

ANEXO D. MANUAL DE USUARIO

El algoritmo se ha desarrollado en la versión 7 de Matlab, por ende puede generar errores en versiones inferiores. Los archivos respectivos que hacen parte de la implementación se encuentran en el directorio *Archivos* del CD adjunto. Para su ejecución se debe copiar dicho directorio en una ubicación deseada por el usuario y establecerlo como directorio actual de trabajo en el escritorio de Matlab. A continuación se debe ejecutar el comando *algoritmo_wavelets* en el prompt.

D.1 ETAPA DE ANÁLISIS

La *Etapa de Análisis* del algoritmo permite aplicar la *transformada wavelet* sobre una imagen, seleccionando un nivel de descomposición y una *wavelet* determinados. Adicionalmente, permite la visualización de las subbandas resultantes luego de la transformación y la energía que aporta cada una, lo cual es de gran utilidad al momento de experimentalmente seleccionar una *wavelet* que mejor se adapte a las características de la imagen a comprimir. El presenta manual de usuario describe cada paso y cada funcionalidad del proceso de análisis previo a la *Etapa de Compresión*.

D.1.1 Cargar una Imagen

Este es el primer paso que se debe realizar para hacer uso del algoritmo, para ello se hace clic en el menú *Archivo*, en la opción *Cargar Imagen*.



Figura D 1. Menú para cargar imagen

A continuación la GUI (Interfaz gráfica de usuario) despliega un browser que permite buscar una imagen con formato TIF, TIFF o BMP, pues son estos formatos empleados para imágenes sin compresión.

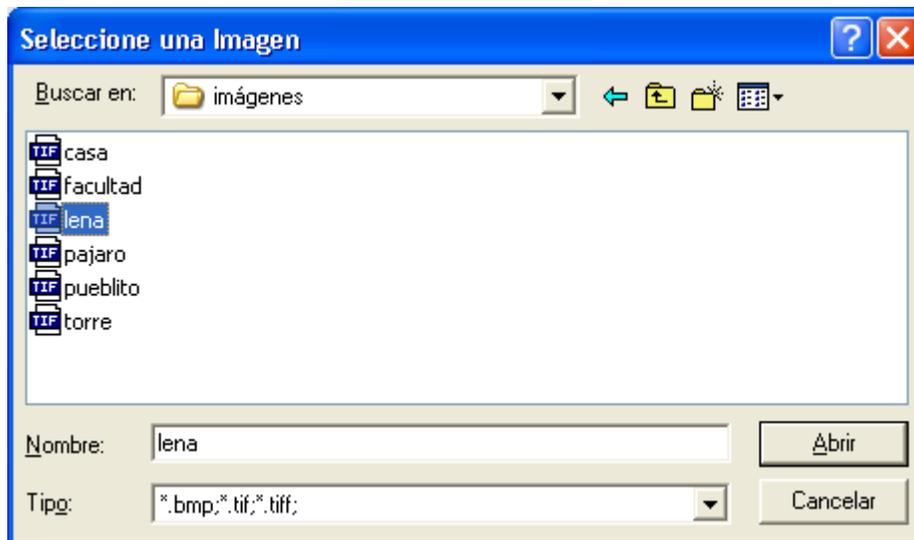


Figura D 2. Interfaz de selección de imagen

Al hacer clic en el botón *Abrir* el algoritmo verifica si la imagen es de tipo *grayscale* (en escala de grises) o *indexed* (indexada), pues éste ha sido diseñado para procesar imágenes con estas características, mas no imágenes *truecolor* (a color). Si se trata de una imagen de este último tipo, se despliega un mensaje de error reportando que la imagen no es adecuada para ser procesada por el algoritmo.



Figura D 3. Mensaje de imagen no permitida

Si la imagen seleccionada presenta las características requeridas por el algoritmo (formato y tipo), ésta se despliega en el área izquierda de la GUI junto con algunos datos de la misma, como el nombre y tamaño de archivo, en este momento, la imagen se habilita para ser analizada. Así por ejemplo, al cargar la imagen denominada *lena* con formato .TIF se visualiza:



Figura D 4. Imagen desplegada en la GUI

D.1.2 Selección de *wavelet*

La GUI proporciona un menú que despliega los nombres cortos o identificadores de las *wavelets* más conocidas, con las cuales se puede hacer el *análisis wavelet* de la imagen seleccionada. Las relaciones entre las *familias wavelets* y sus identificadores correspondientes se muestran en la siguiente figura.

<i>Familia wavelet</i>	Identificador
Daubechies	'db1' o 'haar', 'db2', ..., 'db10', ..., 'db45'
Coiflets	'coif1', ..., 'coif5'
Symlets	'sym2', ..., 'sym8', ..., 'sym45'
Meyer Discreta	'dmey'
Biorotogonal	'bior1.1', 'bior1.3', 'bior1.5' 'bior2.2', 'bior2.4', 'bior2.6', 'bior2.8' 'bior3.1', 'bior3.3', 'bior3.5', 'bior3.7' 'bior3.9', 'bior4.4', 'bior5.5', 'bior6.8'
Biorotogonal Inversa	'rbio1.1', 'rbio1.3', 'rbio1.5' 'rbio2.2', 'rbio2.4', 'rbio2.6', 'rbio2.8' 'rbio3.1', 'rbio3.3', 'rbio3.5', 'rbio3.7' 'rbio3.9', 'rbio4.4', 'rbio5.5', 'rbio6.8'

Figura D 5. Identificadores de *familias wavelets*

La *wavelet* seleccionada por defecto por la GUI es la *haar*



Figura D 6. Wavelet de análisis por defecto

Para elegir otra *wavelet* basta con hacer clic sobre el indicador de despliegue y seleccionar una de la lista.

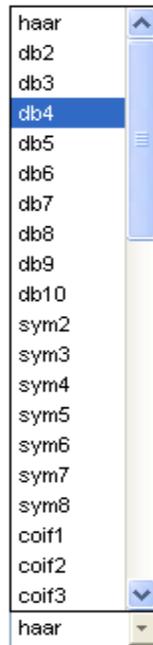


Figura D 7. Menú de selección de *wavelet*

D.1.3 Visualización de *wavelet*

El algoritmo ofrece la posibilidad de visualizar la *función wavelet* y *función escala* (si existe) asociadas a una *wavelet* seleccionada en el paso previo de Selección de Wavelet. Para ello simplemente se elige la opción *Wavelet* del menú *Ver* de la interfaz gráfica.



