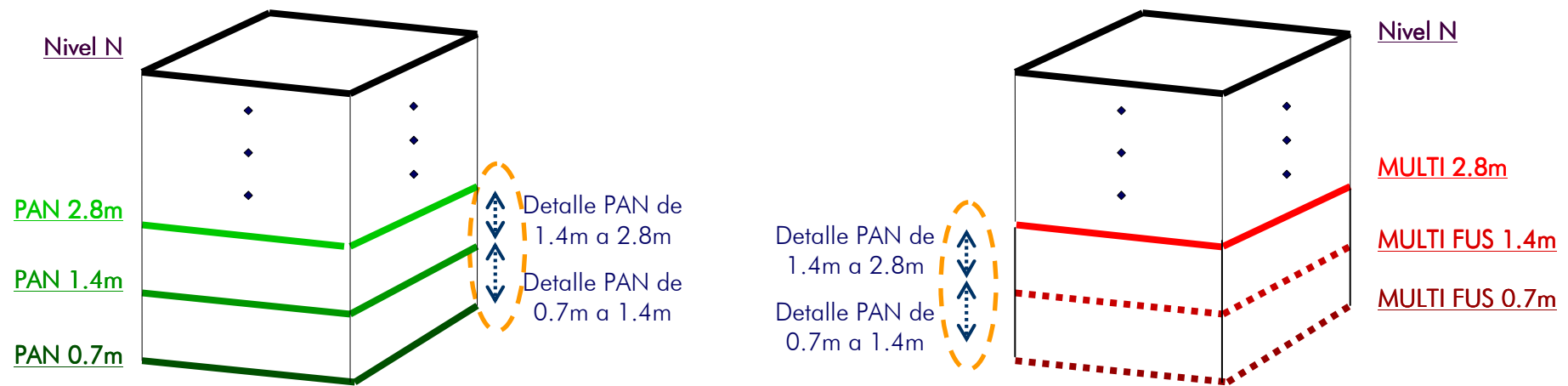
Transformadas wavelet discretas

Algoritmos TWD NO DECIMADOS. Algoritmo À TROUS.

Fundamento de los métodos de fusión basados en el algoritmo À TROUS

Extraer de la imagen PAN el detalle espacial que tiene ésta y que le falta a la MULTI

Ejemplo con una imagen QuickBird:



Descomposición $PAN_{0.7m} \rightarrow PAN_{2.8m}, D_{PAN\ 0.7m-1.4m}, D_{PAN\ 1.4m-2.8m}$

Reconstrucción $MULTI\ FUS_{0.7m} \rightarrow MULTI_{2.8m}, D_{PAN\ 0.7m-1.4m}, D_{PAN\ 1.4m-2.8m}$

Métodos clásicos de fusión de imágenes

Jornadas de Fusión

Operaciones algebraicas

Sustitución componentes

Transformadas wavelet discretas

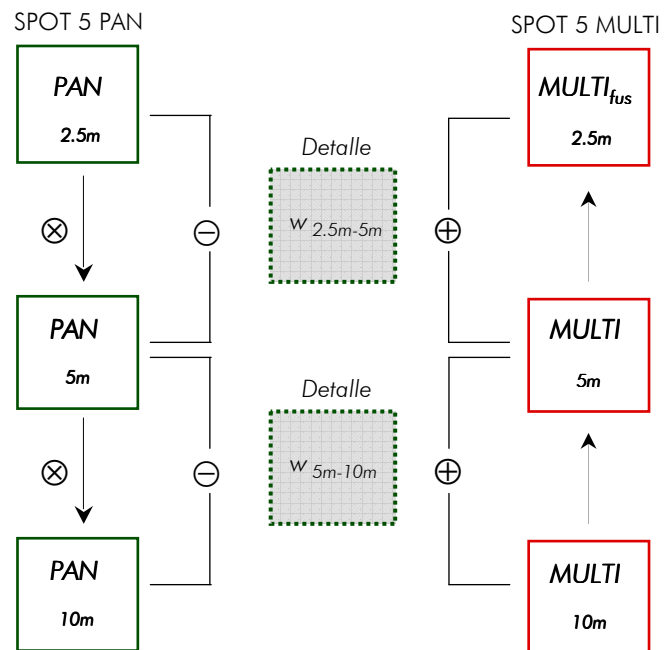
Algoritmos TWD NO DECIMADOS. Algoritmo Á TROUS.

