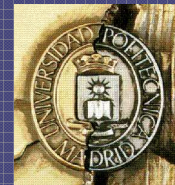




Fusión de imágenes IKONOS y QuickBird empleando métodos basados en transformadas wavelet no decimadas

María González-Audicana Amenábar (UPNA)



Pamplona, 16-17 junio 2008

Estructura general de la presentación:

1.- Introducción

2.- Aspectos GEOMÉTRICOS, ESPECTRALES y RADIOMÉTRICOS a tener en cuenta antes de la FUSIÓN

3.- Breve introducción a los MÉTODOS de FUSIÓN de imágenes MULTI y PAN

4.- Fusión de imágenes Ikonos empleando el algoritmo de TWD "á trous" Aditivo (AW)

5.- Fusión de imágenes QuickBird empleando el algoritmo de TWD "á trous" ACP (AWPC)

Fusión de imágenes empleando métodos basados en transformadas wavelet no decimadas

II Jornadas de Fusión

Introducción

Aspectos previos

Métodos de fusión

Wavelet Aditivo

Wavelet ACP

En el ámbito de la TELEDETECCIÓN: Dependiendo de la finalidad de cada sensor → **IMÁGENES** de distinta resolución espacial, espectral, radiométrica y temporal.

Información de naturaleza **COMPLEMENTARIA** → **INTEGRACIÓN** o fusión de imágenes

Ópticas y Rádar

Multiespectrales y Pancromáticas

MULTI: alta resolución espectral, baja resolución espacial
PAN: alta resolución espacial, baja resolución espectral

Relación inversa
ESPACIAL ↔ ESPECTRAL

Imágenes QuickBird:

MULTI: Azul, Verde, Rojo e IRcercano, **2.8m**

PAN: Azul-IRcercano, **0.7m**

Información **COMPLEMENTARIA**

Imagen FUSIONADA: Imagen multispectral de alta resolución espacial

Fusión de imágenes empleando métodos basados en transformadas wavelet no decimadas

II Jornadas de Fusión

Introducción

Aspectos previos

Métodos de fusión

Wavelet Aditivo

Wavelet ACP

Imagen FUSIONADA: Imagen multispectral de alta resolución espacial



SPOT 5 XI, 10m, 1km*1km

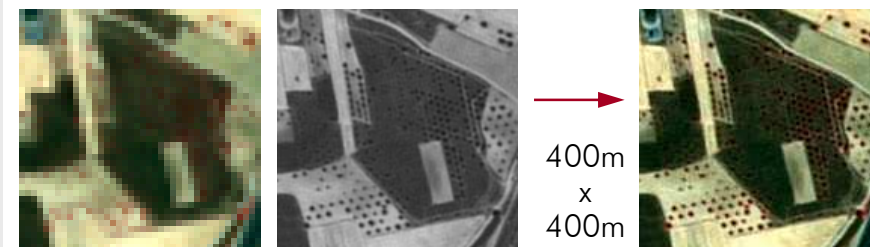
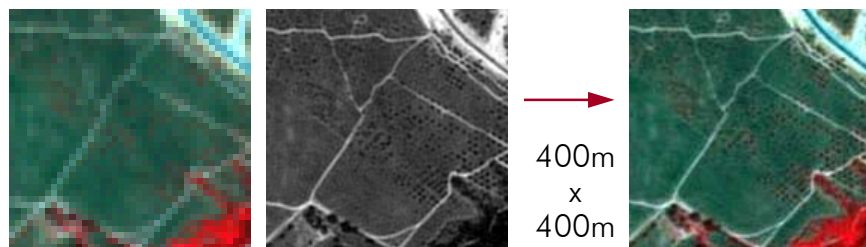


SPOT 5 PAN, 2.5m, 1km*1km



FUSIÓN, 2.5m, 1km*1km

- ✘ Mejora en la **identificación visual** de elementos y cubiertas. **Generación de cartografía por fotointerpretación**
- ✘ Mejora en los procesos de **SEGMENTACIÓN AUTOMÁTICA** de imágenes
- ✘ Mejora en los procesos de **CLASIFICACIÓN AUTOMÁTICA** de imágenes: **TEXTURAS**



Fusión de imágenes empleando métodos basados en transformadas wavelet no decimadas

II Jornadas de Fusión

Introducción

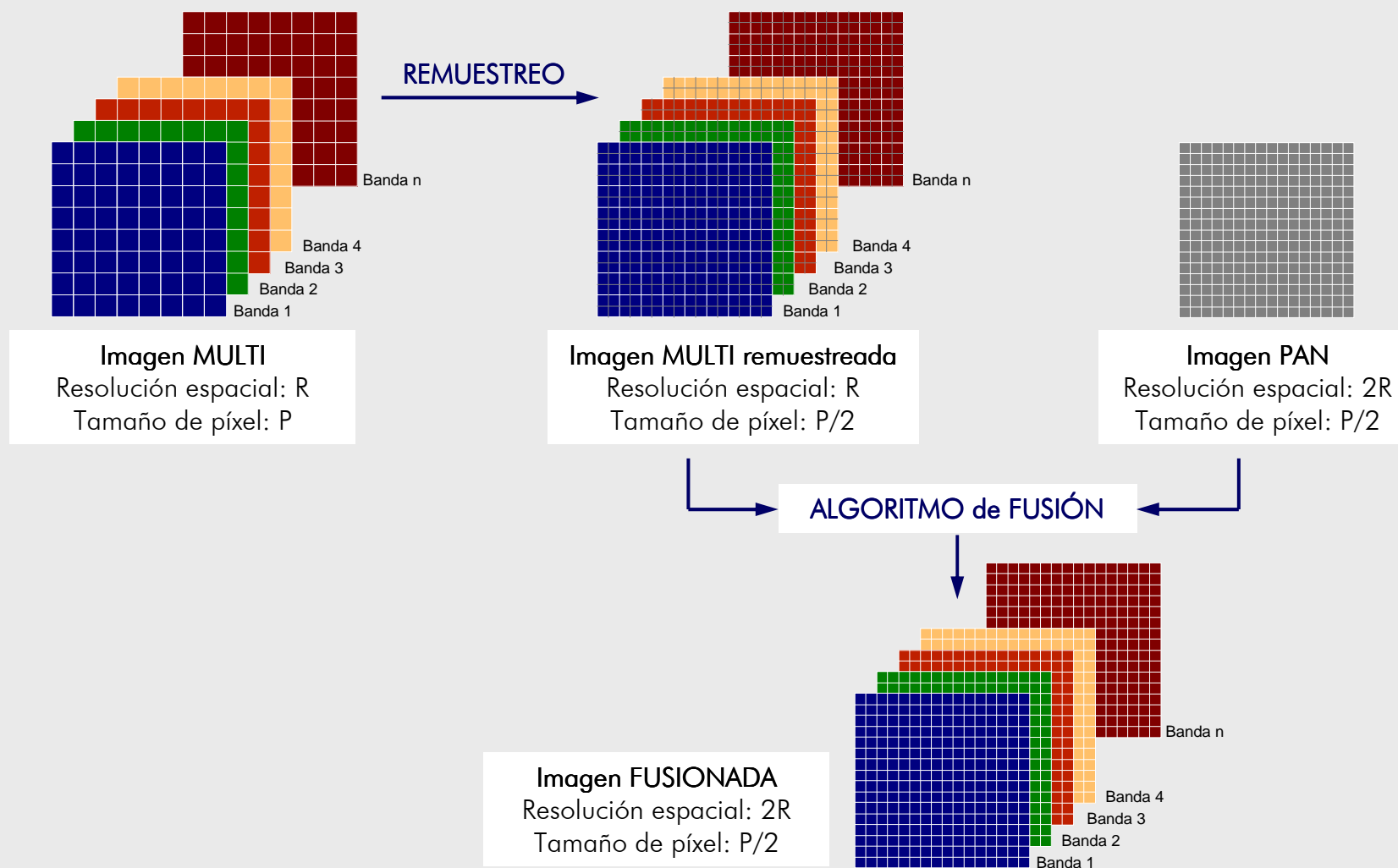
Aspectos previos

Métodos de fusión

Wavelet Aditivo

Wavelet ACP

Esquema GENERAL del proceso de fusión de imágenes MULTI y PAN



Fusión de imágenes empleando métodos basados en transformadas wavelet no decimadas

II Jornadas de Fusión

Introducción

Aspectos previos

Métodos de fusión

Wavelet Aditivo

Wavelet ACP

Esquema GENERAL del proceso de fusión de imágenes MULTI y PAN



Imagen QB MULTI, R
Tamaño de píxel: 2.8m
Tamaño imagen: 80f*100c

REMUESTREO



Imagen QB MULTI rem, R
Tamaño de píxel: 0.7m
Tamaño imagen: 320f*400c



Imagen QB PAN, 4R
Tamaño de píxel: 0.7m
Tamaño imagen: 320f*400c

ALGORITMO de FUSIÓN



Imagen FUSIONADA, 4R
Tamaño de píxel: 0.7m
Tamaño imagen: 320f*400c

Fusión de imágenes empleando métodos basados en transformadas wavelet no decimadas

II Jornadas de Fusión

Introducción

Aspectos previos

Métodos de fusión

Wavelet Aditivo

Wavelet ACP

Requerimientos GEOMÉTRICOS previos a la fusión

1. Igual TAMAÑO de PÍXEL

2. Perfectamente SUPERPONIBLES

1. Remuestrear imagen MULTI al tamaño de píxel de la PAN:

- × Si es posible, al mismo tiempo que la operación de georreferenciación u ortorectificación
- × Vecino más próximo, interpolación bilineal, convolución cúbica

2. MULTI y PAN adquiridas por distintos satélites o por un mismo satélite en distinta fecha
MULTI y PAN adquiridas por un mismo satélite en la misma fecha

Procedimiento de trabajo: válido en todos los casos

Ortorectificar PAN → Ortorectificar y remuestrear MULTI respecto PAN → Fusionar

AL MISMO tiempo que se realiza la georreferenciación (u ortorectificación...) se REMUESTREA la imagen MULTI al tamaño de píxel de la PAN

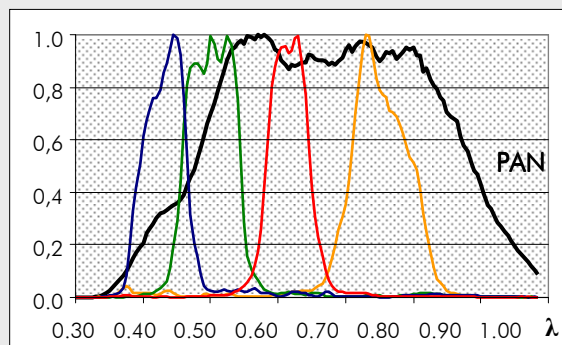
Requerimientos ESPECTRALES y RADIOMÉTRICOS previos a la fusión

Objetivo de la fusión → Incorporar a la imagen MULTI información de detalle de la PAN

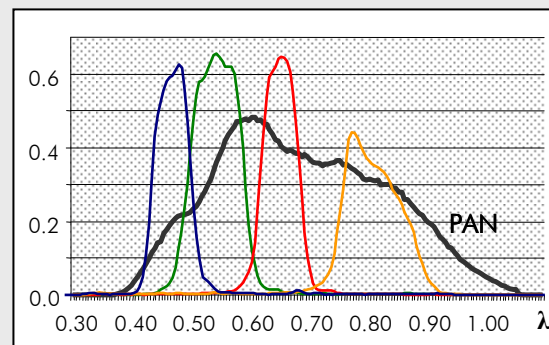
- × Directamente en cada banda de la imagen MULTI
- × Indirectamente a través de la componente I resultante de una transformación IHS
- × Indirectamente a través de la CP1 resultante del ACP aplicado a la imagen MULTI

