

---

## **Especificación de requisitos de software**

**Proyecto:** Paquete de python para la fusión de imágenes satelitales sobre arquitecturas homogéneas (CPU) y heterogéneas (CPU/GPU) (satellite\_images\_fusion) utilizando las técnicas: Gram Schmidt, Modulación de altas frecuencias, Transformación High Pass Filter y Valor medio simple.



## Ficha del documento

Fecha	Revisión	Autor	Verificado
01/05/2022	1	Nelson Enrique Vera Parra Andrés Ovidio Restrepo Rodríguez	Rubén Javier Medina Daza

Documento validado por las partes en fecha:

Por la universidad
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Fundación Universitaria Internacional de la Rioja

## Contenido

<b><u>FICHA DEL DOCUMENTO</u></b>	<b>2</b>
<b><u>CONTENIDO</u></b>	<b>3</b>
<b><u>1 INTRODUCCIÓN</u></b>	<b>4</b>
<b><u>1.1 Propósito</u></b>	<b>4</b>
<b><u>1.2 Alcance</u></b>	<b>4</b>
<b><u>1.3 Personal involucrado</u></b>	<b>4</b>
<b><u>1.4 Definiciones, acrónimos y abreviaturas</u></b>	<b>5</b>
<b><u>1.5 Referencias</u></b>	<b>5</b>
<b><u>1.6 Resumen</u></b>	<b>5</b>
<b><u>2 DESCRIPCIÓN GENERAL</u></b>	<b>6</b>
<b><u>2.1 Perspectiva del producto</u></b>	<b>6</b>
<b><u>2.2 Funcionalidad del producto</u></b>	<b>6</b>
<b><u>2.3 Características de los usuarios</u></b>	<b>7</b>
<b><u>2.4 Restricciones</u></b>	<b>7</b>
<b><u>2.5 Suposiciones y dependencias</u></b>	<b>7</b>
<b><u>3 REQUISITOS ESPECÍFICOS</u></b>	<b>7</b>
<b><u>3.1 Requisitos comunes de las interfaces</u></b>	<b>11</b>
<b><u>3.1.1 Interfaces de usuario</u></b>	<b>12</b>
<b><u>3.1.2 Interfaces de hardware</u></b>	<b>12</b>
<b><u>3.1.3 Interfaces de software</u></b>	<b>12</b>
<b><u>3.2 Requerimientos funcionales</u></b>	<b>12</b>
<b><u>3.2.1 Requerimiento funcional 1</u></b>	<b>12</b>
<b><u>3.2.2 Requerimiento funcional 2</u></b>	<b>12</b>
<b><u>3.2.3 Requerimiento funcional 3</u></b>	<b>12</b>
<b><u>3.2.4 Requerimiento funcional 4</u></b>	<b>12</b>
<b><u>3.2.5 Requerimiento funcional 5</u></b>	<b>13</b>
<b><u>3.2.6 Requerimiento funcional 6</u></b>	<b>13</b>
<b><u>3.2.7 Requerimiento funcional 7</u></b>	<b>13</b>
<b><u>3.3 Requerimientos no funcionales</u></b>	<b>14</b>
<b><u>3.3.1 Requerimiento no funcional 1</u></b>	<b>14</b>
<b><u>3.3.2 Requerimiento no funcional 2</u></b>	<b>14</b>

# 1 Introducción

Este documento es una Especificación de Requisitos Software (ERS) para el software llamado "Paquete de python para la fusión de imágenes satelitales sobre arquitecturas homogéneas (CPU) y heterogéneas (CPU/GPU) (satellite\_images\_fusion)". Esta especificación se ha estructurado basándose en las directrices dadas por el estándar IEEE *Práctica Recomendada para Especificaciones de Requisitos Software* ANSI/IEEE 830, 1998.

## 1.1 Propósito

El presente documento tiene como propósito definir las especificaciones funcionales y no funcionales para el desarrollo de una librería para el lenguaje de programación Python, la cual permita realizar la fusión de imágenes satelitales mediante distintas técnicas, sobre arquitecturas homogéneas haciendo uso de la CPU y heterogéneas mediante CPU/GPU. Ésta será utilizada por estudiantes y profesores afines al área.

## 1.2 Alcance

Esta especificación de requisitos está dirigida a estudiantes e investigadores que ya hayan hecho uso de fusión satelital de imágenes, y deseen obtener resultados más rápido en sus estudios.