Método de fusión WAVELET ADITIVO (AW)

Incorporar el detalle de la imagen PAN en cada una de las bandas de la imagen MULTI.

Previamente, igualar el histograma de la imagen PAN al de cada una de las bandas MULTI

Ejemplo con una imagen SPOT 5, **ratio 4:1**



Método Wavelet Aditivo (AW) → los n primeros planos wavelet de la imagen PAN se suman a cada banda de la imagen MULTirem

Método Wavelet Sustitutivo (SW) → los n primeros planos wavelet de la imagen MULTirem se sustituyen por los n primeros planos wavelet de la imagen PAN

Ventaja: Imágenes de alta calidad espacial. Aplicable a imágenes MULTI de n bandas

Desventaja: Imágenes de alta calidad espectral (mayor que las obtenidas con el algoritmo TWD de Mallat). Coste

Métodos clásicos de fusión de imágenes

Jornadas de Fusión

Operaciones algebraicas

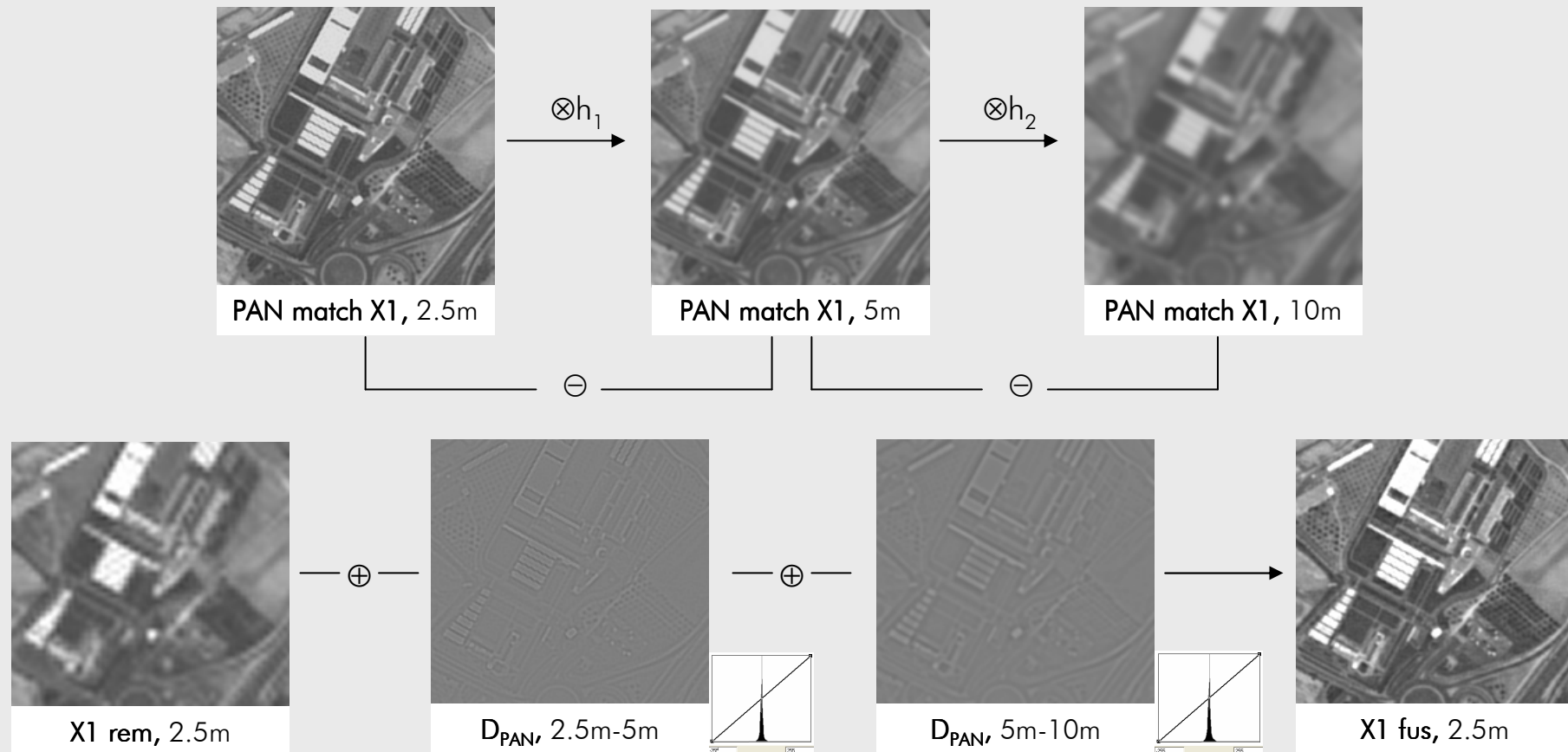
