

# COMPRESIÓN MULTIMEDIA

4º Grado en Ingeniería Informática



**Apellidos:** Gil Planes

**Nombre:** Germán

**D.N.I.:** 49246858-V

**Curso Académico:** 2023/2024

**Universidad de Murcia**

# Índice

<b>1. Resumen</b>	<b>2</b>
<b>2. Introducción</b>	<b>2</b>
<b>3. Metodología</b>	<b>2</b>
3.1. Elección de imágenes . . . . .	3
3.1.1. Cálculo de la varianza local . . . . .	3
3.1.2. Resultados Obtenidos . . . . .	3
3.1.3. Justificación de la clasificación . . . . .	4
3.1.4. Relación con MSE y RC . . . . .	4
3.1.5. Conclusión . . . . .	5
3.2. Selección de Factores de Calidad . . . . .	5
3.2.1. Justificación de los Factores de Calidad Seleccionados . . . . .	5
3.2.2. Conclusión . . . . .	5
3.3. Procedimiento de análisis . . . . .	6
<b>4. Resultados experimentales</b>	<b>6</b>
4.1. Imágenes con baja varianza local promedio . . . . .	6
4.2. Imágenes con alta varianza local promedio . . . . .	10
4.3. Interpretación del comportamiento del MSE y RC . . . . .	14
4.4. Resultado promedio de cada grupo . . . . .	14
<b>5. Conclusiones</b>	<b>16</b>
<b>6. Anexo: Imágenes</b>	<b>16</b>
<b>7. Bibliografía</b>	<b>20</b>

## 1. Resumen

El objetivo de este documento es hacer un estudio experimental fruto de la evaluación de imágenes sobre dos compresores y descompresores implementados en la asignatura de Compresión Multimedia de la Mención de Computación.

## 2. Introducción

En el desarrollo de este estudio, partimos de la implementación de dos compresores con sus respectivos descompresores. El primero utiliza las tablas Huffman JPEG por defecto, mientras que el segundo construye unas tablas Huffman a medida, en función de las frecuencias con las que aparecen los valores de categoría  $C$  en las tablas `nn_DC_CP` y `nn_AC_ZCP`.

Las tablas `nn_DC_CP` y `nn_AC_ZCP` son estructuras de datos fundamentales en este proceso de compresión. A continuación, se detalla su significado y uso:

- **nn\_DC\_CP:** Esta tabla almacena los coeficientes DC cuantificados, que representan el valor promedio de brillo de un bloque. En este contexto, la tabla permite determinar las frecuencias de los valores de categoría  $C$  asociados a los coeficientes DC, facilitando la construcción de una tabla Huffman personalizada.
- **nn\_AC\_ZCP:** Esta tabla contiene los coeficientes AC cuantificados, que representan las variaciones de los valores de los píxeles dentro de un bloque. Esta tabla también es utilizada para calcular las frecuencias de los valores de categoría  $C$ , necesarios para construir una tabla Huffman adaptada.

El algoritmo de compresión basado en Huffman utiliza las tablas mencionadas para construir un modelo estadístico eficiente. Existen dos enfoques principales en este estudio:

1. **Tablas JPEG por defecto:** Estas tablas están predefinidas y se basan en un conjunto de frecuencias genéricas, optimizadas para imágenes promedio. Aunque son efectivas, no aprovechan las características específicas de cada imagen.
2. **Tablas Huffman personalizadas:** En este caso, las tablas Huffman se generan dinámicamente, basándose en las frecuencias reales de los valores de categoría  $C$  en las tablas `nn_DC_CP` y `nn_AC_ZCP`. Esto permite una mayor eficiencia de compresión, adaptándose a las características particulares de la imagen procesada.