Figura D 8. Visualización de *wavelet*

Por ejemplo, para la *wavelet Haar* se despliega:

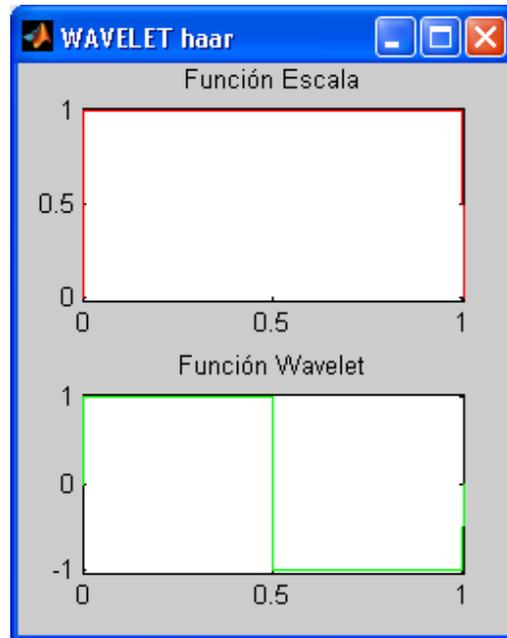


Figura D 9. Visualización de wavelet *Haar*

D.1.4 Visualización de filtros

Así mismo, el algoritmo ofrece la posibilidad de visualizar los cuatro filtros asociados a una *wavelet* seleccionada en el paso previo de Selección de *wavelet*, correspondientes a un filtro pasa alto y un filtro pasa bajo para el proceso de descomposición, y otro pasa alto y pasa bajo para el proceso de reconstrucción. Para ello simplemente se elige la opción *Filtros* del menú *Ver* de la interfaz gráfica.



Figura D 10. Visualización de filtros

Por ejemplo, para la *wavelet Haar* se representa sus filtros de la siguiente manera:

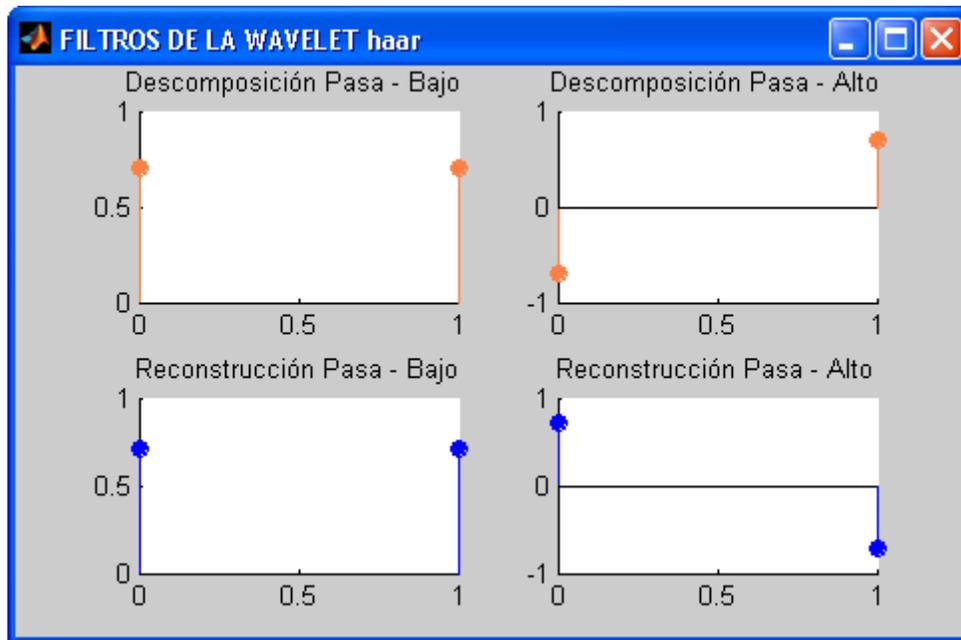


Figura D 11. Visualización de filtros de la *wavelet Haar*

D.1.5 Selección de nivel de descomposición

Previo al proceso de *descomposición wavelet* se debe seleccionar un nivel, el cual determina la cantidad de subbandas establecidas en el análisis de acuerdo a la relación $S = 3n + 1$, donde S es el número de subbandas y n el nivel. De las S subbandas resultantes, una es de aproximación (LLn) y las demás son de detalle. La selección del nivel se efectúa sobre el menú etiquetado como *Nivel*.



Figura D 12. Menú de selección de nivel

Nota: El valor máximo establecido para el nivel es cinco (5) buscando esencialmente facilidad en la representación gráfica de la descomposición subbanda.

D.1.6 Descomposición subbanda

Una vez cargada la imagen y seleccionados los parámetros referentes a la *wavelet* y el nivel de descomposición, para realizar el *análisis wavelet*, se da clic en el botón *Analizar*. Es en este paso donde se aplica la DWT sobre la imagen y se generan las subbandas, las cuales son desplegadas en el área derecha de la GUI. Así por ejemplo, analizando la imagen *lena.tif* con la *wavelet Haar* y nivel 2, se visualiza:



Figura D 13. Análisis de nivel 2

D.1.7 Medida de la energía de las subbandas

Cuando se despliega la descomposición subbanda de la imagen, puede seleccionarse una subbanda específica haciendo clic sobre ella, con lo cual se produce el efecto de selección mostrado a continuación:

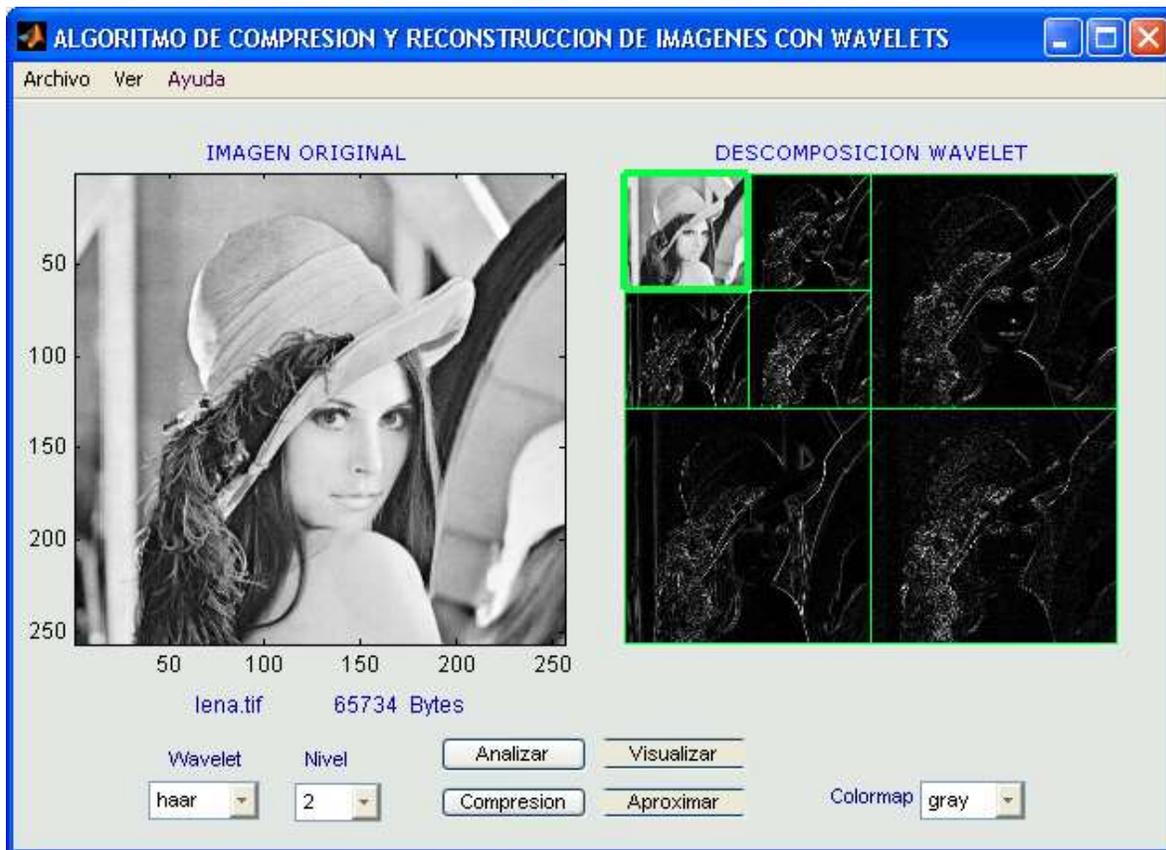


Figura D 14. Selección de una subbanda

Posteriormente, al presionar el botón *Visualizar* se obtiene una representación ampliada de la subbanda seleccionada y además, se obtiene una medida de la energía que aporta la misma a la imagen transformada (entendida como la imagen conformada por la totalidad de las subbandas).

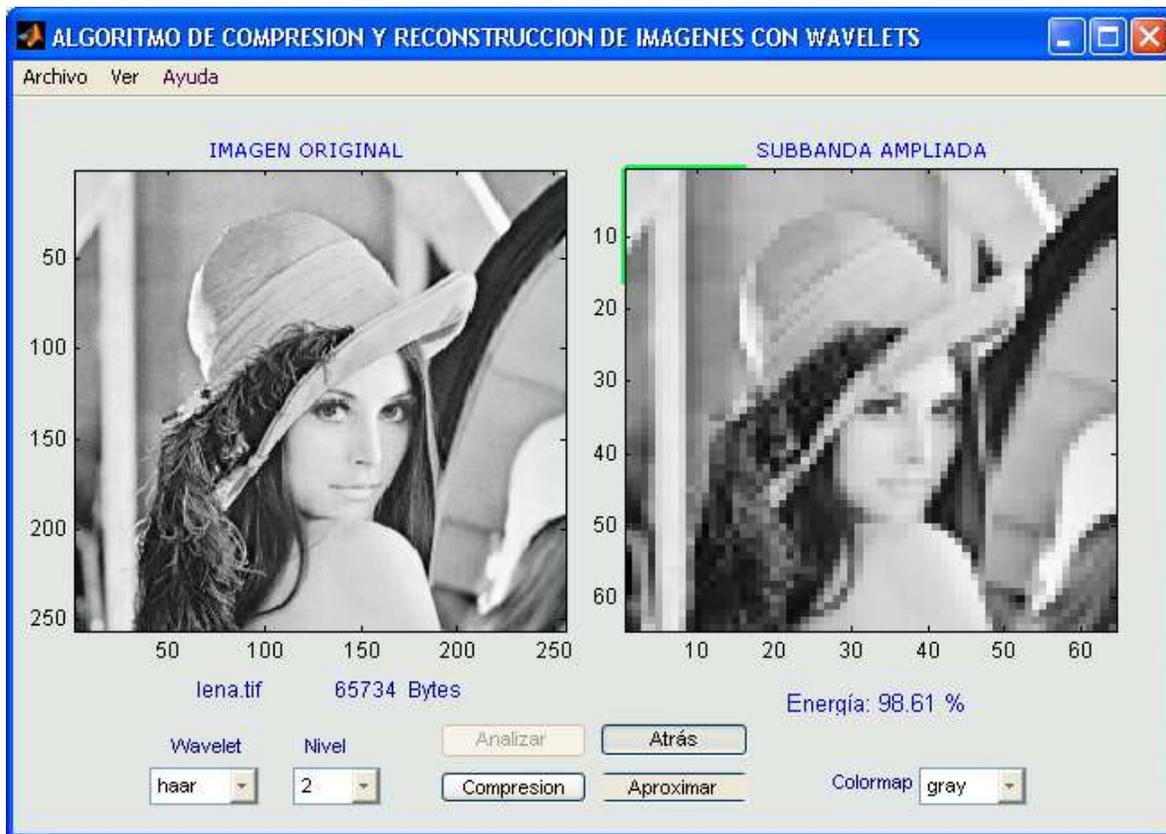


Figura D 15. Medida de la energía de una subbanda

Para regresar a la representación de la descomposición subbanda simplemente se presiona el botón *Atrás*.

D.1.8 Reconstrucción de Imagen

Una vez es desplegada la descomposición subbanda (ver *Descomposición subbanda*) de la imagen, puede seleccionarse una subbanda específica haciendo clic sobre ella y a partir de ésta generar una imagen reconstruida (imagen resultante luego de aplicar la IDWT) descartando las otras subbandas, para ello se presiona el botón *Aproximar* tal como se muestra en la siguiente figura.