Sustitución componentes

Transformadas wavelet discretas

Algoritmos TWD NO DECIMADOS. Algoritmo Á TROUS.

Método de fusión WAVELET ADITIVO (AW)

Ejemplo SPOT 5 X1 y PAN. Ratio 4:1. Madrid, 0.5km por 0.5km



Métodos clásicos de fusión de imágenes

Jornadas de Fusión

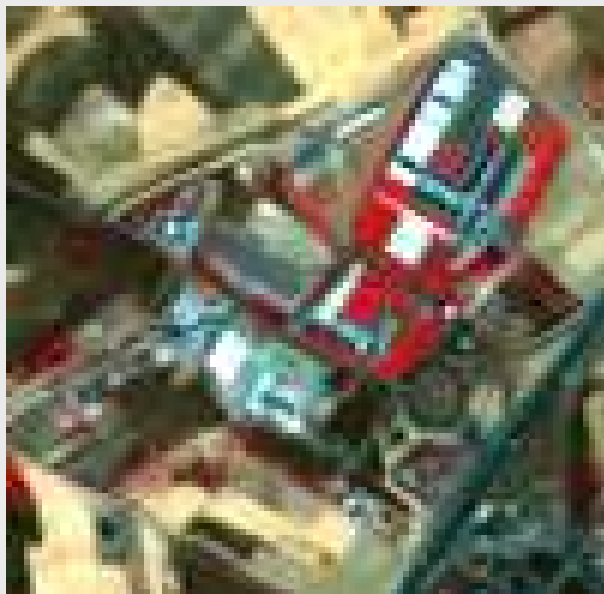
Operaciones algebraicas

Sustitución componentes

Transformadas wavelet discretas

Algoritmos TWD NO DECIMADOS. Algoritmo Á TROUS.

Método de fusión WAVELET ADITIVO (AW)



SPOT 5 MULTI, 10m 1km por 1km

FUSIÓN: AW



FUSIONADA, 2.5m 1km por 1km



SPOT 5 PAN, 2.5m 1km por 1km

ERGAS_{spectral} : 1.795
ERGAS_{spatial} : 2.860
ERGAS_{aver.} : 2.327
CC : 888N²

Métodos clásicos de fusión de imágenes

Jornadas de Fusión

Operaciones algebraicas

Sustitución componentes

Transformadas wavelet discretas

Algoritmos TWD NO DECIMADOS. Algoritmo $\hat{A}$ TROUS.