## 1.3 Personal involucrado

<b>Nombre</b>	Nelson Enrique Vera Parra
<b>Rol</b>	Analista, diseñador y programador
<b>Categoría Profesional</b>	Ingeniería
<b>Responsabilidad</b>	Análisis de información, diseño y programación
<b>Información de contacto</b>	neverap@udistrital.edu.co

<b>Nombre</b>	Rubén Javier Medina
<b>Rol</b>	Analista y diseñador
<b>Categoría Profesional</b>	Ingeniería
<b>Responsabilidad</b>	Análisis de información y diseño.
<b>Información de contacto</b>	rmedina@udistrital.edu.co

<b>Nombre</b>	Andrés Ovidio Restrepo Rodríguez
<b>Rol</b>	Analista, diseñador y programador
<b>Categoría Profesional</b>	Ingeniería
<b>Responsabilidad</b>	Análisis de información y diseño
<b>Información de contacto</b>	andres.restrepo@unir.net

## 1.4 Definiciones, acrónimos y abreviaturas

<b>Nombre</b>	<b>Descripción</b>
<b>Usuario</b>	Persona que usará el software para ingresar los datos e iniciar el análisis.
<b>Gestor de Fusión</b>	Actor encargado de realizar cada una de las subrutinas destinadas para llevar a cabo la fusión de imágenes
<b>Gestor de comparación</b>	Actor encargado de realizar cada una de las subrutinas destinadas para llevar a cabo la comparación de una técnica de fusión de imágenes.
<b>Gestor de medición</b>	Actor encargado de aplicar índices matemático-estadísticos a una imagen fusionada, en referencia a una imagen base.
<b>GS</b>	Gram-Schmidt
<b>HPF</b>	Filtro paso alto
<b>HFM</b>	Modulación de altas frecuencias
<b>MV</b>	Valor medio
<b>RGB</b>	Espacio de color: Rojo, Verde, Azul
<b>RF</b>	Requerimiento Funcional
<b>RNF</b>	Requerimiento No Funcional
<b>MUL</b>	Imagen multiespectral
<b>PAN</b>	Imagen pancromática

## 1.5 Referencias

<b>Título del Documento</b>	<b>Referencia</b>
Standard IEEE 830 - 1998	IEEE

## 1.6 Resumen

Este documento consta de tres secciones. En la primera sección se realiza una introducción al mismo y se proporciona una visión general de la especificación de recursos del sistema.

En la segunda sección del documento se realiza una descripción general del sistema, con el fin de conocer las principales funciones que éste debe realizar, los datos asociados y los factores, restricciones, supuestos y dependencias que afectan al desarrollo, sin entrar en excesivos detalles.

Por último, la tercera sección del documento es aquella en la que se definen detalladamente los requerimientos que debe satisfacer el sistema.

## 2 Descripción general

### 2.1 Perspectiva del producto

La fusión de imágenes satelitales es un proceso digital que permite reunir en una imagen procesada la riqueza espectral de una imagen multiespectral y la resolución espacial de una imagen pancromática. Para llevar esto a cabo se cuenta con algunos algoritmos definidos previamente como técnica de valor medio, filtro paso alto, Gram Schmidt y modulación de altas frecuencias, entre otras. A continuación, se da una breve descripción de estas técnicas.

#### **Gram Schmidt**

La imagen pancromática se combina con el resto de las bandas de menor resolución espacial mediante una transformación matemática de los datos originales. La transformación Gram-Schmidt es una técnica común en álgebra lineal y análisis multivariante; en este caso se aplica con objeto de ortogonalizar las bandas de una imagen digital. La ortogonalización de los datos elimina la información redundante que contienen, algo bastante acusado en las imágenes de satélite, especialmente en las bandas del espectro visible. En el caso de que exista una correlación perfecta entre las bandas de entrada, la ortogonalización Gram-Schmidt produciría una banda en la que todos los píxeles tendrían valor 0. En el caso más realista de que las correlaciones entre las bandas sean muy altas, el resultado será una imagen con valores muy bajos.

#### **Modulación de altas frecuencias**

Se trata de una variación de los denominados métodos de fusión en el dominio espacial, cuya idea es la de transferir las altas frecuencias de la imagen de alta resolución a la imagen de baja resolución. Como ya es sabido, las altas frecuencias contienen la información relativa a los detalles de una imagen y pueden extraerse mediante operaciones de filtrado o convolución. Básicamente, estos métodos consisten en la suma de las altas frecuencias de la imagen pancromática a cada banda de la imagen, la eficiencia de este filtro se basa en la existencia de una correlación radiométrica elevada entre los componentes de altas frecuencias de ambas imágenes. Un caso particular de los métodos espaciales es el llamado modulación de las altas frecuencias (HFM, High Frequency Modulation). Consiste en la multiplicación de cada banda de baja resolución (MS) por la imagen de alta resolución (Pan), se obtienen mejores resultados si el filtro paso-bajo se diseña de forma que se ajuste a la función de dispersión puntual (PSF, Point Spread Function) relativa entre ambas imágenes. La PSF es una función de ponderación sobre la señal electrónica que se produce a la salida de los detectores y que depende de factores ópticos, del movimiento de la imagen en su adquisición, del propio detector y de los componentes electrónicos que entran en juego durante el proceso.