Imagen PAN captada en un intervalo de λ distinto al de cada una de las bandas de la MULTI → **PROBLEMA**: Distorsión de la información espectral de la imagen MULTI

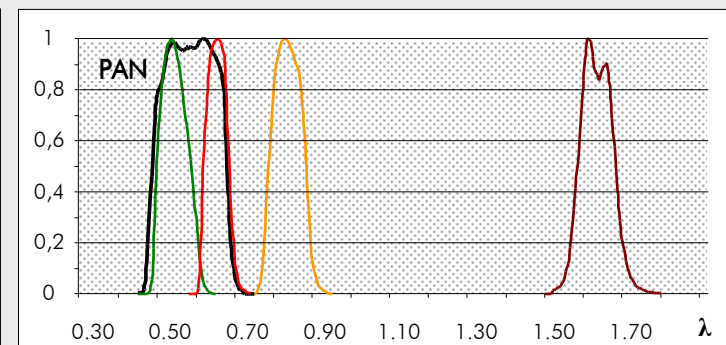
Posibles situaciones



Curvas de respuesta espectral MULTI y PAN de Ikonos



Curvas de respuesta espectral MULTI y PAN de QuickBird



Curvas de respuesta espectral MULTI y PAN de QuickBird

Fusión de imágenes empleando métodos basados en transformadas wavelet no decimadas

II Jornadas de Fusión

Introducción

Aspectos previos

Métodos de fusión

Wavelet Aditivo

Wavelet ACP

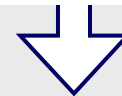
Requerimientos ESPECTRALES y RADIOMÉTRICOS previos a la fusión

Imagen PAN captada en un intervalo de λ distinto al de cada una de las bandas de la MULTI → **PROBLEMA**: Distorsión de la información espectral de la imagen MULTI

SOLUCIÓN: Igualar el histograma de la PAN al de cada una de las bandas de la MULTI

MATCH: igualando medias y desviaciones estándar **

MATCH: igualando frecuencias acumuladas



Sea X la imagen respecto a la cual se desea igualar el histograma de la imagen PAN:

$$\text{ND}_{\text{PAN}X} = a \cdot \text{ND}_{\text{PAN}} + b \quad \text{donde} \quad a = \frac{\sigma_X}{\sigma_{\text{PAN}}}, \quad b = \bar{X} - \left(\frac{\sigma_X}{\sigma_P} \cdot \overline{\text{PAN}} \right)$$

σ_X : desviación estándar de la imagen X

σ_{PAN} : desviación estándar de la imagen PAN

\bar{X} : ND medio de la imagen X

$\overline{\text{PAN}}$: ND medio de la imagen PAN

Fusión de imágenes empleando métodos basados en transformadas wavelet no decimadas

II Jornadas de Fusión

Introducción

Aspectos previos

Métodos de fusión

Wavelet Aditivo

Wavelet ACP

Requerimientos ESPECTRALES y RADIOMÉTRICOS previos a la fusión

¿Es preferible trabajar, de cara a la fusión, con ND o con valores de radiancia?

Con la mayoría de los algoritmos de fusión, se obtienen los mismos resultados trabajando con ND que con radiancias. (Más cómodo y menos costosos trabajar con ND)

Obligatorio trabajar con **valores de radiancia** cuando se aplican métodos que tienen en cuenta la información contenida en las **curvas de respuesta espectral de los sensores (SRF)**.

¿Cuándo aplicar la corrección atmosférica? ¿Antes o después de la fusión?

En general, se recomienda fusionar en primer lugar las imágenes MULTI y PAN. A continuación aplicar la corrección atmosférica. En caso de que sean correcciones en las que se han de tener en cuenta valores numéricos de las imágenes a corregir, tomar éstos de la imagen **MULTI original**.

¿Pueden aplicarse todos los métodos de fusión a imágenes de más de 8 bits?

Prácticamente todos los algoritmos de fusión de imágenes (excepto los basados en algunas transformaciones IHS) pueden aplicarse a imágenes de más de 8 bits, por lo que no es necesario comprimir la imagen desde el punto de vista radiométrico.

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 la 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

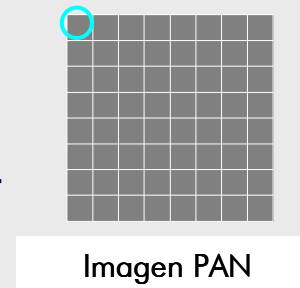
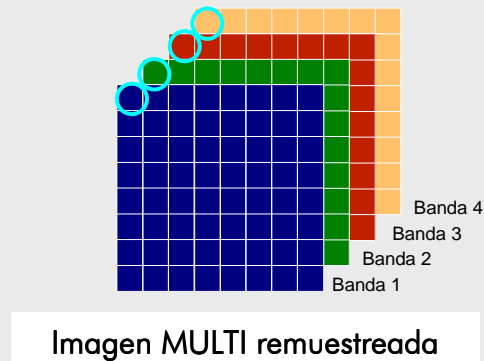
Empleando algoritmos de TWD decimados

Empleando algoritmos de TWD no decimados (redundantes)

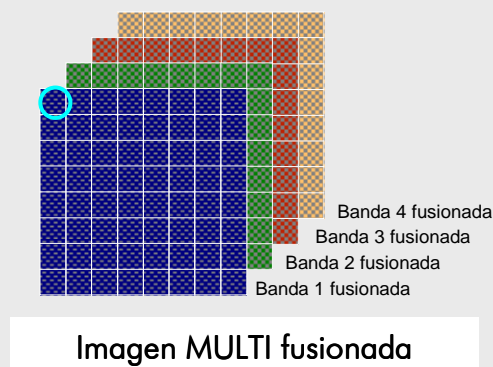
Se integra en la imagen MULTI únicamente información de detalle espacial de la PAN

MÉTODOS CLÁSICOS de fusión de imágenes MULTI y PAN

1.- Métodos basados en operaciones algebraicas, píxel a píxel



$$ND_{fus} = f(ND_{b1}, ND_{b2}, ND_{b3}, ND_{b4}, ND_{PAN})$$



Ejemplo operación algebraica

$$ND_{b1fus} = \frac{4 \cdot ND_{b1}}{(ND_{b1} + ND_{b2} + ND_{b3} + ND_{b4})} \cdot ND_{PAN}$$

Fusión de imágenes empleando métodos basados en transformadas wavelet no decimadas

II Jornadas de Fusión

Introducción

Aspectos previos

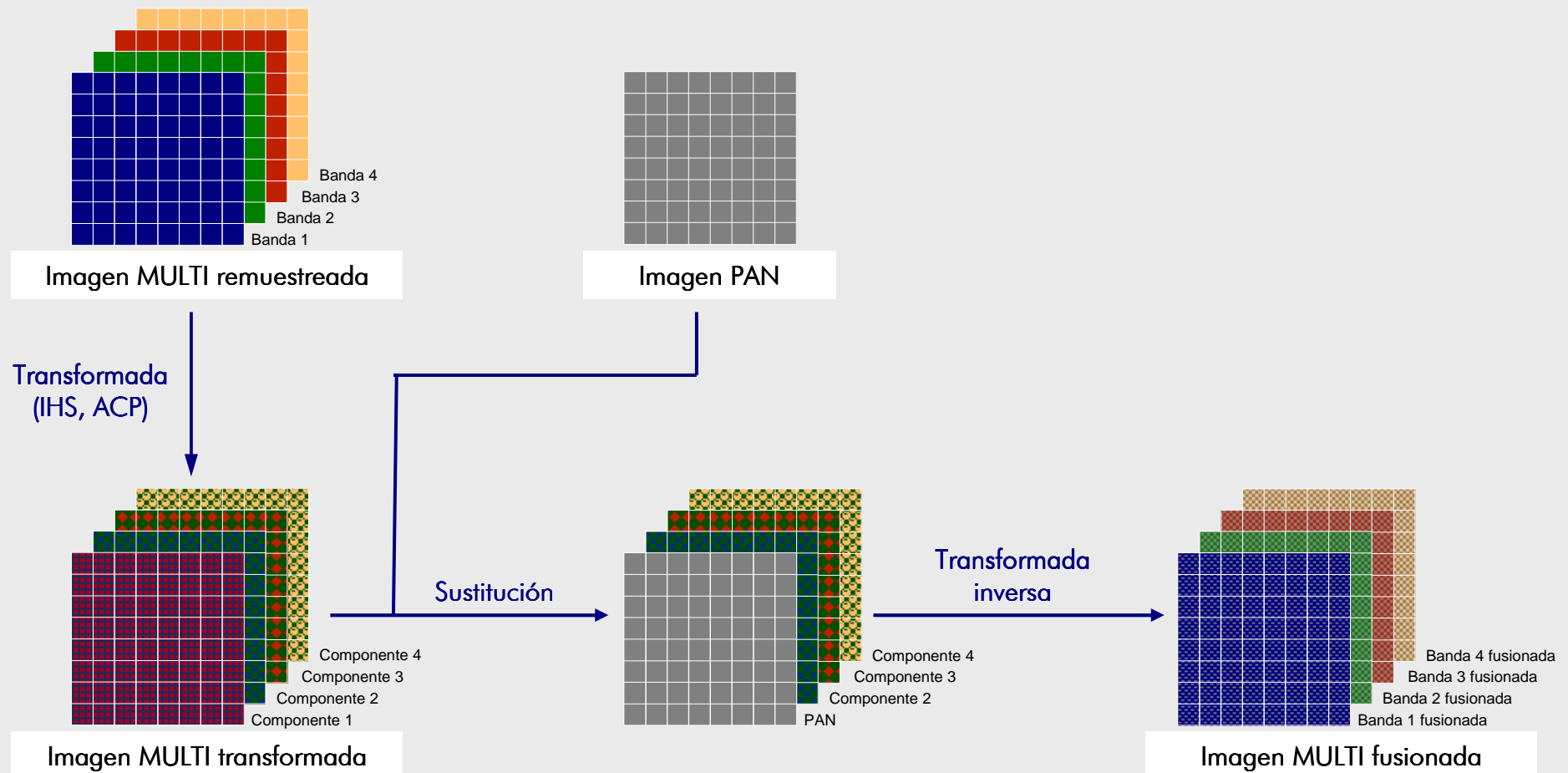
Métodos de fusión

Wavelet Aditivo

Wavelet ACP

MÉTODOS CLÁSICOS de fusión de imágenes MULTI y PAN

2.a.- Métodos basados en transformadas. Métodos de sustitución de componentes



Fusión de imágenes empleando métodos basados en transformadas wavelet no decimadas