Se pondrán a prueba ambos compresores para un conjunto de imágenes. Cada compresión se realiza con un determinado factor de calidad, y aplicaremos un conjunto de factores de calidad, a cada una de las imágenes, para observar los resultados de MSE (Error Cuadrático Medio) y RC (Relación de Compresión en tanto por ciento). Se mostrarán gráficas, tablas, y sacaremos conclusiones al final del análisis experimental.

## 3. Metodología

En este estudio experimental se ha realizado un análisis de la compresión de imágenes utilizando dos compresores con sus respectivos descompresores. Para ello, se ha trabajado con un conjunto de 10 imágenes, dispuestas en dos grupos.

### 3.1. Elección de imágenes

En esta sección, se describe el proceso de selección de las imágenes utilizadas para el análisis de la varianza local. Las imágenes han sido seleccionadas de entre las imágenes que se ponían a nuestra disposición, con el objetivo de clasificarlas en dos grupos: aquellas con baja varianza local y aquellas con alta varianza local. Este enfoque permite observar cómo los compresores de imágenes pueden comportarse de manera diferente según la cantidad de variaciones locales presentes en las imágenes.

#### 3.1.1. Cálculo de la varianza local

Para calcular la varianza local de cada imagen, se siguió el siguiente procedimiento:

1. **Conversión a escala de grises:** si la imagen original estaba en color, se convirtió a escala de grises para simplificar el análisis.
2. **Cálculo de la varianza local:** se utilizó una ventana deslizante de tamaño fijo (por ejemplo, 3x3) para calcular la varianza local en cada píxel de la imagen.
3. **Promedio de la varianza local:** se calculó el promedio de las varianzas locales de todos los píxeles de la imagen, obteniendo un valor único que representa la varianza local promedio de la imagen.

Este procedimiento se repitió para cada imagen del conjunto, obteniendo la varianza local promedio para cada una.

#### 3.1.2. Resultados Obtenidos

Tras aplicar el procedimiento a las imágenes, se obtuvieron los siguientes resultados (ver **Figura 1**):

- **Imágenes con baja varianza local promedio:**

- Img02.bmp (ver **Figura 16**)
- Img13.bmp (ver **Figura 22**)
- Img05.bmp (ver **Figura 18**)
- Img00.bmp (ver **Figura 14**)
- Img01.bmp (ver **Figura 15**)

- **Imágenes con alta varianza local promedio:**

- Img03.bmp (ver **Figura 17**)
- Img14.bmp (ver **Figura 23**)
- Img07.bmp (ver **Figura 19**)
- Img11.bmp (ver **Figura 21**)
- Img08.bmp (ver **Figura 20**)

```
>> local_variance(imageArray);  
  
low_variance_images =  
  
1×5 cell array  
  
    {'Img02.bmp'}    {'Img13.bmp'}    {'Img05.bmp'}    {'Img00.bmp'}    {'Img01.bmp'}  
  
high_variance_images =  
  
1×5 cell array  
  
    {'Img03.bmp'}    {'Img14.bmp'}    {'Img07.bmp'}    {'Img11.bmp'}    {'Img08.bmp'}
```

Figura 1: Resultados de las imágenes clasificadas según su varianza local promedio.

### 3.1.3. Justificación de la clasificación

La clasificación de las imágenes en dos grupos, alta y baja varianza local promedio, se realizó en función de la cantidad de variaciones de intensidad entre píxeles vecinos. La varianza local es una medida de la abruptidad de los cambios en la imagen: una varianza local baja indica que la imagen tiene menos variaciones entre píxeles y es más uniforme, mientras que una varianza local alta indica que la imagen contiene más detalles, bordes y transiciones abruptas.