#### **Transformación High Pass Filter - HPF**

Este método consiste en añadir la información espacial de la banda pancromática a la información multiespectral de menor resolución espacial aplicando un filtro de paso alto en combinación con una operación de álgebra de mapas. El funcionamiento del algoritmo, descrito en Leica-Geosystems (2006), consta de cinco pasos:

1. Calcular el parámetro R a partir del tamaño del píxel de la capa pancromática ( $t_{pan}$ ) y de la multiespectral.
2. Aplicar un filtro de paso alto a la imagen pancromática; el tamaño de la ventana de filtrado es proporcional a R. Todos los elementos de la ventana de filtrado toman el valor -1, con la excepción del valor central. Existen tres posibilidades para este valor; el menor de los tres es el que se utiliza por defecto y es el que se ha empleado en este trabajo.

3. Remuestrear la imagen multiespectral al tamaño del píxel de la resolución espacial de la imagen filtrada.
4. Sumar la imagen filtrada a las capas multiespectrales. Pero antes, la imagen filtrada se pondera en función de la desviación típica de la imagen multiespectral y el valor de R, a este factor de ponderación se le denomina W, donde  $\sigma_{mis}$  es la desviación típica de cada una de las bandas;  $\sigma_{pan}$  es la desviación típica de la imagen filtrada y M es un factor que determina la intensidad en la aplicación del filtro. Donde Pout es el píxel de salida de cada una de las bandas multiespectrales ya fusionadas; Pin es el píxel de entrada de cada una de las bandas multiespectrales originales y PHPF es el píxel de la imagen filtrada.
5. Expandir linealmente los niveles digitales (ND) de la imagen multiespectral fusionada; esta operación reescala la imagen resultante, de forma que la media y la desviación típica coincida con las de la imagen original.

#### **Valor medio simple**

El método de transformación de valor medio aplica el promedio de valor medio simple, a cada una de las combinaciones de banda de salida. Por ejemplo, la nueva banda fusionada será la suma de la banda original con la banda pancromática dividida en dos. Así sucesivamente según el número de bandas que conforme la imagen multiespectral.

Por otra parte, Una vez se ha aplicado alguno de los algoritmos de fusión, es necesario realizar una evaluación de la riqueza espectral y espacial de la imagen generada por los métodos de fusión expuestos anteriormente, es posible se utilizar algunos índices como mean square error (mse), root mean square error (rmse), Bias y el índice de correlación.

En este orden de ideas, al implementar los algoritmos de fusión de imágenes satelitales en forma serial, es decir, realizando su ejecución exclusivamente en CPU, se presentan tiempos elevados al utilizar imágenes de dimensiones superiores, es por esto que este proyecto busca realizar la implementación de las transformadas mencionadas anteriormente mediante procesamiento heterogéneo CPU/GPU con el fin de optimizar los tiempos de ejecución para este algoritmo. Así mismo, se tiene como objetivo proporcionar herramientas para la comparación en términos de tiempos de ejecución y evaluación de la calidad de la imagen obtenida.



## 2.2 Funcionalidad del producto



Ilustración 1. Diagrama de casos de uso del sistema

## 2.3 Características de los usuarios

<b>Usuario</b>	
<b>Formación</b>	Formación académica relacionada con fusión de imágenes satelitales, transformadas matemáticas, paralelización en GPU.
<b>Actividades</b>	Realizar la fusión de imágenes satelitales por medio de una imagen multiespectral y una pancromática.

## 2.4 Restricciones.

- Lenguajes y tecnologías en uso: Python.
- La librería debe tener un diseño e implementación sencilla.

## 2.5 Suposiciones y dependencias

- Se asume que los requisitos aquí descritos son estables.
- Los equipos en los que se vaya a ejecutar el sistema deben cumplir los requisitos antes indicados para garantizar una ejecución correcta de la misma.