II Jornadas de Fusión

Introducción

Aspectos previos

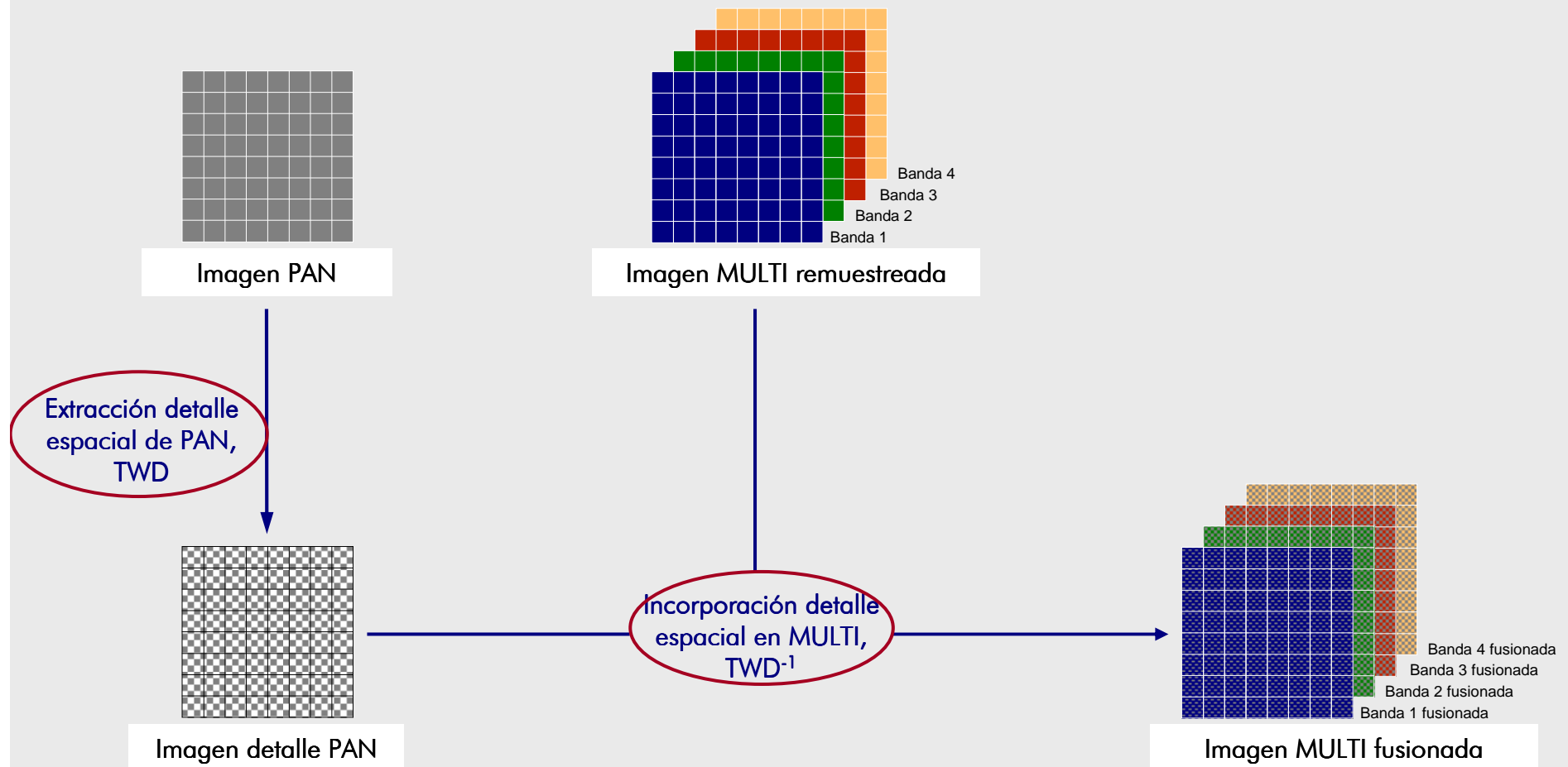
Métodos de fusión

Wavelet Aditivo

Wavelet ACP

MÉTODOS CLÁSICOS de fusión de imágenes MULTI y PAN

2.b.- Métodos basados en transformadas. Métodos basados en TWD



Fusión de imágenes empleando métodos basados en transformadas wavelet no decimadas

II Jornadas de Fusión

Introducción

Aspectos previos

Métodos de fusión

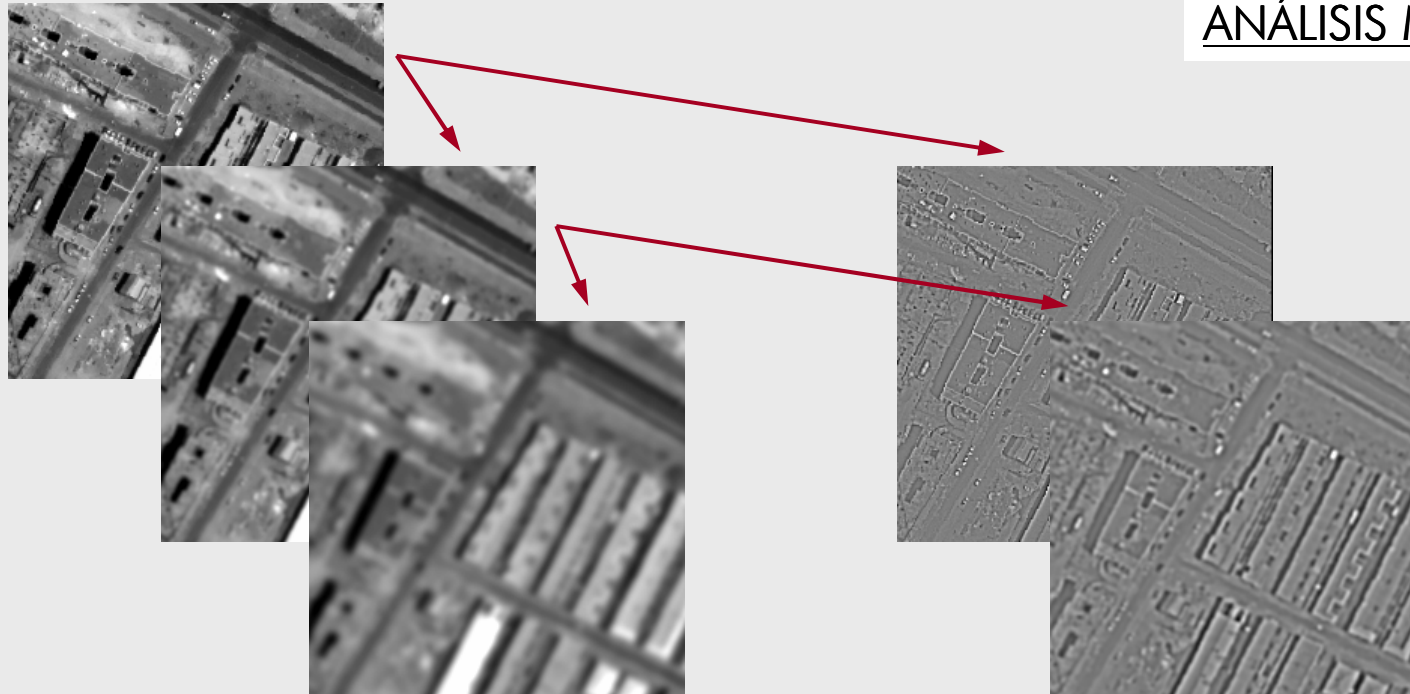
Wavelet Aditivo

Wavelet ACP

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

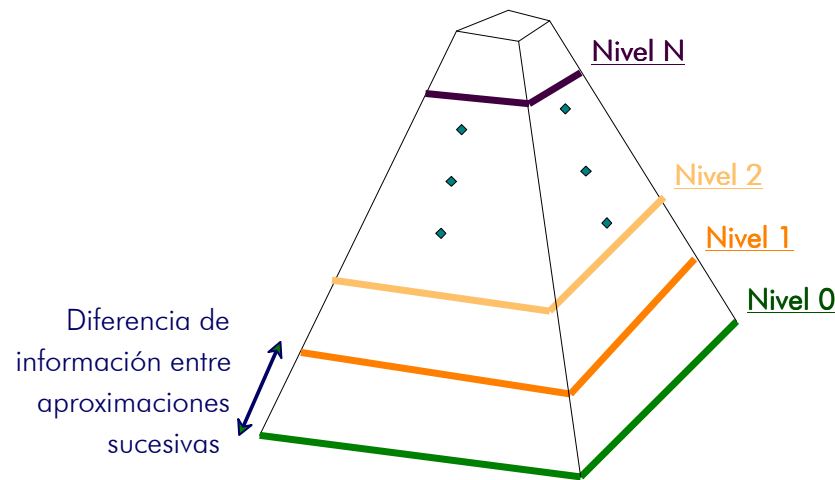
En una imagen, componentes de **baja frecuencia:** zonas o regiones de intensidades (ND) uniformes. Componentes de **alta frecuencia:** zonas de cambio brusco de intensidad, bordes → **Detalle Espacial**



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

[1] 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

Fusión de imágenes empleando métodos basados en transformadas wavelet no decimadas

II Jornadas de Fusión

Introducción

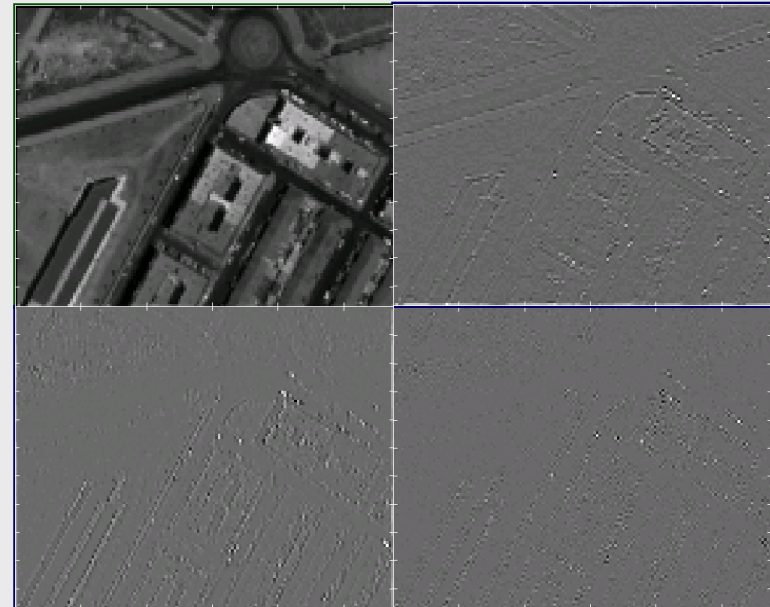
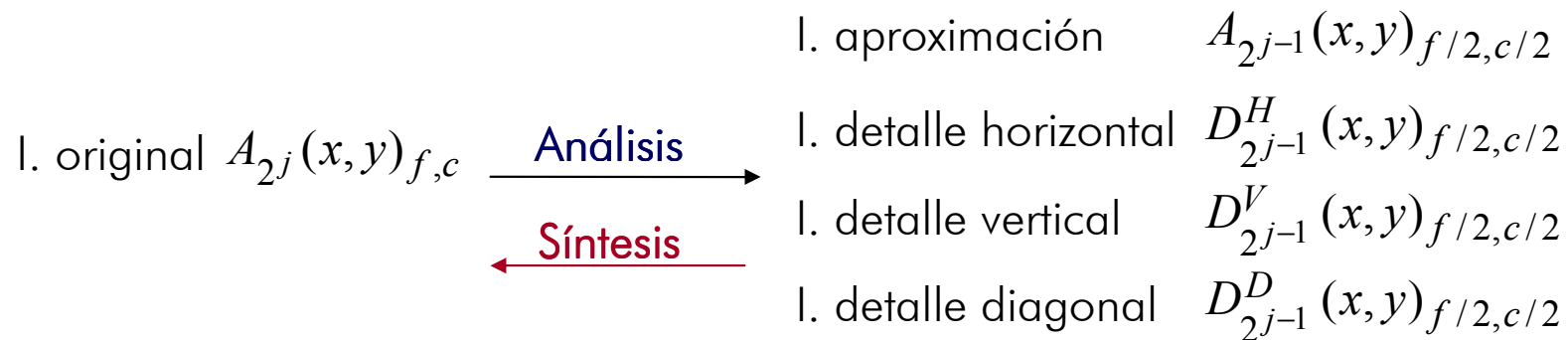
Aspectos previos