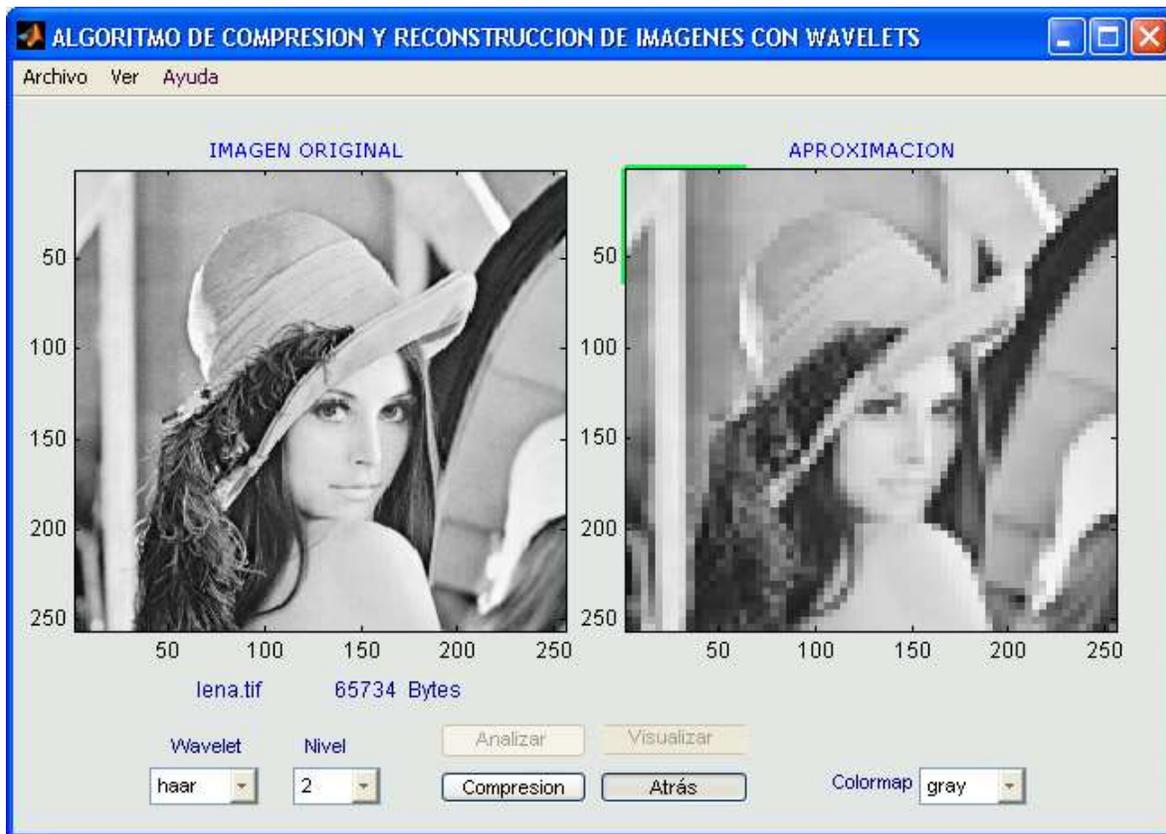


Figura D 16. Despliegue de imagen aproximada

Esta funcionalidad previamente a la etapa de compresión es de gran utilidad, pues permite por ejemplo comparar con diferentes *wavelets* las características apreciables visualmente de la imagen reconstruida eliminando la totalidad de los detalles, en otras palabras, considerando únicamente la subbanda LL.

Para regresar a la representación de la descomposición subbanda se presiona el botón *Atrás*.

D.1.9 Etapa de compresión

Al presionar el botón *Compresión*, se despliega otra interfaz gráfica en la cual se configura los distintos parámetros para realizar el proceso de compresión como tal. Algunos de los datos propios de la etapa de análisis tales como la estructura de *descomposición wavelet* (*coeficientes wavelet*), el nivel y el nombre de la *wavelet* empleada además de datos de la imagen original son por defecto cargados en la etapa de compresión.

D.1.10 Colormap

El menú etiquetado como *Colormap* presenta una lista de algunos de los mapas de colores que Matlab ofrece para representar imágenes.



Figura D 17. Menú de selección de *colormap*

Esta funcionalidad resulta importante especialmente cuando se requiere una visualización más clara de las subbandas de detalle, cuyas características en escala de grises pueden no ser tan apreciables. Así por ejemplo, en la imagen mostrada a continuación, empleando un mapa de colores *pink* se logra una mejor representación subjetiva de la descomposición subbanda comparativamente con la representación en escala de grises (ver imagen en la sección *Descomposición subbanda*).