### 3 Requisitos específicos

#### Requerimientos Funcionales

<b>Identificación del requerimiento:</b>	RF01
<b>Nombre del Requerimiento:</b>	Implementar el método GS para la fusión de imágenes en CPU y GPU
<b>Descripción del requerimiento:</b>	Se debe realizar la implementación del método GS con el propósito de realizar la fusión de imágenes satelitales a partir de una imagen multiespectral y pancromática. Dicha implementación se debe realizar tanto sobre una arquitectura serial (CPU) como una heterogénea (CPU/GPU)
<b>Características:</b>	N/A
<b>Requerimiento NO funcional:</b>	RNF02
<b>Prioridad del requerimiento:</b> Alta	

<b>Identificación del requerimiento:</b>	RF02
<b>Nombre del Requerimiento:</b>	Implementar el método MV para la fusión de imágenes en CPU y GPU
<b>Descripción del requerimiento:</b>	Se debe realizar la implementación del método MV con el propósito de realizar la fusión de imágenes satelitales a partir de una imagen multiespectral y pancromática. Dicha implementación se debe realizar tanto sobre una arquitectura serial (CPU) como una heterogénea (CPU/GPU).
<b>Características:</b>	N/A
<b>Requerimiento NO funcional:</b>	RNF02
<b>Prioridad del requerimiento:</b> Alta	

<b>Identificación del requerimiento:</b>	RF03
<b>Nombre del Requerimiento:</b>	Implementar el método HPF para la fusión de imágenes en CPU y GPU
<b>Descripción del requerimiento:</b>	Se debe realizar la implementación del método HPF con el propósito de realizar la fusión de imágenes satelitales a partir de una imagen multiespectral y pancromática. Dicha implementación se debe realizar tanto sobre una arquitectura serial (CPU) como una heterogénea (CPU/GPU)
<b>Características:</b>	N/A
<b>Requerimiento NO funcional:</b>	RNF02
<b>Prioridad del requerimiento:</b> Alta	

**Especificación de requisitos de software**

<b>Identificación del requerimiento:</b>	RF04
<b>Nombre del Requerimiento:</b>	Implementar el método HFM para la fusión de imágenes en CPU y GPU
<b>Descripción del requerimiento:</b>	Se debe realizar la implementación del método HFM con el propósito de realizar la fusión de imágenes satelitales a partir de una imagen multiespectral y pancromática. Dicha implementación se debe realizar tanto sobre una arquitectura serial (CPU) como una heterogénea (CPU/GPU).
<b>Características:</b>	N/A
<b>Requerimiento NO funcional:</b>	RNF02
<b>Prioridad del requerimiento:</b> Alta	

<b>Identificación del requerimiento:</b>	RF05
<b>Nombre del Requerimiento:</b>	Configurar parámetros de las técnicas de fusión
<b>Descripción del requerimiento:</b>	El usuario debe estar en la capacidad de modificar la configuración de parámetros de la transformada. Es decir, debe poder decidir la ruta donde almacenará la imagen resultante, el método de fusión, definir si desea realizar la fusión en CPU o GPU y definir si desea conservar la información geográfica en el resultado.
<b>Características:</b>	N/A
<b>Requerimiento NO funcional:</b>	N/A
<b>Prioridad del requerimiento:</b> Alta	

<b>Identificación del requerimiento:</b>	RF06
<b>Nombre del Requerimiento:</b>	Configurar parámetros de la comparación de índices
<b>Descripción del requerimiento:</b>	El usuario debe estar en la capacidad de ingresar tanto la imagen resultante como la imagen referencia y poder elegir cuál de los índices que va a utilizar para la comparación.
<b>Características:</b>	N/A
<b>Requerimiento NO funcional:</b>	N/A
<b>Prioridad del requerimiento:</b> Alta	

<b>Identificación del requerimiento:</b>	RF07
<b>Nombre del Requerimiento:</b>	Calcular índices matemático-estadísticos
<b>Descripción del requerimiento:</b>	El gestor de medición debe estar en la capacidad de realizar el cálculo de índices matemático-estadísticos, a partir de dos imágenes proporcionadas por el usuario.
<b>Características:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El tipo de medición puede ser Multiespectral con Multiespectral</li> <li>El tipo de medición puede ser Multiespectral con pancromática</li> </ul>

<b>Requerimiento NO funcional:</b>	RNF02
<b>Prioridad del requerimiento:</b> Alta	

### Requerimientos No Funcionales.

<b>Identificación del requerimiento:</b>	RNF01
<b>Nombre del Requerimiento:</b>	Acceso al público en general
<b>Descripción del requerimiento:</b>	Cualquier usuario podrá descargar y hacer uso de las distintas funciones consolidadas en esta librería. Siempre y cuando se trabaje sobre el lenguaje de programación de Python.
<b>Características:</b>	N/A
<b>Prioridad del requerimiento:</b> Alta	