Métodos de fusión

Wavelet Aditivo

Wavelet ACP

Algoritmos TWD DECIMADOS. Algoritmo de Mallat



Fusión de imágenes empleando métodos basados en transformadas wavelet no decimadas

II Jornadas de Fusión

Introducción

Aspectos previos

Métodos de fusión

Wavelet Aditivo

Wavelet ACP

Algoritmos TWD DECIMADOS. Algoritmo de Mallat

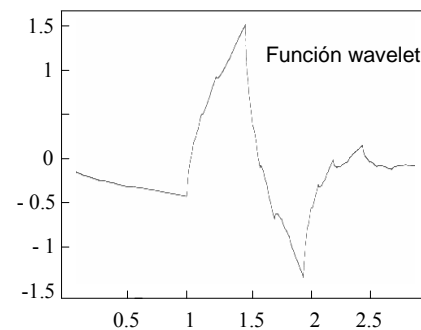
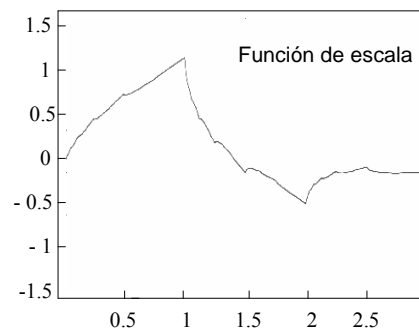
Implementación práctica del algoritmo de Mallat → utilizando FPA, FPB

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):

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

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

Fase de SÍNTESIS (Reconstrucción):

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

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

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

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

Fusión de imágenes empleando métodos basados en transformadas wavelet no decimadas

II Jornadas de Fusión

Introducción

Aspectos previos

Métodos de fusión

Wavelet Aditivo

Wavelet ACP

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

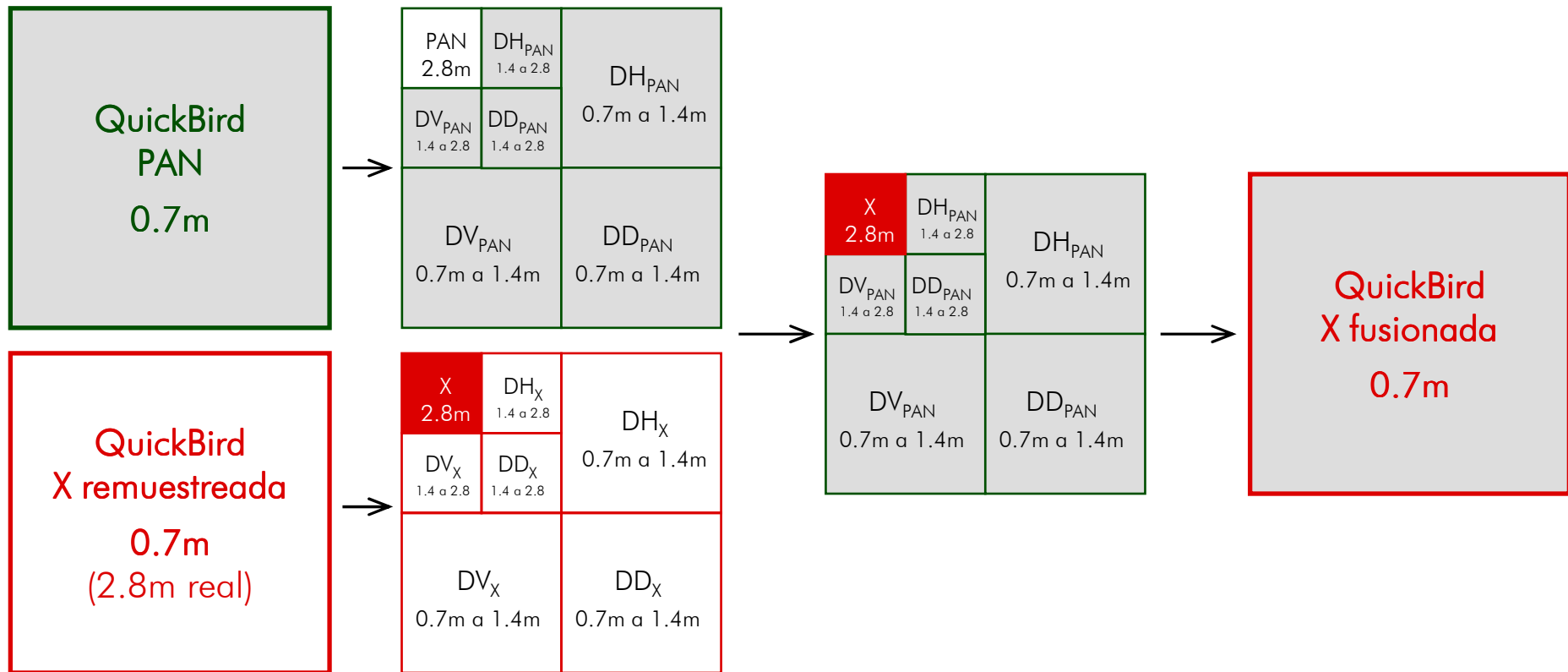
Reconstrucción $MULTI_{FUS_{0.7m}} \rightarrow MULTI_{2.8m}, (DH, DV, DD)_{PAN_{0.7m-1.4m}}, (DH, DV, DD)_{PAN_{1.4m-2.8m}}, (DH, DV, DD)_{MULTI_{0.7m-1.4m}}, (DH, DV, DD)_{MULTI_{1.4m-2.8m}}$

[4] T. Ranchina 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

Fusión de imágenes empleando métodos basados en transformadas wavelet no decimadas

Algoritmos TWD DECIMADOS. Algoritmo de Mallat

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



← Fase de Análisis. Descomposición

↔ Generación coeficientes

→ Fase de Síntesis. Reconstrucción →

Fusión de imágenes empleando métodos basados en transformadas wavelet no decimadas

II Jornadas de Fusión

Introducción

Aspectos previos

Métodos de fusión

Wavelet Aditivo

Wavelet ACP

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

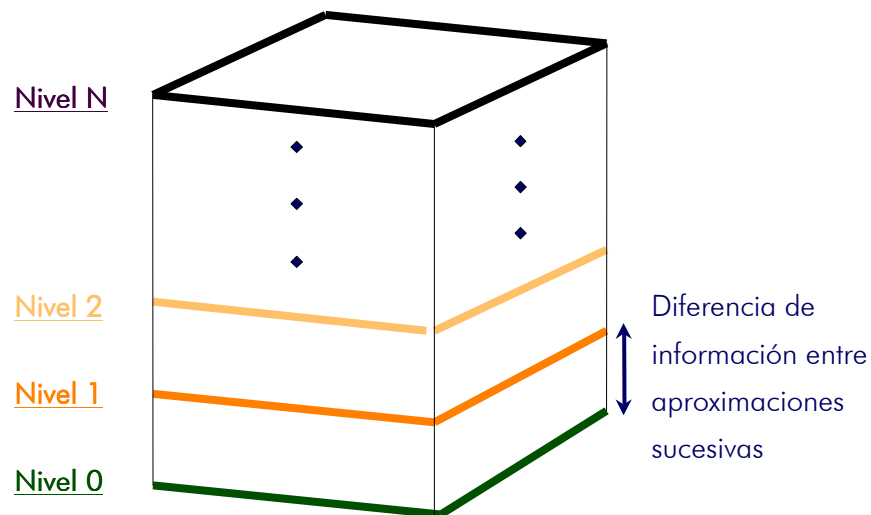


MULTI Fus AW, 0.7 m

[5] M. González-Audícana, X. Otazu, O. Fors and A. Seco, "Comparison between Mallat's and the átrous DWT based algorithms for the fusion of MULTI and PAN images", *Int. J. Remote Sensing*, vol.26(3), pp. 595-614, 2005

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**

Fusión de imágenes empleando métodos basados en transformadas wavelet no decimadas

II Jornadas de Fusión

Introducción

Aspectos previos

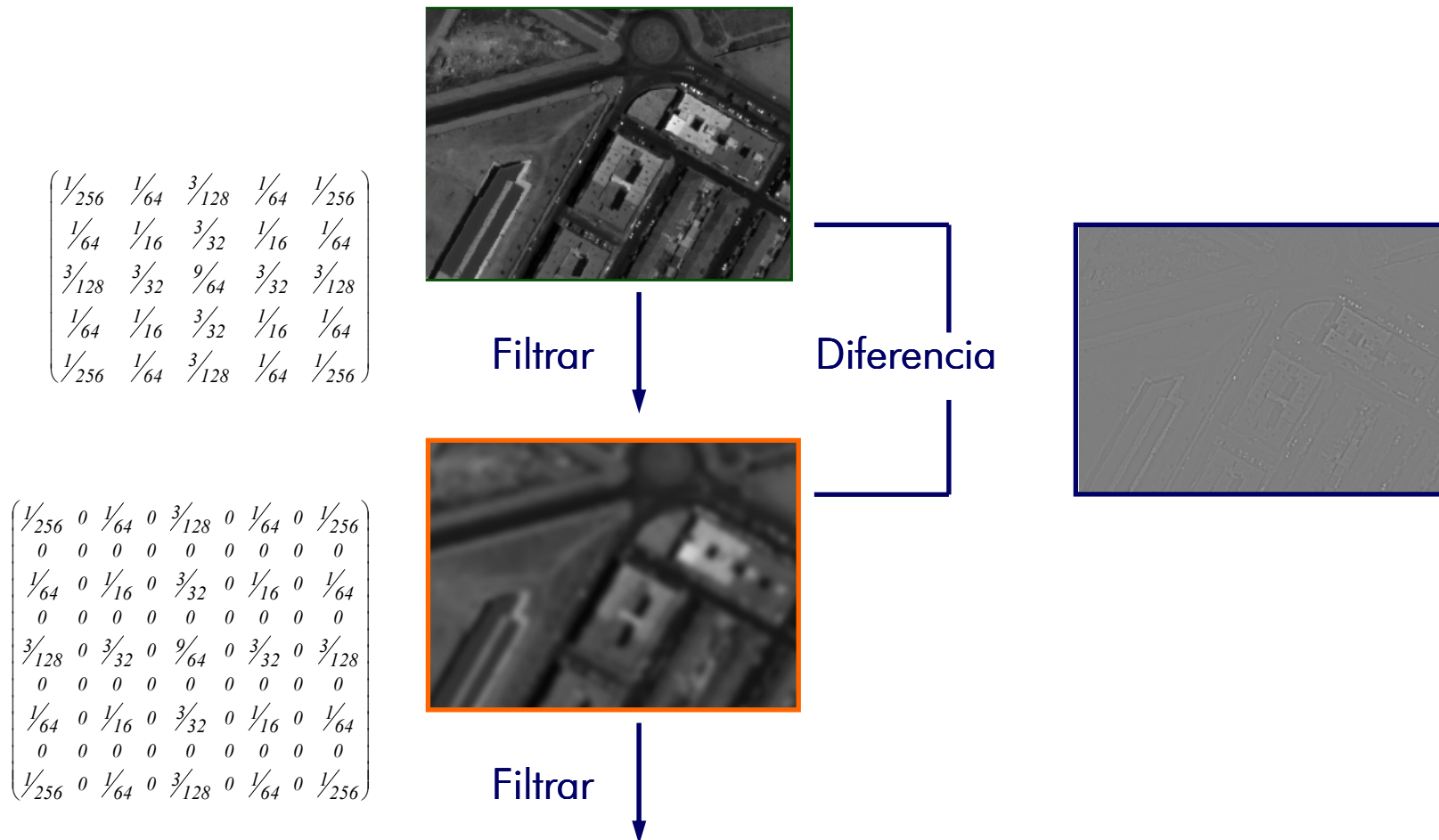
Métodos de fusión

Wavelet Aditivo

Wavelet ACP

Algoritmos TWD NO DECIMADOS. Algoritmo Á TROUS.