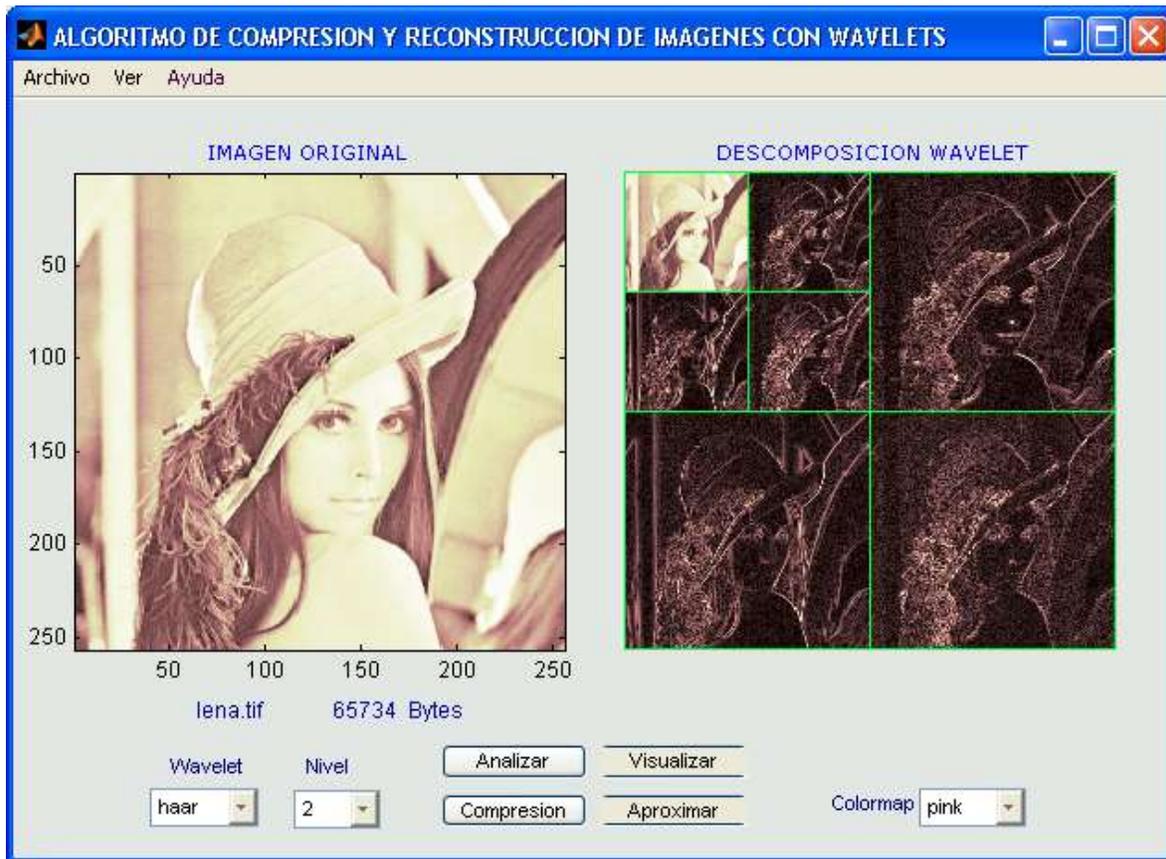


Figura D 18. Visualización con *colormap pink*

D.2 ETAPA DE COMPRESIÓN

La sección del algoritmo denominada *Etapa de Compresión* abarca todo el procesamiento que se hace sobre la imagen que se desea comprimir luego que se la ha aplicado la *transformada wavelet*, lo cual se realiza en la *Etapa de Análisis*. De este modo, en el presente manual de usuario se describe cada funcionalidad que posibilita al final obtener una imagen comprimida y una imagen reconstruida.

D.2.1 Seleccionar tipo de umbral

Cuando se presiona el botón *Compresión* en la interfaz principal correspondiente al *análisis wavelet*, una nueva interfaz es desplegada donde se configura algunos parámetros para realizar el proceso de compresión de la imagen como tal. El primer paso a realizar en esta sección de acuerdo al modelo del compresor de imágenes propuesto, es el proceso de umbralización, el cual puede ser de tipo global o dependiente del nivel. El de tipo global es el inicialmente propuesto en la GUI desplegada, tal como lo muestra la siguiente figura:



Figura D 19. Interfaz de selección de umbral global

En el área izquierda de la GUI se ubica la imagen original que se desea comprimir y a la cual ya se ha realizado el proceso de la transformada. Adicionalmente, una barra de desplazamiento en la parte inferior, permite al usuario elegir el umbral global empleado en el proceso de umbralización, cuyo rango está fijado entre cero y el valor del máximo coeficiente (en valor absoluto) entre todos los coeficientes de las subbandas de detalle, pues

como ya se ha justificado, el algoritmo preserva la totalidad de *coeficientes wavelet* de aproximación.

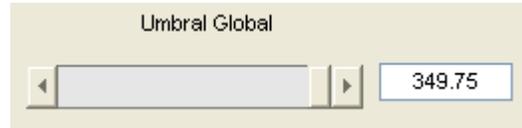


Figura D 20. Barra de selección de umbral global

De este modo, la selección de un umbral máximo, como se indica en la figura anterior, implica la eliminación de la totalidad de coeficientes de aproximación cuando se lleva a cabo el proceso de umbralización; por otro lado, fijar el umbral a cero, implica que no se elimina ningún coeficiente con lo cual la imagen reconstruida después del proceso de compresión no tendría pérdidas.

Si se desea realizar umbralización por nivel, se debe elegir la opción *Por nivel* del submenú *Tipo* del menú *Umbralización*.

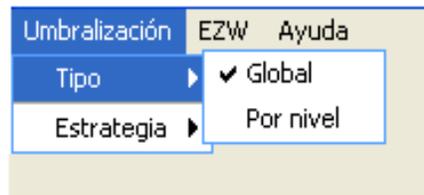


Figura D 21. Menú de selección de tipo de umbral

La opción por defecto que asume la aplicación es la umbralización de tipo *Global*, sin embargo al cambiar la configuración y elegir la opción *Por nivel* se obtiene la siguiente representación gráfica:

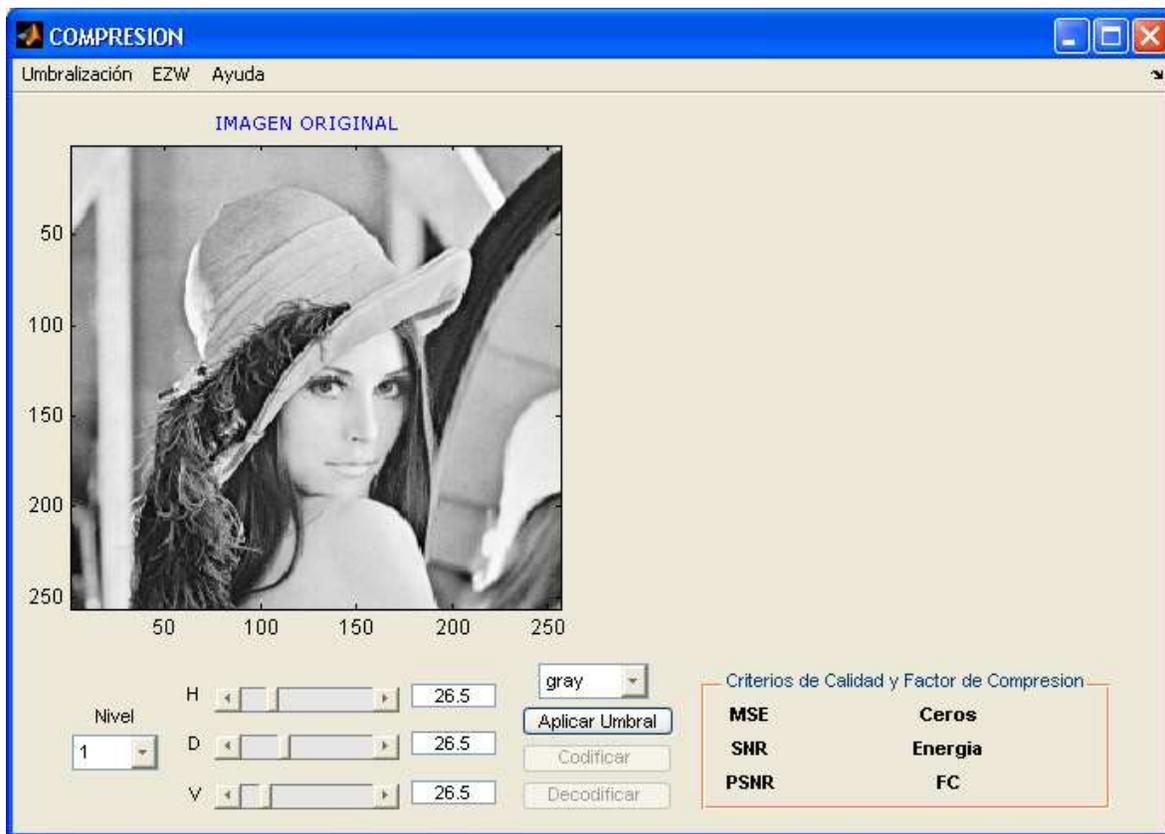


Figura D 22. Interfaz de selección de umbrales de detalle

En la parte inferior de la interfaz son desplegadas entonces tres barras de desplazamiento etiquetadas como H, D y V, mediante las cuales el usuario puede seleccionar un umbral para las subbandas de detalle horizontal, diagonal y vertical respectivamente para el nivel de descomposición actual.

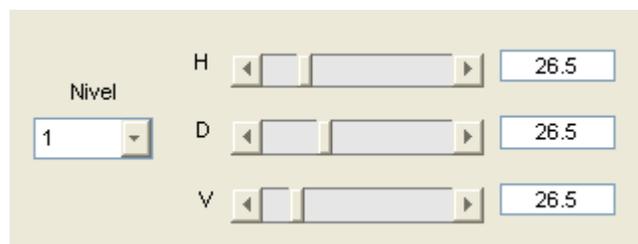


Figura D 23. Panel de selección de umbrales de detalle

Al igual que para la umbralización global, los valores máximos de selección de umbrales por nivel están delimitados por el valor del máximo coeficiente de detalle de la subbanda

respectiva. A través del indicador de despliegue etiquetado como *Nivel*, se accede a la selección de umbral para las otras subbandas de detalle, de tal manera que se puede seleccionar un umbral específico en cada una de las subbandas de detalle para todos los niveles distintos en los que se realizó la descomposición subbanda previamente.

D.2.2 Seleccionar estrategia de umbralización

Aunque el usuario define el umbral o umbrales a aplicar tal como lo desee dependiendo seguramente de la calidad de la imagen reconstruida, el algoritmo ofrece algunas estrategias de umbralización (las referenciadas en el capítulo 4 de la monografía) que se adaptan a las características de la imagen transformada (*constituida por los coeficientes wavelet*), al porcentaje de energía conservada y al porcentaje de coeficientes llevados a cero. Para seleccionar la estrategia a emplear, se elige la opción deseada del submenú *Estrategia* del menú *Umbralización*.

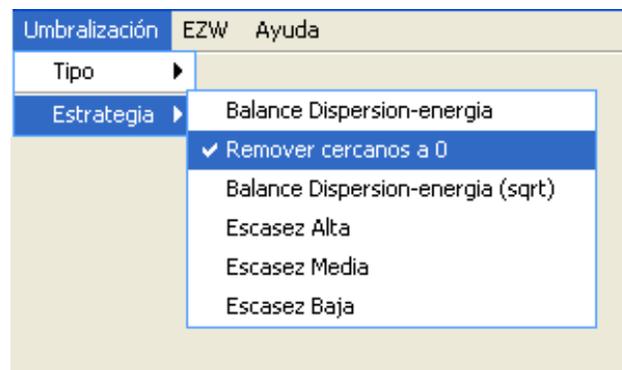


Figura D 24. Menú de selección de estrategia para umbralización por nivel

Para el caso de umbralización por nivel, se habilitan las cinco estrategias listadas en la figura anterior, mientras que para el tipo de umbralización global, se dispone únicamente de las tres primeras tal como se muestra a continuación:

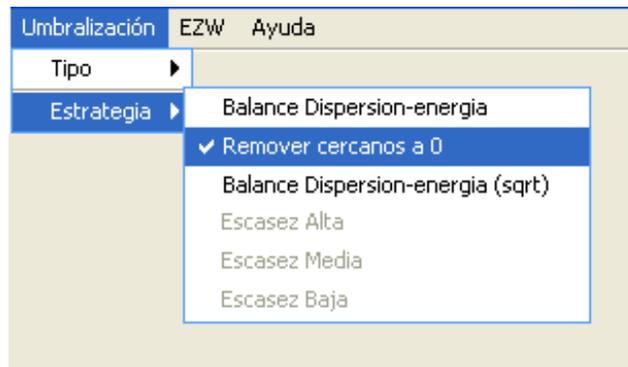


Figura D 25. Menú de selección de estrategia para umbralización global

D.2.3 Aplicación de umbral (o umbrales) a la imagen

Una vez se ha seleccionado el umbral o umbrales (para el caso de umbralización por nivel) ya sea eligiendo alguna de las estrategias proporcionadas por el algoritmo o bajo criterio propio, se procede a realizar la umbralización de los *coeficientes wavelet*. Este proceso básicamente consiste en llevar a cero los coeficientes de detalle que en valor absoluto son menores o iguales al umbral correspondiente. El efecto de la eliminación (o asignación de valor cero) de coeficientes puede vislumbrarse directamente sobre la imagen reconstruida y sobre las medidas de los criterios de calidad (o fidelidad) considerados. Para realizar este proceso, se presiona el botón *Aplicar Umbral*, así por ejemplo, para umbralización de tipo global se visualiza:

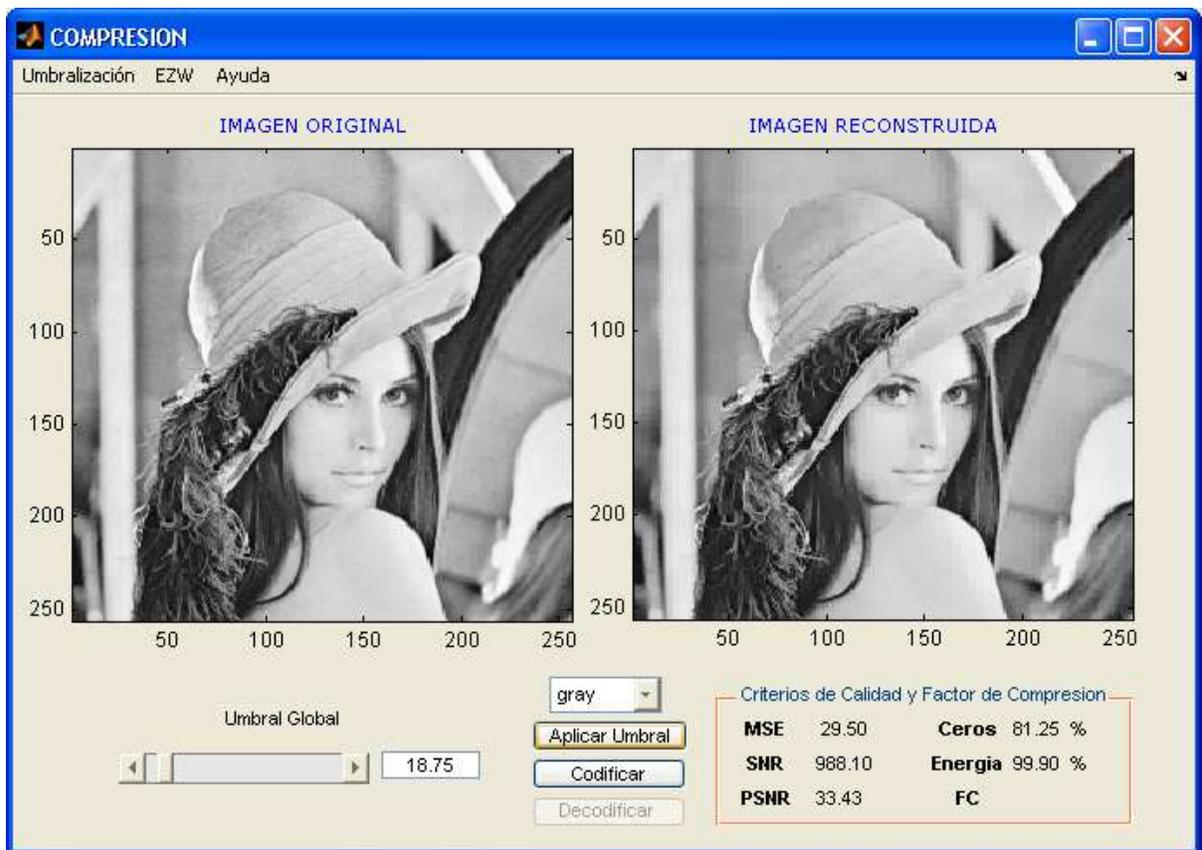


Figura D 26. Aplicación de umbral global

y para umbralización por nivel se obtiene la siguiente interfaz:

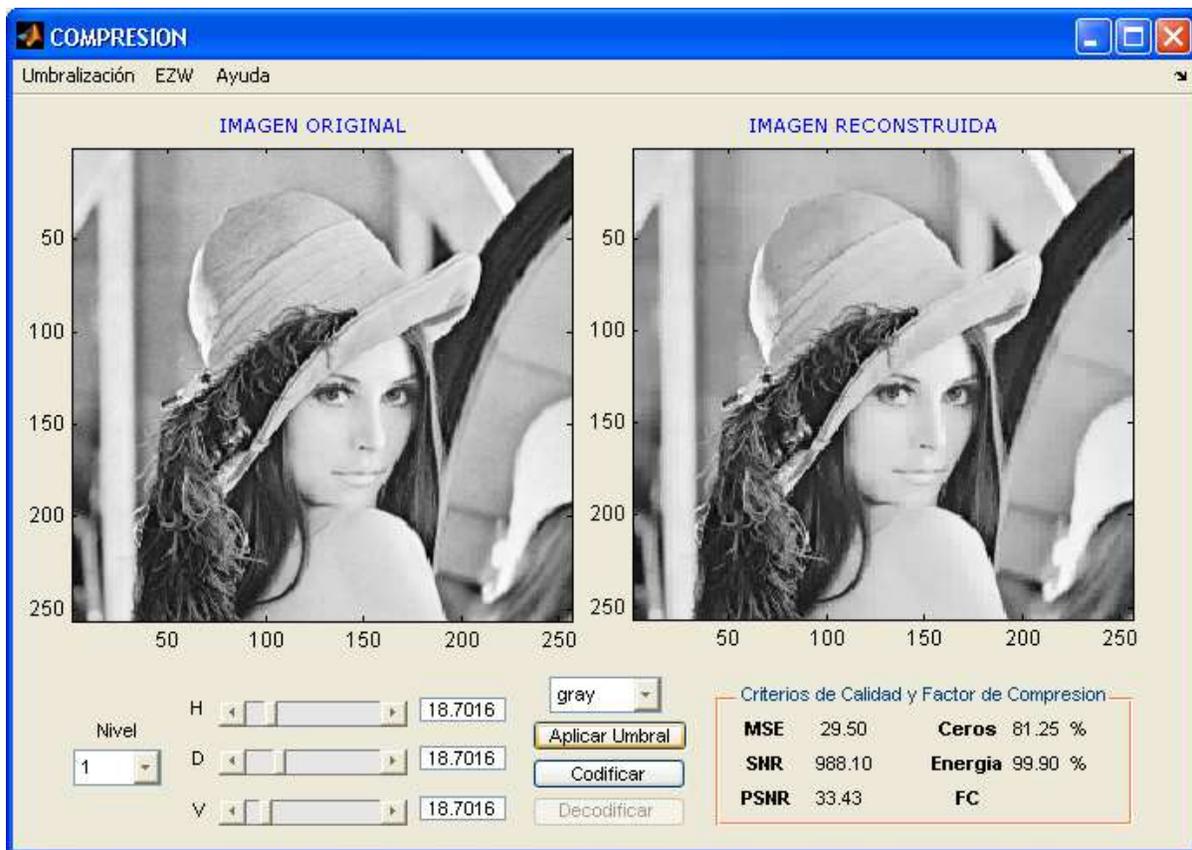


Figura D 27. Aplicación de umbrales de detalle

Luego de aplicar el umbral, el botón *Codificar* es habilitado para realizar el proceso que genera el archivo que almacena la imagen comprimida y así poder calcular el factor de compresión (FC) (ver *Codificación*).