Comparativa de imágenes fusionadas mediante AW_{MALLAT} y $AW_{\hat{A} TROUS}$



MULTI rem, 2.5m



FUS AW_{MALLAT} , 2.5m



FUS $AW_{\hat{A} TROUS}$, 2.5m



FUS $AW_{MALLAT NO DECIM}$, 2.5m



MULTI rem, 2.5m



FUS AW_{MALLAT} , 2.5m



FUS $AW_{\hat{A} TROUS}$, 2.5m



FUS $AW_{MALLAT NO DECIM}$, 2.5m

Métodos clásicos de fusión de imágenes

Jornadas de Fusión

Operaciones algebraicas

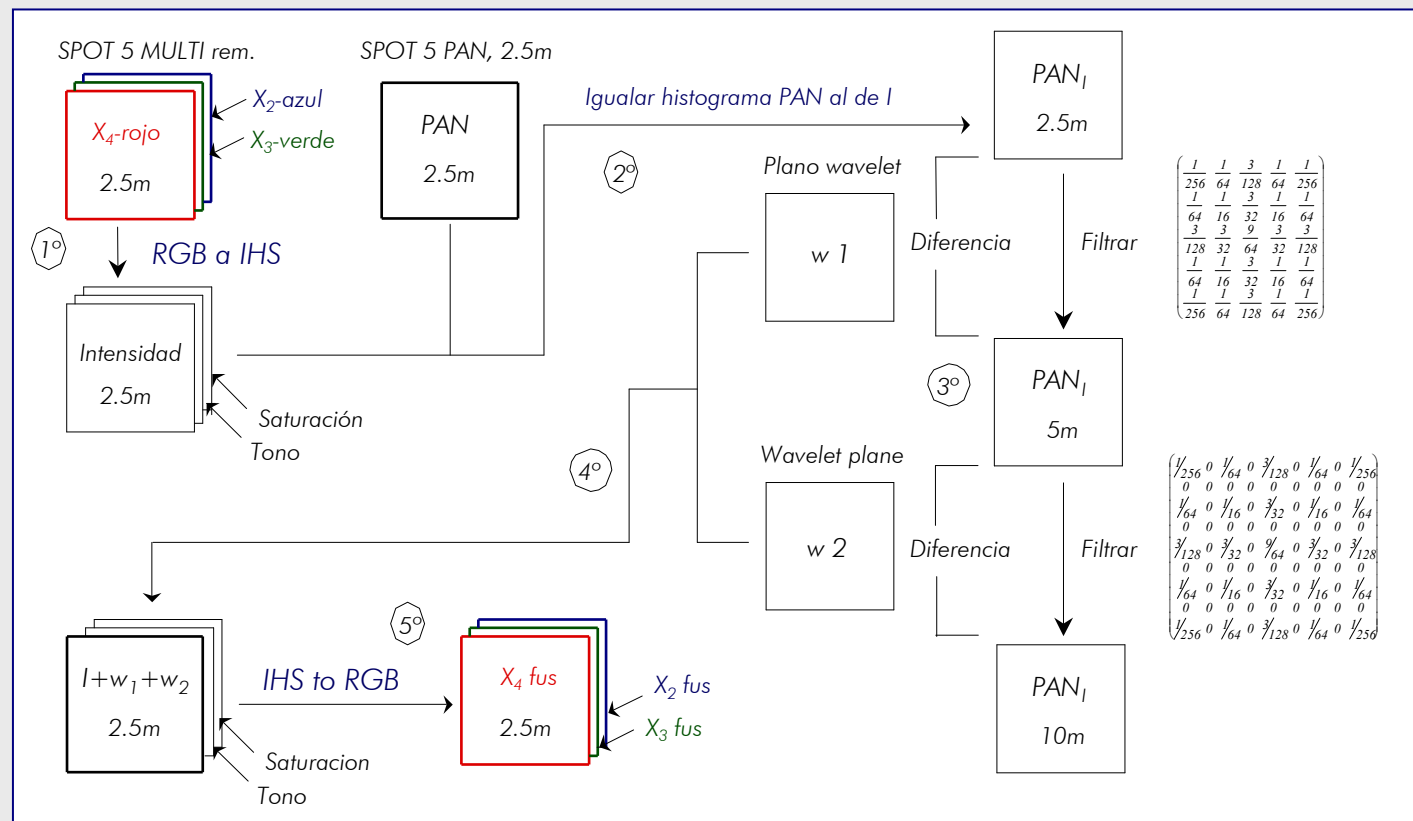
Sustitución componentes

Transformadas wavelet discretas

Algoritmos TWD NO DECIMADOS. Algoritmo Á TROUS.

Método de fusión WAVELET ADITIVO sobre la componente INTENSIDAD (AWI)

Incorporar el detalle de la imagen PAN la imagen MULTI a través de la componente I obtenida tras aplicar una transformación IHS a la imagen MULTirem.



Algoritmos TWD NO DECIMADOS. Algoritmo Á TROUS.