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



Fusión de imágenes empleando métodos basados en transformadas wavelet no decimadas

II Jornadas de Fusión

Introducción

Aspectos previos

Métodos de fusión

Wavelet Aditivo

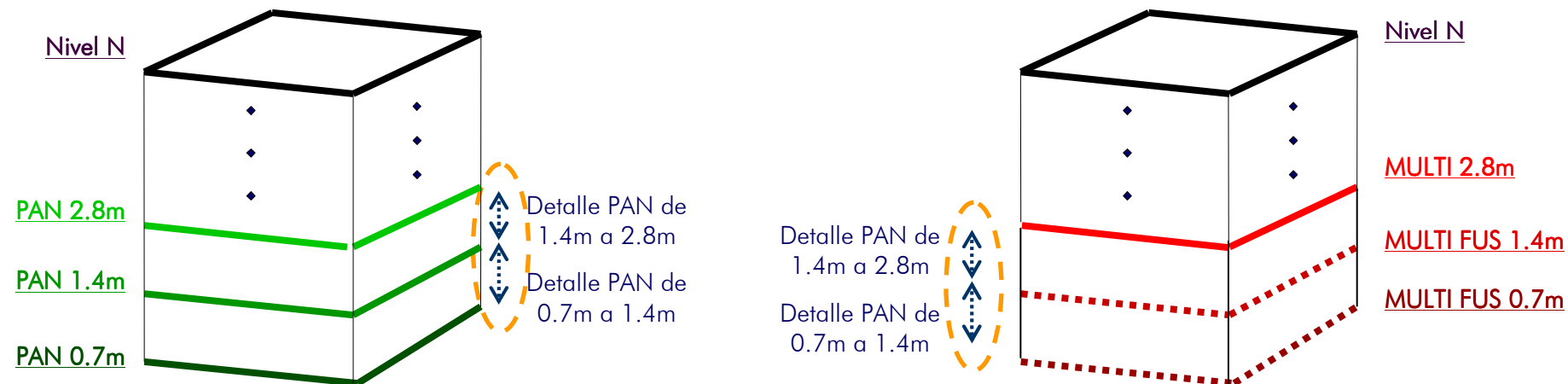
Wavelet ACP

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 $MULTI_{FUS_{0.7m}} \rightarrow MULTI_{2.8m}, D_{PAN_{0.7m-1.4m}}, D_{PAN_{1.4m-2.8m}}$

[6] J. Núñez, X. Otazu, O. Fors, 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

Fusión de imágenes empleando métodos basados en transformadas wavelet no decimadas

II Jornadas de Fusión

Introducción

Aspectos previos

Métodos de fusión

Wavelet Aditivo

Wavelet ACP

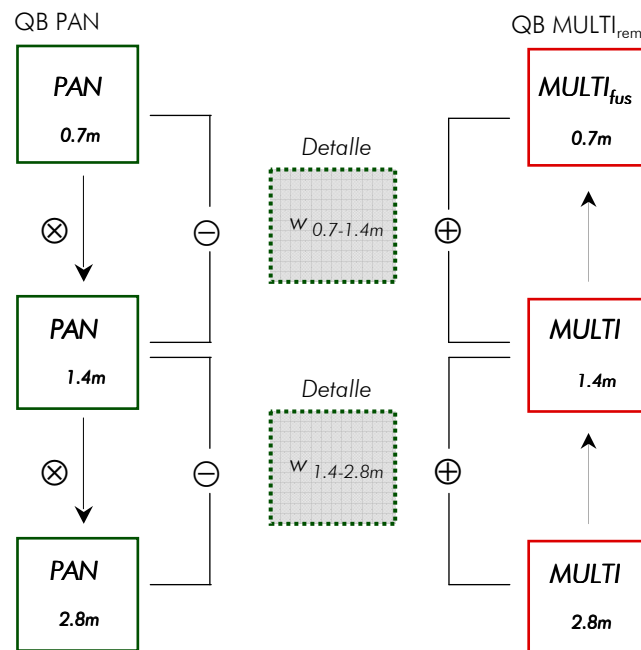
Algoritmos TWD NO DECIMADOS. Algoritmo Á TROUS.

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

Fusión imágenes QuickBird, **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

Fusión de imágenes empleando métodos basados en transformadas wavelet no decimadas

II Jornadas de Fusión

Introducción

Aspectos previos

Métodos de fusión

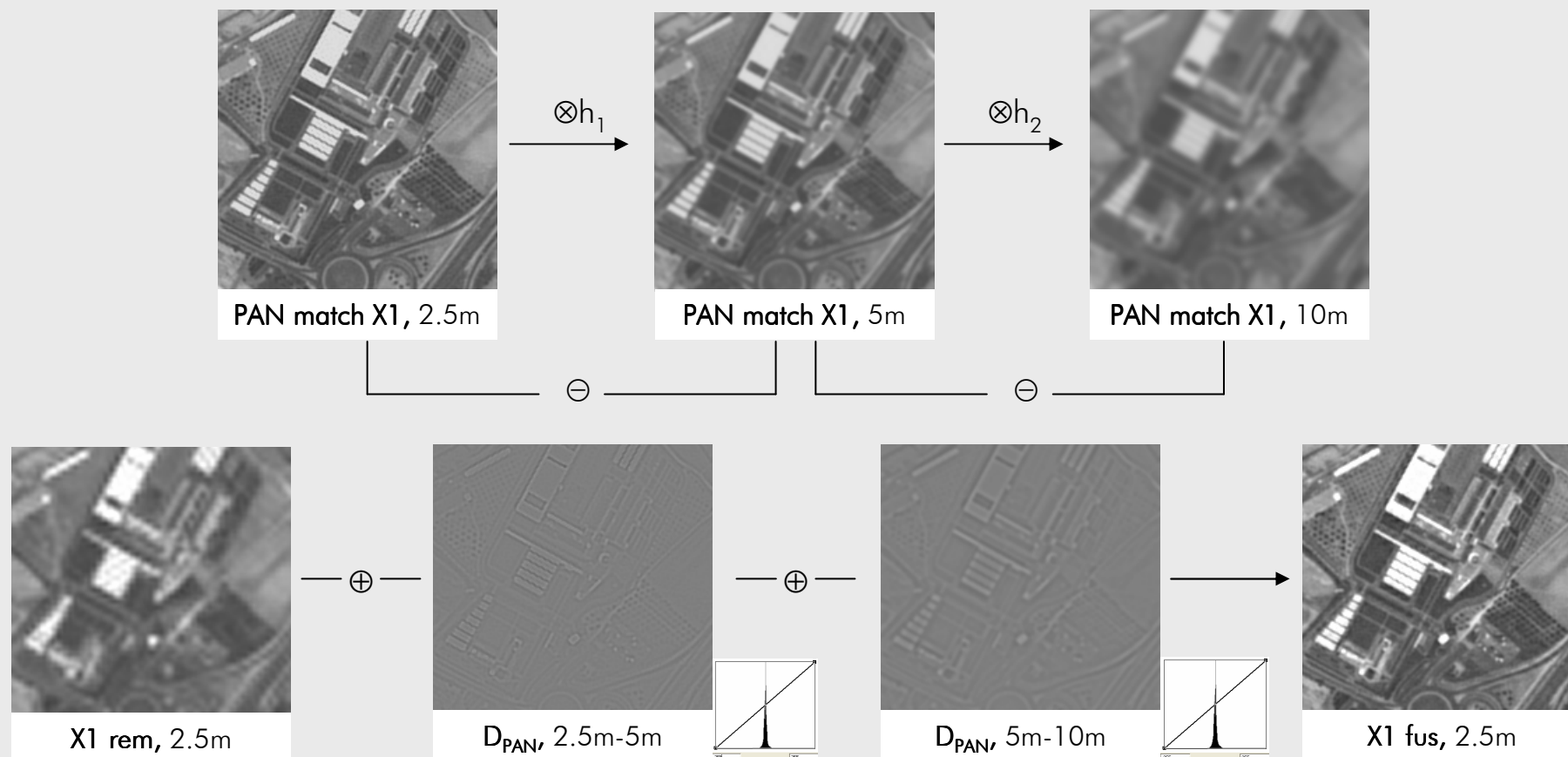
Wavelet Aditivo

Wavelet ACP

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



Fusión de imágenes empleando métodos basados en transformadas wavelet no decimadas

II Jornadas de Fusión

Introducción

Aspectos previos

Métodos de fusión

Wavelet Aditivo

Wavelet ACP

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.



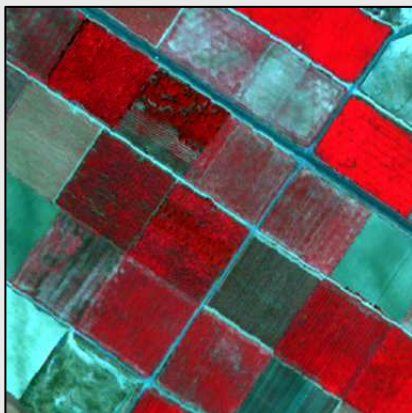
1. Perfectamente superponibles
2. Igual tamaño de píxel (remuestreo)

QuickBird Urbana.

PAN: 0.7m. Multi: 2.8m

Multi, remuestreada a 0.7m. Corregistrada.

Tamaño: 1024f x 1024c



QuickBird Agrícola.

PAN: 0.7m. Multi: 2.8m

Multi, remuestreada a 0.7m. Corregistrada.

Tamaño: 1024f x 1024c

Fusión de imágenes empleando métodos basados en transformadas wavelet no decimadas

II Jornadas de Fusión

Introducción

Aspectos previos

Métodos de fusión

Wavelet Aditivo

Wavelet ACP

Algoritmos TWD NO DECIMADOS. Algoritmo Á TROUS.