D.2.4 Codificación

Una vez realizado el paso de umbralización (ver *Aplicar umbral*), se habilita la opción de codificar la imagen resultante con el objetivo de almacenarla en un archivo que represente la imagen comprimida. El proceso de codificación en esta etapa del algoritmo implica la ejecución de las operaciones correspondientes a: el proceso de codificación EZW (cuantificación) seguido de la codificación aritmética (codificación de entropía) y por último, la generación del archivo mencionado con el mismo nombre de la imagen original a comprimir con extensión *.icw* el cual se guarda en el directorio *archivos* ubicado en el directorio actual de trabajo en Matlab.

A pesar que la imagen reconstruida es generada y desplegada luego de aplicar el umbral (o umbrales) así como las medidas de los criterios de calidad (o fidelidad), el proceso de codificación se hace necesario para evaluar el factor de compresión alcanzado bajo las características consideradas tales como, la *wavelet* utilizada, nivel de descomposición, tipo de umbralización y umbrales empleados. De esta manera, el factor de compresión se obtiene mediante la relación $FC=O/C$, donde O representa el peso en Bytes de la imagen original y C el peso en Bytes del archivo de la imagen comprimida generado.

El proceso de codificación inicia cuando se presiona el botón *Codificar*, el cual solo se habilita si previamente se ha hecho el proceso de umbralización, de este modo, si no aparece habilitado, se debe presionar en primera instancia el botón *Aplicar Umbral*.



Figura D 28. Paso de codificación

Luego de presionar el botón *Codificar*, se habilita la opción de decodificación, que corresponde a la siguiente etapa del algoritmo.

D.2.5 Configuración de parámetros EZW

El parámetro a configurar para el empleo del algoritmo EZW hace parte del decodificador propiamente, puesto que dependiendo del número de niveles EZW descartados para realizar el proceso de decodificación, se obtiene la imagen reconstruida a una determinada calidad.

El algoritmo ofrece la posibilidad de decodificar la imagen reconstruida a tres calidades: calidad máxima, que es la opción configurada por defecto y que considera la totalidad de niveles EZW, calidad media, y calidad baja, estas dos últimas opciones con descarte de niveles de acuerdo a las características de la imagen transformada (matriz de *coeficientes wavelet*).

Si se desea configurar el decodificador EZW a una calidad de decodificación distinta a la máxima, se debe ingresar al menú EZW y elegir en *Decodificador* una de las opciones desplegadas.

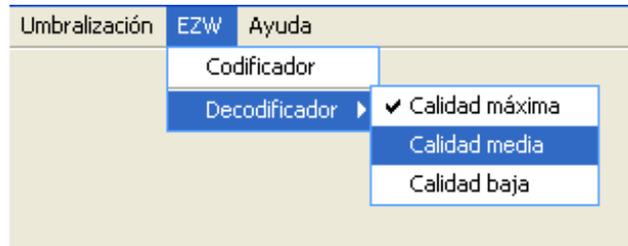


Figura D 29. Menú de configuración del decodificador EZW

Una vez configurada seleccionada la calidad deseada se puede proceder a realizar la decodificación del archivo comprimido (ver *Decodificación*).

D.2.6 Decodificación

El proceso de decodificación puede realizarse una vez se haya generado el archivo que representa la imagen comprimida, pues este proceso inicia extrayendo la información de dicho archivo para proceder a realizar las operaciones inversas llevadas a cabo en el proceso de codificación. De esta manera, esta etapa implica la lectura del archivo, la decodificación aritmética y por último, la decodificación EZW que retorna los *coeficientes wavelet* a los cuales se aplica la transformada inversa IDWT para representar finalmente la imagen reconstruida.

La decodificación de la imagen reconstruida se hace por defecto a la calidad máxima posible, es decir, se reconstruye la imagen a partir de los *coeficientes wavelet* preservados luego de la etapa de umbralización realizada en la codificación. De este modo, la imagen reconstruida a máxima calidad es la misma imagen desplegada al momento de aplicar el umbral (o umbrales), por otro lado, si se desea reconstruir la imagen a una calidad diferente, se debe cambiar la configuración del decodificador en el menú *EZW* (ver *Configuración de parámetros EZW*).

El proceso de decodificación comienza presionando el botón *Decodificar*.



Figura D 30. Paso para decodificar

D.2.7 Criterios de calidad y factor de compresión

Los criterios de calidad se miden cuando una imagen reconstruida es desplegada en la GUI, ya sea luego de realizar el proceso de umbralización o cuando se decodifica a una determinada calidad la imagen comprimida. En este último caso, cuando se decodifica a una calidad que no es la máxima, las medidas de los criterios de calidad son actualizados cada vez que se despliega una nueva imagen reconstruida. Adicionalmente al error cuadrático medio (MSE), la relación señal a ruido (SNR) y relación señal a ruido pico (PSNR), se presenta una medida del porcentaje de energía retenida y de la cantidad de coeficientes con valor cero, con el propósito de dar una idea de la capacidad de compactación de energía de la *transformada wavelet*.

En cuanto al factor de compresión FC es necesario aclarar que éste es medido únicamente luego del proceso de codificación de la imagen resultante de la etapa de umbralización, ya que este parámetro se calcula como la relación entre los pesos en Bytes de la imagen original y la imagen comprimida (ver *Codificación*).

Los valores calculados de los criterios de calidad (o fidelidad) y el factor de compresión se presentan en el área inferior derecha de la GUI, en el panel etiquetado como *Criterios de Calidad y Factor de Compresión*.

Criterios de Calidad y Factor de Compresion			
MSE	29.50	Ceros	81.25 %
SNR	988.10	Energia	99.90 %
PSNR	33.43 dB	FC	

Figura D 31. Panel de criterios de calidad y factor de compresión

D.2.8 Colormap

La funcionalidad de selección de un mapa de colores para la representación de las imágenes se gestiona de igual manera que para la etapa de análisis (ver *Colormap* en la sección 'Etapa de Análisis'). En la sección de compresión esta funcionalidad es importante implementarla puesto que es imperativo hacer una comparación subjetiva entre la imagen original y la imagen reconstruida.