- **Imágenes con baja varianza local promedio:** Las imágenes en este grupo presentan una menor cantidad de variaciones locales, lo que indica que son más homogéneas o lisas. Estas imágenes suelen tener menos bordes y patrones complejos, lo que se traduce en un menor número de transiciones bruscas entre píxeles. Ejemplos de este grupo incluyen `Img02.bmp`, `Img13.bmp`, y `Img00.bmp`, que muestran características simples y áreas más uniformes.
- **Imágenes con alta varianza local promedio:** Las imágenes en este grupo muestran una mayor cantidad de variaciones locales, lo que indica que contienen más detalles, bordes y patrones complejos. Estas imágenes tienen más transiciones abruptas entre píxeles vecinos, lo que genera una mayor varianza local promedio. Ejemplos como `Img03.bmp`, `Img14.bmp`, y `Img07.bmp` tienen una estructura más detallada y texturas complejas.

### 3.1.4. Relación con MSE y RC

La elección de agrupar las imágenes según su varianza local promedio es especialmente relevante para comparar el error cuadrático medio (MSE) y la relación de compresión (RC). Esto se debe a que:

- Las imágenes con baja varianza local suelen comprimirse con mayor eficiencia (mayor RC) y tienden a tener un MSE más bajo debido a su homogeneidad. Esto se debe a que los compresores pueden representar áreas uniformes con menos datos.
- Las imágenes con alta varianza local presentan más detalles y transiciones bruscas, lo que dificulta la compresión eficiente (menor RC) y tiende a aumentar el MSE, ya que los detalles finos son más susceptibles a pérdidas durante la compresión.

Por lo tanto, esta clasificación es útil para analizar cómo los compresores de imágenes manejan imágenes con diferentes características y para observar cómo la calidad de la imagen (medida por el MSE) y la eficiencia de la compresión (medida por el RC) varían según el contenido de las imágenes.

### 3.1.5. Conclusión

La elección de estas 10 imágenes y su agrupación en dos grupos basados en la varianza local promedio proporciona una forma efectiva de analizar cómo los compresores de imágenes manejan imágenes con diferentes niveles de detalle. Esta clasificación es fundamental para comprender las limitaciones y fortalezas de los compresores al trabajar con imágenes con características abruptas o lisas, y cómo estas características afectan la relación entre el MSE y el RC.

## 3.2. Selección de Factores de Calidad

En este análisis, se han seleccionado los siguientes factores de calidad para evaluar el rendimiento de los compresores de imágenes:

$$\text{qualityFactors} = [50, 75, 100, 150, 200, 500]$$

Es importante tener en cuenta que, en los algoritmos de compresión, el factor de calidad es inversamente proporcional a la calidad de la imagen comprimida. Es decir, a medida que el factor de calidad aumenta, la relación de compresión (RC) mejora, pero la calidad de la imagen comprimida empeora.

### 3.2.1. Justificación de los Factores de Calidad Seleccionados

- **50:** Este valor es relativamente bajo, lo que implica una alta calidad visual y una baja compresión. Es adecuado para observar el comportamiento del compresor cuando se prioriza la calidad de la imagen por encima de la eficiencia de compresión.
- **500:** Este valor es extremadamente alto, lo que implica una compresión máxima y una pérdida significativa de calidad. Este valor es útil para evaluar el rendimiento del compresor en situaciones donde se prioriza la eficiencia de la compresión sobre la calidad visual, lo que resulta en una pérdida de detalles muy pronunciada.

El resto de valores entre medias están, en la medida de lo posible, adecuadamente repartidos entre 50 y 500.

### 3.2.2. Conclusión

La elección de estos factores de calidad permite realizar un análisis exhaustivo de los compresores en diferentes condiciones de compresión. Los factores de calidad más bajos ofrecen una mayor calidad visual, mientras que los más altos permiten obtener una mayor compresión, lo que facilita observar el rendimiento del compresor en diversas situaciones. Esta selección cubre un rango amplio de escenarios prácticos y permite evaluar cómo los compresores equilibran la calidad de la imagen y la eficiencia de compresión.