Método de fusión WAVELET ADITIVO (AW)

3. Igualar el histograma de la imagen PAN al de cada una de las bandas de la MULTI

3.1. Calcular las estadísticas de las bandas PAN y MULTI y obtener los parámetros a y b para cada caso

3.2. Generar las 4 nuevas imágenes PAN, igualando el histograma de ésta al de cada una de las bandas de la imagen MULTI

QB Urbana	PAN	X1	X2	X3	X4
Media	599.814	383.379	617.420	520.318	666.235
Desviación	182.815	80.374	169.699	181.493	182.978
a		0.4396	0.9283	0.9928	1.0010
b		119.7	60.6	-75.2	65.9

QB Agrícola	PAN	X1	X2	X3	X4
Media	475.037	256.418	388.692	276.713	700.648
Desviación	69.298	35.621	77.568	101.227	162.892
a		0.5140	1.1193	1.4607	2.3506
b		12.2	-143.0	-417.2	-416.0

$$\boxed{ND_{PANX} = a \cdot ND_{PAN} + b} \quad \text{donde} \quad a = \frac{\sigma_X}{\sigma_{PAN}}, \quad b = \bar{X} - \left(\frac{\sigma_X}{\sigma_P} \cdot \overline{PAN} \right)$$

Fusión de imágenes empleando métodos basados en transformadas wavelet no decimadas

II Jornadas de Fusión

Introducción

Aspectos previos

Métodos de fusión

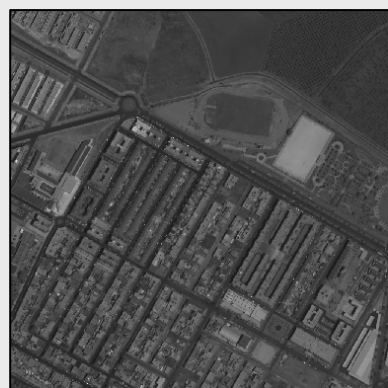
Wavelet Aditivo

Wavelet ACP

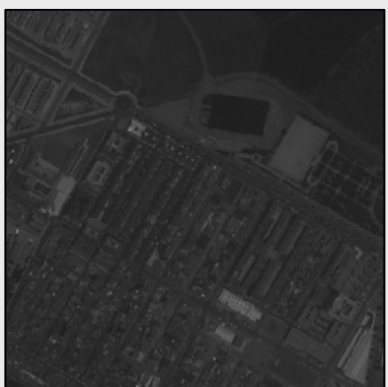
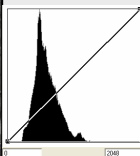
Algoritmos TWD NO DECIMADOS. Algoritmo Á TROUS.

Método de fusión WAVELET ADITIVO (AW)

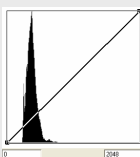
3. Igualar el histograma de la imagen PAN al de cada una de las bandas de la MULTI



PAN



X1



Formula Editor

Principal Components Ratios Standard Seismic

Description: Default Formula

Apply changes

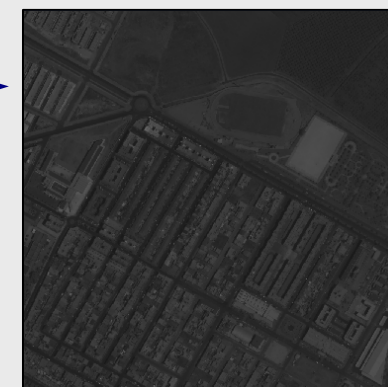
$(0.4396 * I) + 119.7$

Inputs Regions Datasets Variables

INPUT1: B1: PAN

$(0.4396 * B1: PAN) + 119.7$

Close File Edit Comments... Ps Help



PAN_{X1}



Fusión de imágenes empleando métodos basados en transformadas wavelet no decimadas

II Jornadas de Fusión

Introducción

Aspectos previos

Métodos de fusión

Wavelet Aditivo

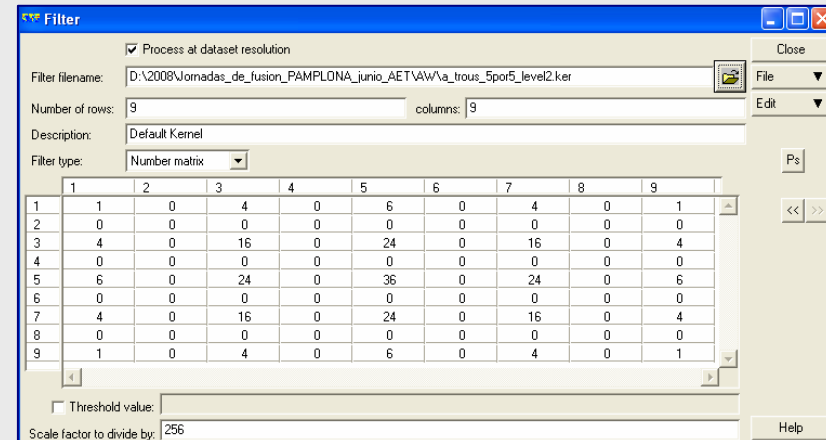
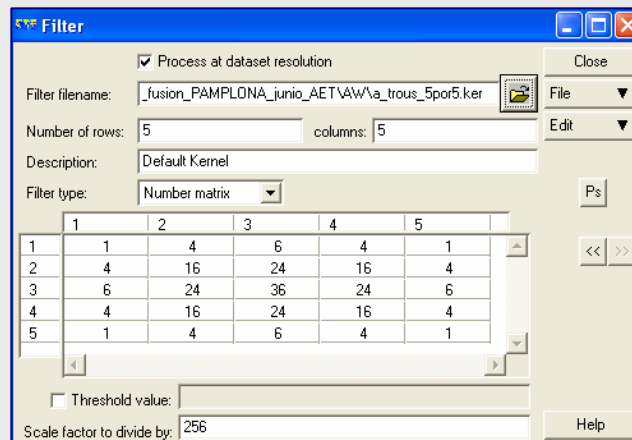
Wavelet ACP

Algoritmos TWD NO DECIMADOS. Algoritmo Á TROUS.

Método de fusión WAVELET ADITIVO (AW)

4. Extraer el detalle espacial de la imagen PAN_{x_i} que le falta a la imagen MULTI

4.1. Obtener las imágenes aproximación a 1.4m y 2.8m para cada PAN_{x_i} . Filtrar con filtro derivado de la Spline B_3



Fusión de imágenes empleando métodos basados en transformadas wavelet no decimadas

II Jornadas de Fusión

Introducción

Aspectos previos

Métodos de fusión

Wavelet Aditivo

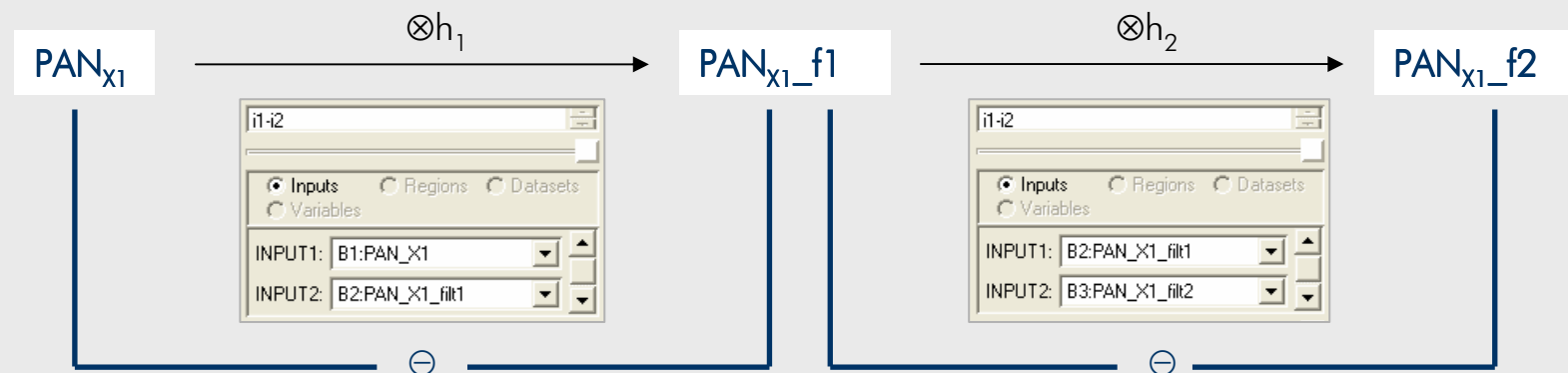
Wavelet ACP

Algoritmos TWD NO DECIMADOS. Algoritmo Á TROUS.

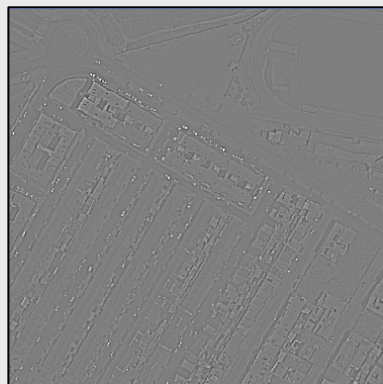
Método de fusión WAVELET ADITIVO (AW)

4. Extraer el detalle espacial de la imagen PAN_{x_i} que le falta a la imagen MULTI

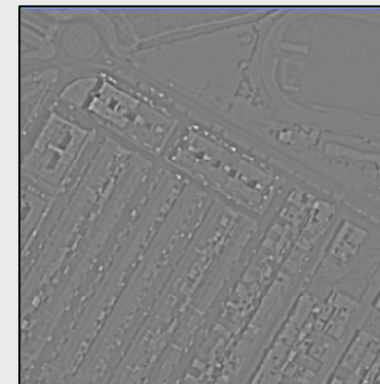
4.2. Obtener, para cada PAN_{x_i} , los dos primeros planos wavelet: imágenes que contienen el detalle espacial que se pierde al pasar de una resolución de 0.7m a 1.4m y de 1.4m a 2.8m. Restando dos imágenes aproximación sucesivas



det_{x₁} lev1
0.7m a 1.4m



det_{x₁} lev2
1.4m a 2.8m



Fusión de imágenes empleando métodos basados en transformadas wavelet no decimadas