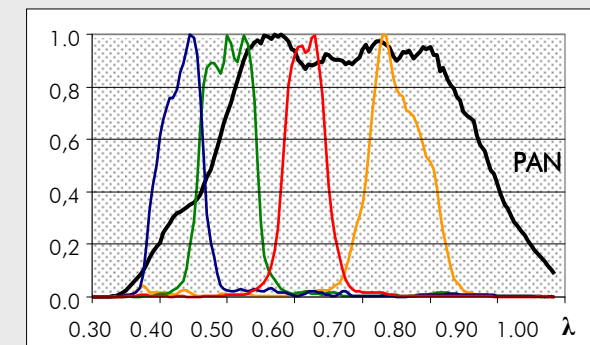
Método de fusión WAVELET ADITIVO sobre la componente INTENSIDAD (AWI)

Ventajas del AWI frente al AW

✖ Menor coste computacional, al ser necesario aplicar la TWD únicamente al conjunto PAN-Intensidad

✖ Mayor calidad espectral en las imágenes fusionadas cuando el rango de λ de la imagen PAN cubre todos los intervalos de λ de las bandas de la MULTI.

Menor diferencia espectral entre la imagen PAN e Intensidad que entre la imagen PAN y cada banda MULTI → Menor distorsión espec.



Curvas de respuesta espectral
MULTI y PAN de Ikonos

Método de fusión AWIP

✖ Empleando TWD Á TROUS, incorporando el detalle de la imagen PAN sobre la componente I, obtenida tras una transformación eFIHS

✖ Incorporación del detalle PAN a cada banda manteniendo la signatura espectral de cada píxel

$$\begin{bmatrix} n_B' \\ n_G' \\ n_R' \\ n_{NIR}' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n_B + (\delta \cdot n_B / \bar{n}) \\ n_G + (\delta \cdot n_G / \bar{n}) \\ n_R + (\delta \cdot n_R / \bar{n}) \\ n_{NIR} + (\delta \cdot n_{NIR} / \bar{n}) \end{bmatrix} \quad \bar{n} = \sum_{i=1}^4 n_i / 4 = I$$
$$\delta = \sum w_{PAN \text{ match } I}$$

Métodos clásicos de fusión de imágenes

Jornadas de Fusión

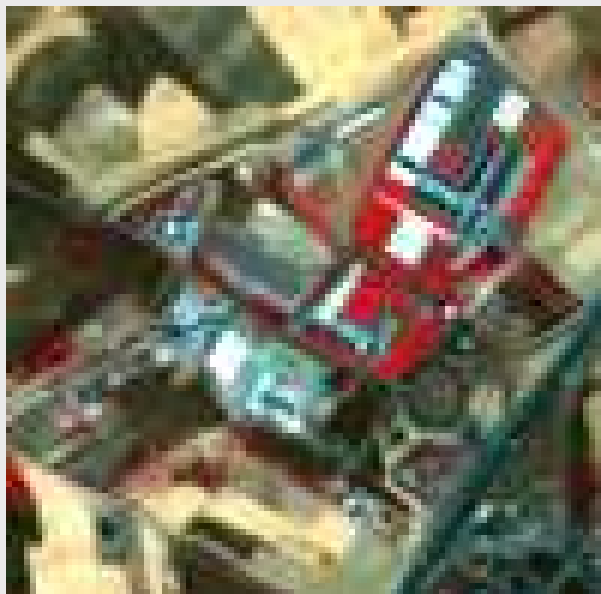
Operaciones algebraicas

Sustitución componentes

Transformadas wavelet discretas

Algoritmos TWD NO DECIMADOS. Algoritmo Á TROUS.

Método de fusión AWLP



SPOT 5 MULTI, 10m 1km por 1km

FUSIÓN: AWLP



FUSIONADA, 2.5m 1km por 1km



SPOT 5 PAN, 2.5m 1km por 1km

ERGAS_{spectral} : 1.747
ERGAS_{spatial} : 2.862
ERGAS_{over.} : 2.304
CC : 262N²