### 3.3. Procedimiento de análisis

El procedimiento de análisis se realiza en MATLAB utilizando un script que permite procesar todas las imágenes de manera automatizada. El script recibe un conjunto de imágenes y genera las gráficas solicitadas, así como una tabla que muestra los resultados obtenidos para cada imagen. Este enfoque permite realizar un análisis eficiente y repetible para cada de imagen.

El análisis incluye los siguientes pasos:

1. Carga de las imágenes en formato `.bmp`.
2. Aplicación de los dos compresores a cada imagen, utilizando parámetros de compresión consistentes dentro de cada grupo.
3. Cálculo de las métricas de compresión para cada imagen, como MSE y la relación de compresión (RC).
4. Generación de gráficas que muestran la relación entre el tamaño de la imagen y las métricas de compresión.
5. Presentación de los resultados en una tabla que resume las métricas obtenidas para cada imagen.
6. Interpretación, para cada imagen, de los resultados obtenidos tanto en las gráfica como en la tabla.
7. Si procede, se comparan los resultados relevantes con los de otra imagen mostrando, justificadamente, sus diferencias y/o similitudes.

Además, complementariamente, se hará el análisis del resultado promedio de cada grupo de imágenes, así como se van a presentar gráficas adicionales con los valores promedios para ambos grupos.

## 4. Resultados experimentales

A continuación, tal y como se ha manecionado antes, vamos a empezar a evaluar las imágenes por grupos.

### 4.1. Imágenes con baja varianza local promedio

Primero, analizamos las cinco imágenes individualmente de baja varianza local (paisajes y texturas más suaves y menos cambios repentinos entre píxeles contiguos).

- **Img02.bmp** (ver **Figura 2**):

En la **Figura 2** se muestra, a la izquierda, una gráfica donde se representa la relación del MSE frente a la RC para los 6 factores de calidad que se han mencionado. A lo largo del eje X se extiende la relación de compresión en tanto por ciento y, en el eje Y, el error cuadrático medio a escala logarítmica, es decir,  $\log(\text{MSE})$ . Cada punto, representado con un asterisco, representa un valor de RC y MSE para un determinado factor de calidad.

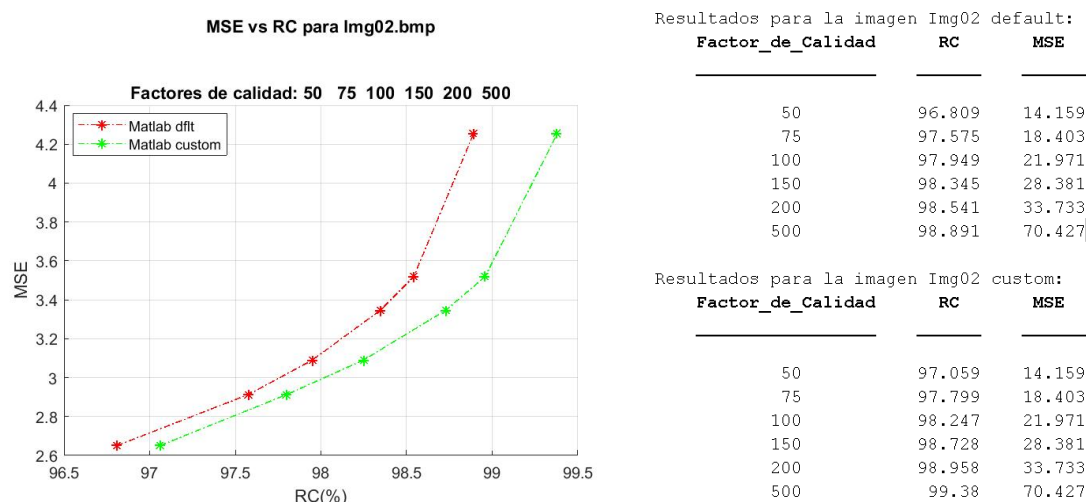


Figura 2: Gráfica de RSE vs RC (izquierda) y tabla de valores (derecha) para Img02.bmp.