II Jornadas de Fusión

Introducción

Aspectos previos

Métodos de fusión

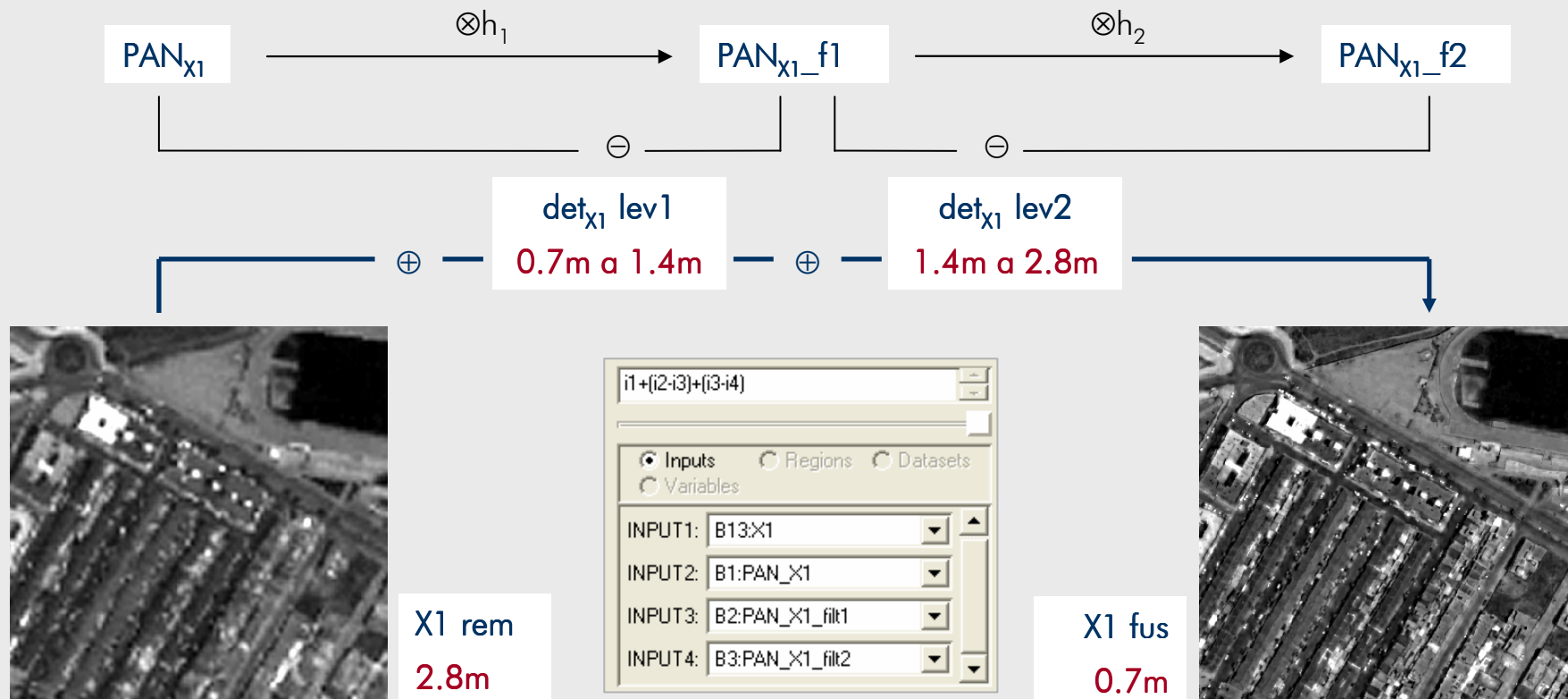
Wavelet Aditivo

Wavelet ACP

Algoritmos TWD NO DECIMADOS. Algoritmo Á TROUS.

Método de fusión WAVELET ADITIVO (AW)

5. Incorporar a cada banda $MULTI_i$ el detalle espacial de la imagen PAN_{X_i} que le falta a ésta
Sumar a cada banda de la imagen $MULTI$ remuestreada los dos primeros planos wavelet obtenidos de cada PAN_{X_i}



Fusión de imágenes empleando métodos basados en transformadas wavelet no decimadas

II Jornadas de Fusión

Introducción

Aspectos previos

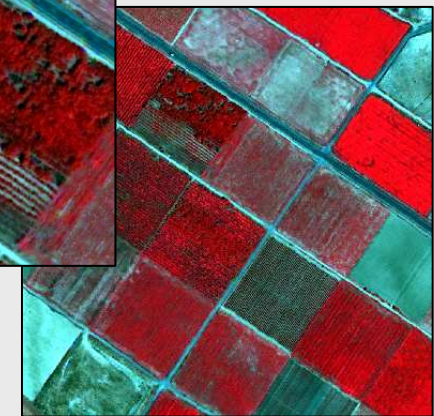
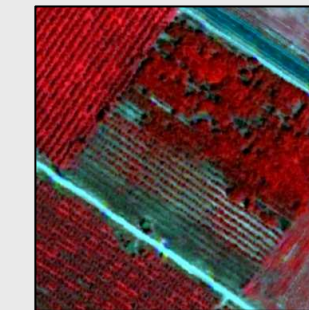
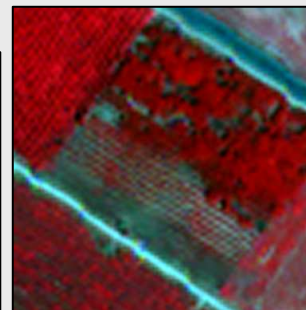
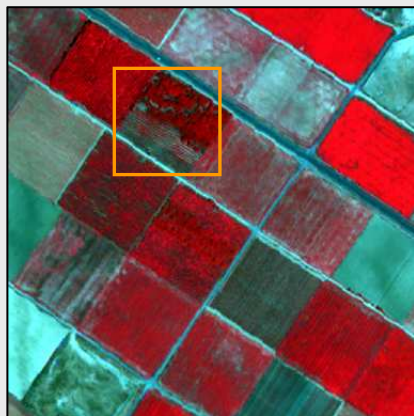
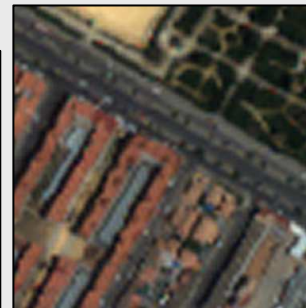
Métodos de fusión

Wavelet Aditivo

Wavelet ACP

Algoritmos TWD NO DECIMADOS. Algoritmo Á TROUS.

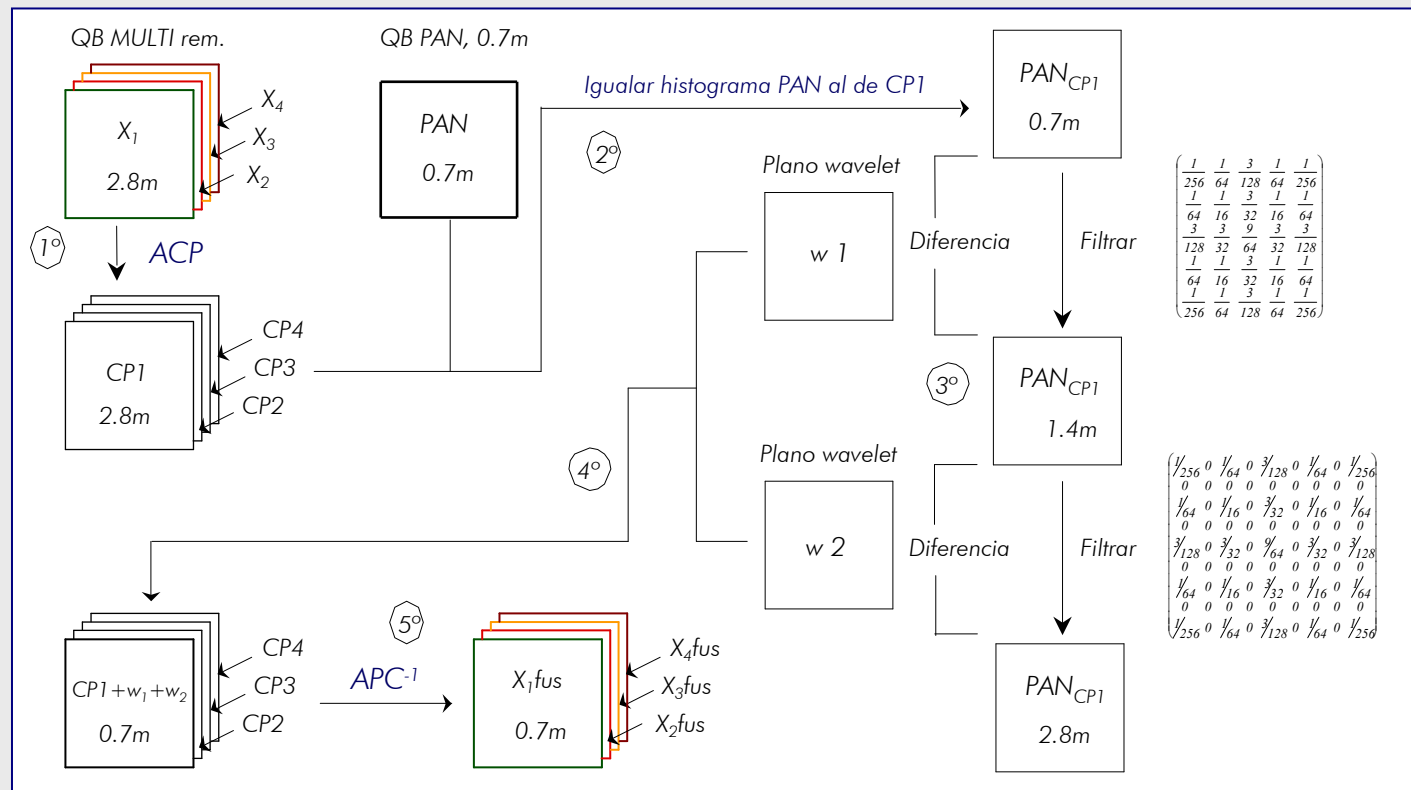
Método de fusión WAVELET ADITIVO (AW)



Fusión de imágenes empleando métodos basados en transformadas wavelet no decimadas

Algoritmos TWD NO DECIMADOS. Algoritmo Á TROUS.

Método de fusión WAVELET ADITIVO sobre la CP1 (AWPC)



[7] M. González-Audicana, J.L. Saleta, O.G. Catalán and R. García, "Fusion of multispectral and panchromatic images using improved IHS and PCA mergers", *IEEE Trans. Geos. Rem. Sensing*, vol.42(6), pp. 1291-1299, 2004

Fusión de imágenes empleando métodos basados en transformadas wavelet no decimadas

II Jornadas de Fusión

Introducción

Aspectos previos

Métodos de fusión

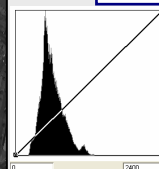
Wavelet Aditivo

Wavelet ACP

Algoritmos TWD NO DECIMADOS. Algoritmo Á TROUS.

Método de fusión WAVELET ADITIVO sobre la CP1 (AWPC)

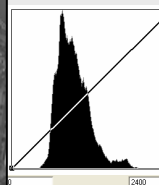
Incorporar el detalle de la imagen PAN a la imagen MULTI a través de la CP1 obtenida tras aplicar el ACP a la imagen MULTirem.



1. Perfectamente superponibles
2. Igual tamaño de píxel (remuestreo)

3. Obtener las CP de la imagen MULTI_{rem} (CP₁)

ACP



Similitud PAN-CP1

Cov. Eigenvectors	PC1
Band1	0.241
Band2	0.562
Band3	0.615
Band4	0.499

Formula Editor

Principal Components Ratios Standard Seismic

Description: Principal Component 1

Apply changes

SIGMA(1..I4|I? * PC_COV(,R1,J?,1))

Inputs Regions Datasets Variables

INPUT1: B2:X1

INPUT2: B3:X2

INPUT3: B4:X3

INPUT4: B5:X4

Fusión de imágenes empleando métodos basados en transformadas wavelet no decimadas

II Jornadas de Fusión

Introducción

Aspectos previos

Métodos de fusión

Wavelet Aditivo

Wavelet ACP

Algoritmos TWD NO DECIMADOS. Algoritmo Á TROUS.