Métodos clásicos de fusión de imágenes

Jornadas de Fusión

Operaciones algebraicas

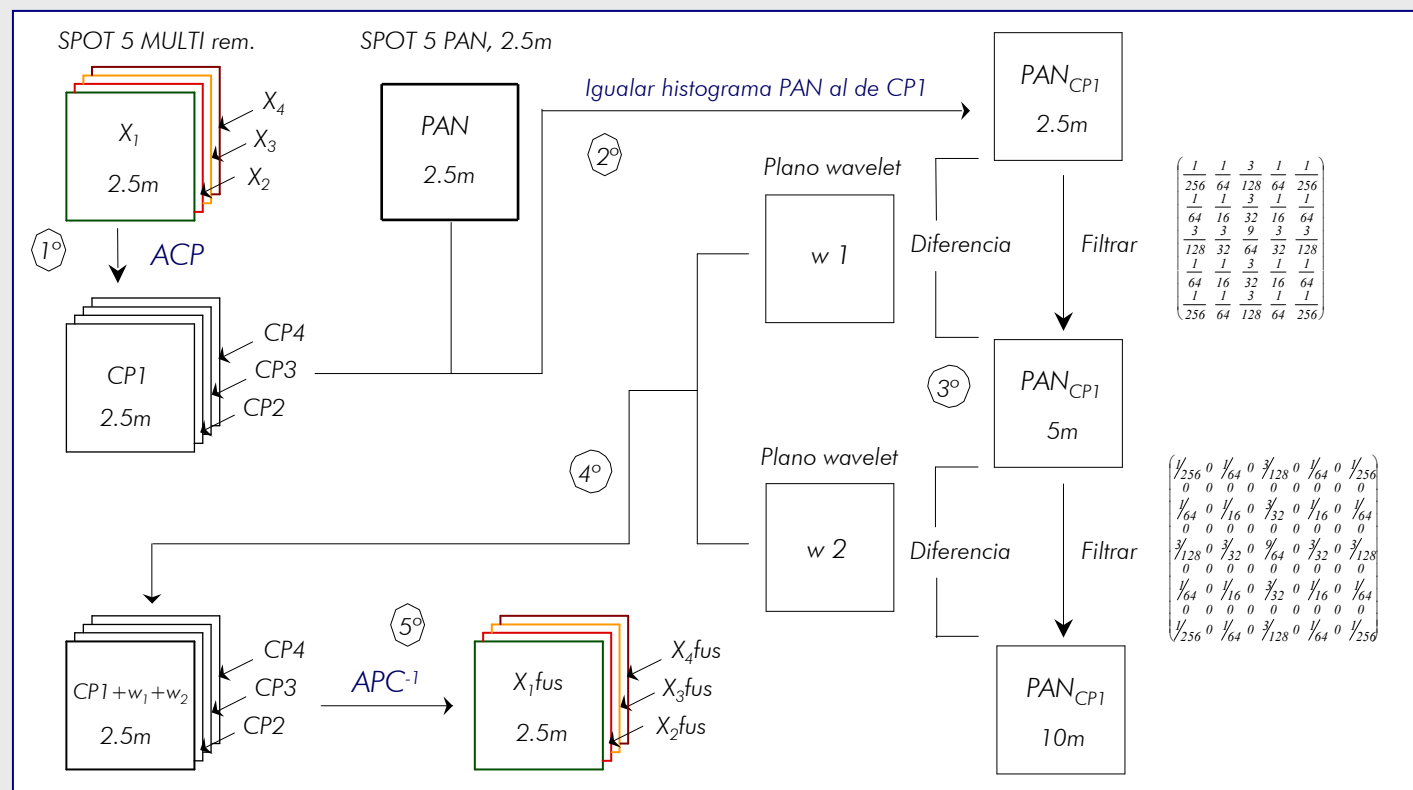
Sustitución componentes

Transformadas wavelet discretas

Algoritmos TWD NO DECIMADOS. Algoritmo Á TROUS.

Método de fusión WAVELET ADITIVO sobre la CP1 (AWPC)

Incorporar el detalle de la imagen PAN la imagen MULTI a través de la CP1 obtenida tras aplicar el ACP a la imagen MULTirem.