<b>Identificación del requerimiento:</b>	RNF02
<b>Nombre del Requerimiento:</b>	Compatibilidad con otras librerías
<b>Descripción del requerimiento:</b>	Se debe permitir compatibilidad con librerías pertenecientes Python, las cuales permitan cargar, procesar y visualizar las distintas imágenes utilizadas y obtenidas al aplicar las distintas técnicas de fusión.
<b>Características:</b>	N/A
<b>Prioridad del requerimiento:</b> Alta	

## 3.1 Requisitos comunes de las interfaces

### 3.1.1 Interfaces de usuario

Una vez el usuario haya realizado la instalación de la librería, podrá utilizar cualquier editor de texto o entorno de desarrollo con Python, con el fin de realizar el importe de los módulos y su interacción con las diferentes funciones dispuestas.

### 3.1.2 Interfaces de hardware

Será necesario disponer de equipos de cómputo en perfecto estado para el servidor, con las siguientes características:

- Adaptadores de red.
- Procesador de mínimo 1.0GHz o superior con 4 núcleos.
- Tarjeta gráfica NVIDIA.

### 3.1.3 Interfaces de software

- Lenguaje de programación: Python.

## 3.2 Requerimientos funcionales

### 3.2.1 Requerimiento funcional 1

- **Implementar el método GS para la fusión de imágenes en CPU y GPU:** Se debe realizar la implementación del método GS con el propósito de realizar la fusión de imágenes satelitales a partir de una imagen multiespectral y pancromática. Dicha implementación se debe realizar tanto sobre una arquitectura serial (CPU) como una heterogénea (CPU/GPU).

### 3.2.2 Requerimiento funcional 2

- **Implementar el método MV para la fusión de imágenes en CPU y GPU:** Se debe realizar la implementación del método MV con el propósito de realizar la fusión de imágenes satelitales a partir de una imagen multiespectral y pancromática. Dicha implementación se debe realizar tanto sobre una arquitectura serial (CPU) como una heterogénea (CPU/GPU).

### 3.2.3 Requerimiento funcional 3

- **Implementar el método HPF para la fusión de imágenes en CPU y GPU:** Se debe realizar la implementación del método HPF con el propósito de realizar la fusión de imágenes satelitales a partir de una imagen multiespectral y pancromática. Dicha implementación se debe realizar tanto sobre una arquitectura serial (CPU) como una heterogénea (CPU/GPU).

### 3.2.4 Requerimiento funcional 4

- **Implementar el método HFM para la fusión de imágenes en CPU y GPU:** Se debe realizar la implementación del método HFM con el propósito de realizar la fusión de imágenes satelitales a partir de una imagen multiespectral y pancromática. Dicha implementación se debe realizar tanto sobre una arquitectura serial (CPU) como una heterogénea (CPU/GPU).

### 3.2.5 Requerimiento funcional 5

- **Configurar parámetros de las técnicas de fusión:** El usuario debe estar en la capacidad de modificar la configuración de parámetros de la transformada. Es decir, debe poder decidir la ruta donde almacenará la imagen resultante, el método de fusión, definir si desea realiza la fusión en CPU o GPU y definir si desea conservar la información geográfica en el resultado.

### 3.2.6 Requerimiento funcional 6

- **Configurar parámetros de la comparación de índices:** El gestor de fusión debe generar la imagen resultado para la técnica de fusión implementada.
  - ✓ Esta imagen será uno de los valores retornados por cada técnica

### 3.2.7 Requerimiento funcional 7

- **Calcular el tiempo para la técnica de fusión:** El usuario debe estar en la capacidad de ingresar tanto la imagen resultante como la imagen referencia y poder elegir cuál de los índices que va a utilizar para la comparación.
  - ✓ El tipo de medición puede ser Multiespectral con Multiespectral
  - ✓ El tipo de medición puede ser Multiespectral con pancromática

## 3.3 Requerimientos no funcionales

### 3.3.1 Requerimiento no funcional 1

- ✓ **Acceso al público en general:** Cualquier usuario podrá descargar y hacer uso de las distintas funciones consolidadas en esta librería. Siempre y cuando se trabaje sobre el lenguaje de programación de Python.

### 3.3.2 Requerimiento no funcional 2

- ✓ **Compatibilidad con otras librerías:** Se debe permitir compatibilidad con librerías pertenecientes Python, las cuales permitan cargar, procesar y visualizar las distintas imágenes utilizadas y obtenidas al aplicar las distintas técnicas de fusión.