Método de fusión WAVELET ADITIVO sobre la CP1 (AWPC)

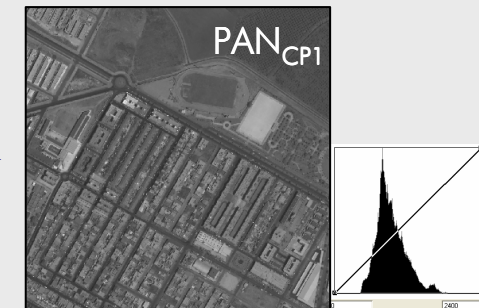
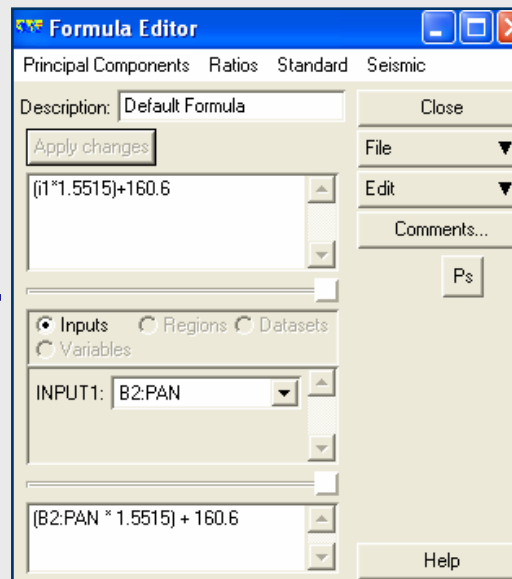
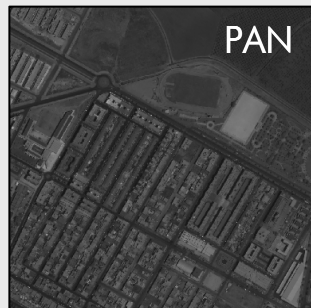
4. Igualar el histograma de la imagen PAN al de la CP₁ obtenida de la imagen MULTI_{rem}

$$ND_{PANCP_1} = a \cdot ND_{PAN} + b$$

$$\left. \begin{array}{l} \overline{CP_1} = 1091.153 \quad \sigma_{CP_1} = 283.632 \\ \overline{PAN} = 599.814 \quad \sigma_{PAN} = 182.815 \end{array} \right\}$$

donde $a = \frac{\sigma_{CP_1}}{\sigma_{PAN}}$, $b = \overline{CP_1} - \left(\frac{\sigma_{CP_1}}{\sigma_{PAN}} \cdot \overline{PAN} \right)$ →

$$\begin{array}{l} a = 1.5515 \\ b = 160.6 \end{array}$$



Fusión de imágenes empleando métodos basados en transformadas wavelet no decimadas

II Jornadas de Fusión

Introducción

Aspectos previos

Métodos de fusión

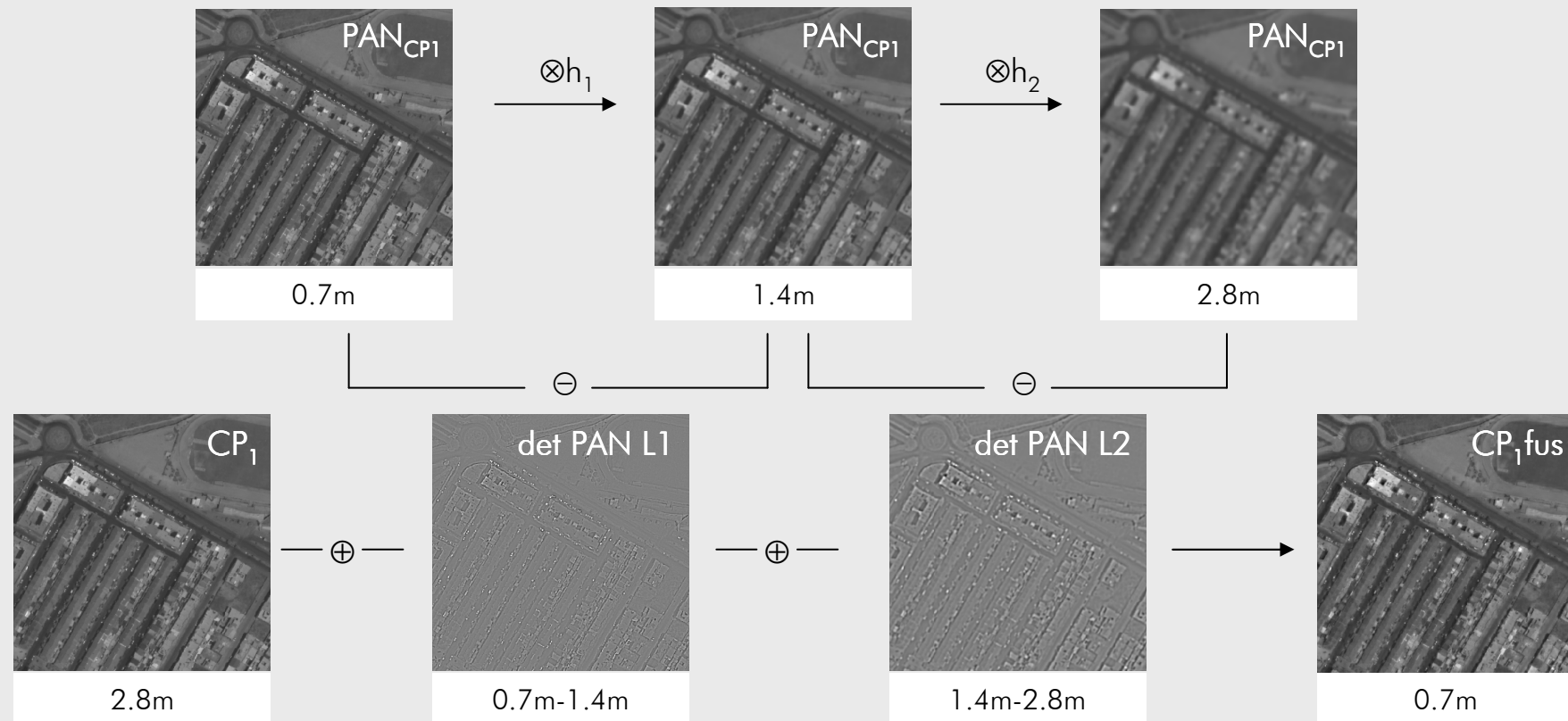
Wavelet Aditivo

Wavelet ACP

Algoritmos TWD NO DECIMADOS. Algoritmo Á TROUS.

Método de fusión WAVELET ADITIVO sobre la CP1 (AWPC)

5. Extraer el detalle espacial de la imagen PAN_{CP1} que le falta a la imagen MULTI
6. Inyectar el detalle espacial de la imagen PAN_{CP1} en la CP_1 de la imagen $MULTI_{rem}$



Fusión de imágenes empleando métodos basados en transformadas wavelet no decimadas

II Jornadas de Fusión

Introducción

Aspectos previos

Métodos de fusión

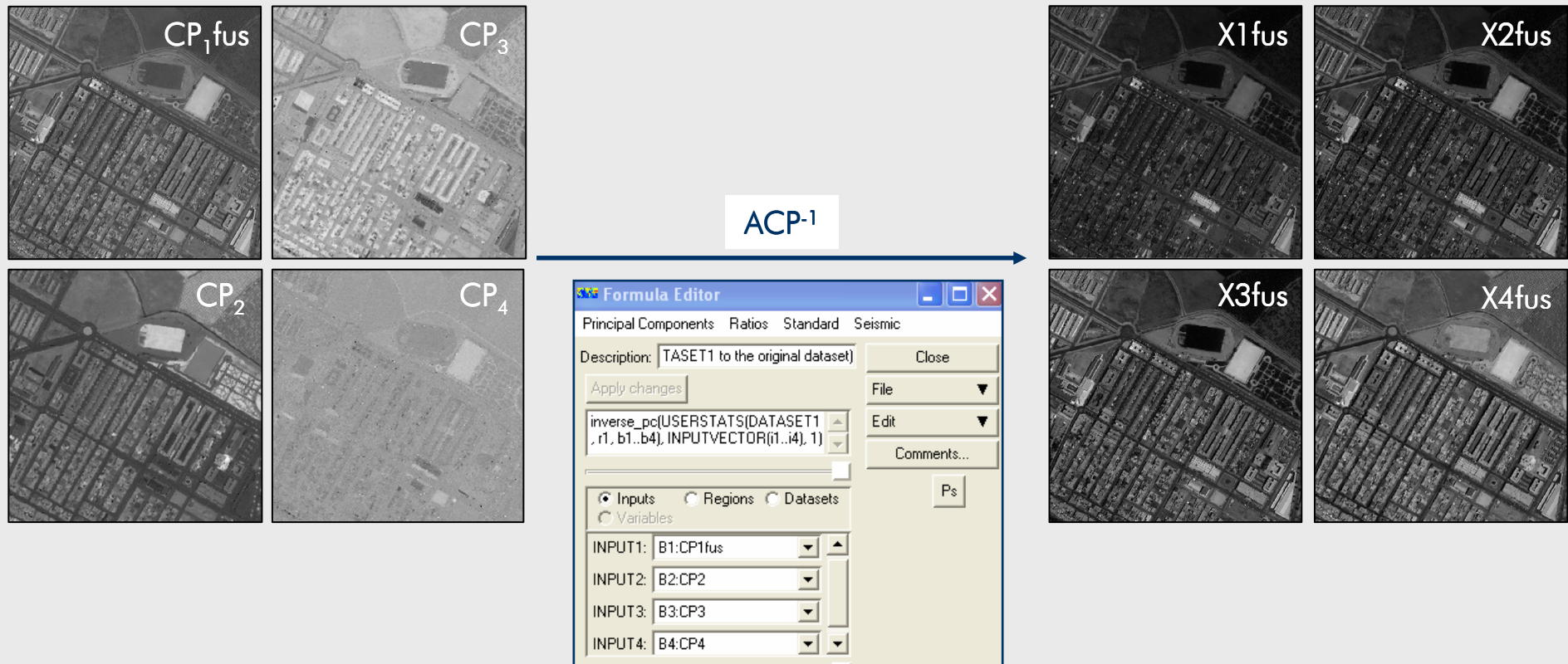
Wavelet Aditivo

Wavelet ACP

Algoritmos TWD NO DECIMADOS. Algoritmo Á TROUS.

Método de fusión WAVELET ADITIVO sobre la CP1 (AWPC)

7. Incorporar el detalle espacial de la imagen PAN que le falta a la imagen MULTI aplicando el ACP de forma inversa



Fusión de imágenes empleando métodos basados en transformadas wavelet no decimadas

II Jornadas de Fusión

Introducción

Aspectos previos

Métodos de fusión

Wavelet Aditivo

Wavelet ACP

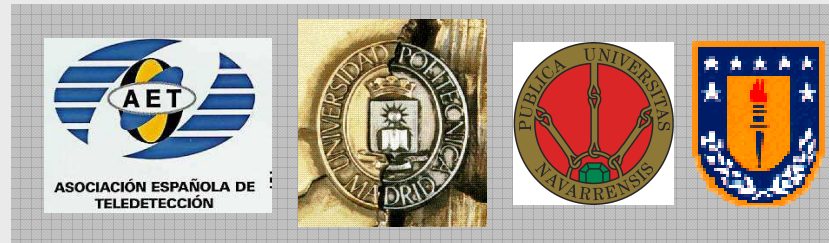
Algoritmos TWD NO DECIMADOS. Algoritmo Á TROUS.

Método de fusión WAVELET ADITIVO sobre la CP1 (AWPC)



Fusión de imágenes empleando métodos basados en transformadas wavelet no decimadas

Pamplona, junio 2008



¡ Gracias por su atención !

Segundas Jornadas de Fusión de Imágenes de Satélite by Laboratorio Distribuido de Fusión de Imágenes (LaDiFus) is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-No comercial-Sin obras derivadas 2.5 España License.