Métodos clásicos de fusión de imágenes

Jornadas de Fusión

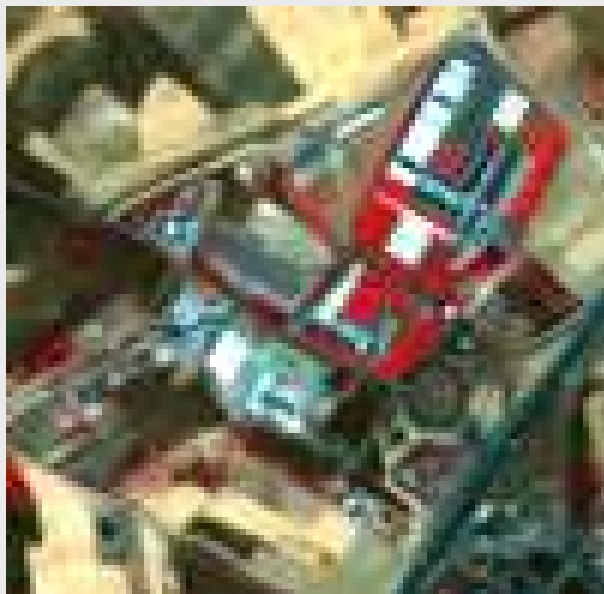
Operaciones algebraicas

Sustitución componentes

Transformadas wavelet discretas

Algoritmos TWD NO DECIMADOS. Algoritmo Á TROUS.

Método de fusión WAVELET ADITIVO sobre la CP1 (AWPC)



SPOT 5 MULTI, 10m 1km por 1km

FUSIÓN: AWCP



FUSIONADA, 2.5m 1km por 1km



SPOT 5 PAN, 2.5m 1km por 1km

ERGAS_{spectral} : 1.753
ERGAS_{spatial} : 2.951
ERGAS_{over} : 2.352
CC : 316N²

Bibliografía relativa a los métodos de fusión expuestos:

Métodos de fusión basados en la Sustitución de Componentes (IHS-PCA):

- [14] R. Haydn, G.W. Dalke, J. Henkel and J.E. Bare, "Applications of the IHS color transform to the processing of multisensor data and image enhancement", *Proc. of the International Symposium on Remote Sensing of Arid and Semi-Arid Lands*, Egipto, pp. 559-616, 1982.
- [15] P.S. Chavez, "Digital merging of Landsat TM and digitized NHAP data for 1:24000 scale image mapping ", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 52(10), pp. 1637-1646, 1986.
- [16] V.K. Shettigara, "A generalized Component Substitution technique for spatial enhancement of multispectral images using a higher resolution data set", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 58(5), pp. 561-567, 1992.

Métodos de fusión basados en Transformadas Wavelet Discretas (TWD):

- [17] D. A. Yocky, "Image merging and data fusion by means of the discrete two-dimensional wavelet transform", *Journal of the Optical Society of America*, vol. 12(9), pp. 1834-1041, 1995.
- [18] B. Garguet-Duport, J. Girel, J.M. Chasseny and G. Patou, "The use of multiresolution analysis and wavelet transforms for merging SPOT panchromatic and multispectral image data", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 62(9), pp. 1057-1066, 1996.
- [19] J. Zhou, D. L. Civco and J. A. Silandar, "A wavelet transform method to merge Landsat TM and SPOT panchromatic data", *International Journal of Remote Sensing*, vol. 19(4), pp. 743-757, 1998.

Bibliografía relativa a los métodos de fusión expuestos:

Métodos de fusión basados en Transformadas Wavelet Discretas (TWD):

- [19] J. Núñez, X. Otazu, O. Fors, A. Prades, V. Palá and R. Arbiol, "Multiresolution based image fusion with additive wavelet decomposition ", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 37(3), pp. 1204-1211, 1999.
- [20] T. Ranchin and L. Wald, "Fusion of high spatial and spectral resolution images: The ARSIS concept and its implementation", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 66(1), pp. 49-61, 2000.
- [21] M. Gonzalez-Audicana, J. L. Saleta, O.G. Catalán and R. García, "Fusion of multispectral and panchromatic images using improved IHS and PCA mergers based on wavelet decomposition", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 42(6), pp. 1291-1299, 2004.
- [18] M. González-Audicana, X. Otazu, O. Fors and A. Seco, "Comparison between Mallat's and the à trous discrete wavelet transform based algorithms for the fusion of multispectral and panchromatic images ", *International Journal of Remote Sensing*, vol. 26(3), pp. 595-614, 2005.

Métodos clásicos de fusión de imágenes

Madrid, 23 abril 2007



¡ Gracias por su atención !