A la derecha, podemos ver estos mismos valores, pero representados de forma tabular.

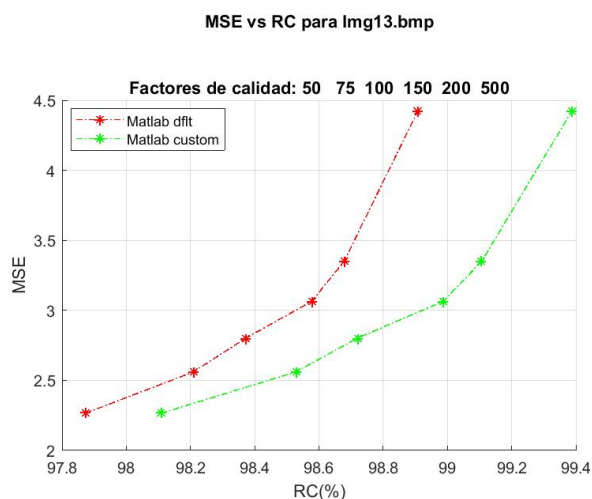
Tanto en la gráfica como en la tabla se muestran estos resultados para ambos compresores. En la gráfica se representan, en rojo, los datos relativos al compresor Huffman por defecto y, en azul, los del compresor customizado. Por su parte, en las tablas, se muestran dos tablas, una para cada compresor.

Esta representación de los resultados se mantendrá a lo largo de todo el análisis.

Entrando ya en el análisis, propiamente dicho, de la **Figura 2**, podemos sacar una serie de conclusiones:

1. **Mismo MSE para un factor de calidad fijo.** Fijado un factor de calidad, el MSE no varía de un compresor a otro. Esto tiene sentido porque, cuando se le exige al compresor un factor de calidad determinado, es equivalente a decirle que se desea un MSE específico, siempre y cuando los compresores utilicen las mismas tablas de cuantización para interpretar el factor de calidad. Por lo tanto, para un mismo factor de calidad, siempre se obtiene el mismo MSE, independientemente del compresor (por defecto o customizado), si ambos siguen el mismo estándar y utilizan las mismas tablas de cuantización.
2. **Diferentes RC para un mismo MSE.** Fijando un MSE, por ejemplo, 70,427 (en la tabla) o 4,25 (en la gráfica, dado por  $\log(70,427) = 4,25$ ), observamos que la relación de compresión (RC) es 99,38 para el compresor customizado y 98,89 para el compresor por defecto. Esta diferencia entre las RC aumenta conforme incrementa el factor de calidad, lo que indica que el compresor customizado logra mejores resultados en términos de relación de compresión.
3. **Rango de valores para RC.** La relación de compresión abarca valores entre 95,73 y 98,91 para el compresor por defecto, y entre 95,90 y 99,38 para el compresor customizado.
4. **Rango de valores para MSE.** El error cuadrático medio (MSE) varía entre 25,31 y 75,17 para ambos compresores.





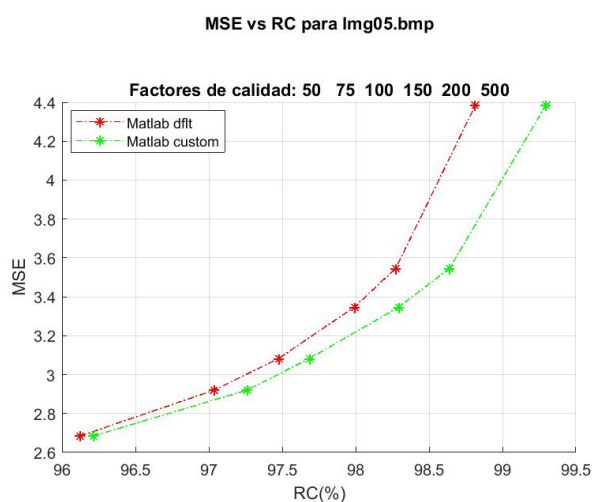
Resultados para la imagen Img13 default:

Factor_de_Calidad	RC	MSE
50	97.872	9.6361
75	98.208	12.934
100	98.372	16.466
150	98.577	21.411
200	98.678	28.481
500	98.908	83.542

Resultados para la imagen Img13 custom:

Factor_de_Calidad	RC	MSE
50	98.109	9.6361
75	98.528	12.934
100	98.719	16.466
150	98.987	21.411
200	99.107	28.481
500	99.388	83.542

Figura 3: Gráfica de RSE vs RC (izquierda) y tabla de valores (derecha) para Img13.bmp.



Resultados para la imagen Img05 default:

Factor_de_Calidad	RC	MSE
50	96.123	14.652
75	97.037	18.551
100	97.475	21.813
150	97.991	28.424
200	98.273	34.674
500	98.816	80.272

Resultados para la imagen Img05 custom:

Factor_de_Calidad	RC	MSE
50	96.214	14.652
75	97.26	18.551
100	97.685	21.813
150	98.294	28.424
200	98.639	34.674
500	99.296	80.272

Figura 4: Gráfica de RSE vs RC (izquierda) y tabla de valores (derecha) para Img05.bmp.

Para las próximas imágenes de esta sección de baja varianza local, se puede ver claramente que el análisis cualitativo realizado en los dos primeros puntos son análogos a los que vienen. Por tanto, nos centraremos solamente en recopilar los datos cuantitativos, para luego poder sacar alguna conclusión general de este grupo de cinco imágenes.

■ **Img13.bmp** (ver Figura 3):

1. **Rango de valores para RC.** La relación de compresión abarca valores entre 97,872 y 98,908 para el compresor por defecto, y entre 98,109 y 99,388 para el compresor customizado.
2. **Rango de valores para MSE.** El error cuadrático medio (MSE) varía entre 9,6361 y 83,542 para ambos compresores.

■ **Img05.bmp** (ver Figura 4):

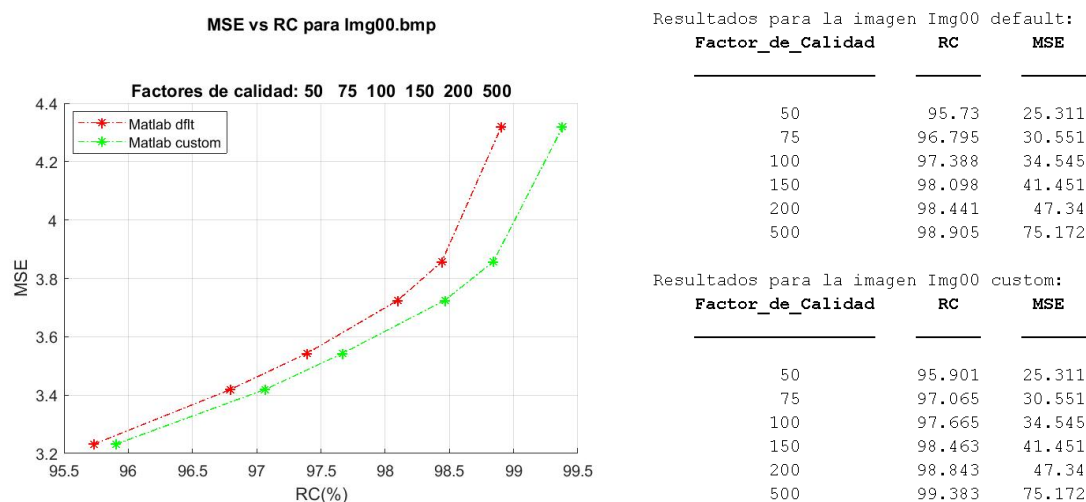


Figura 5: Gráfica de RSE vs RC (izquierda) y tabla de valores (derecha) para Img00.bmp.

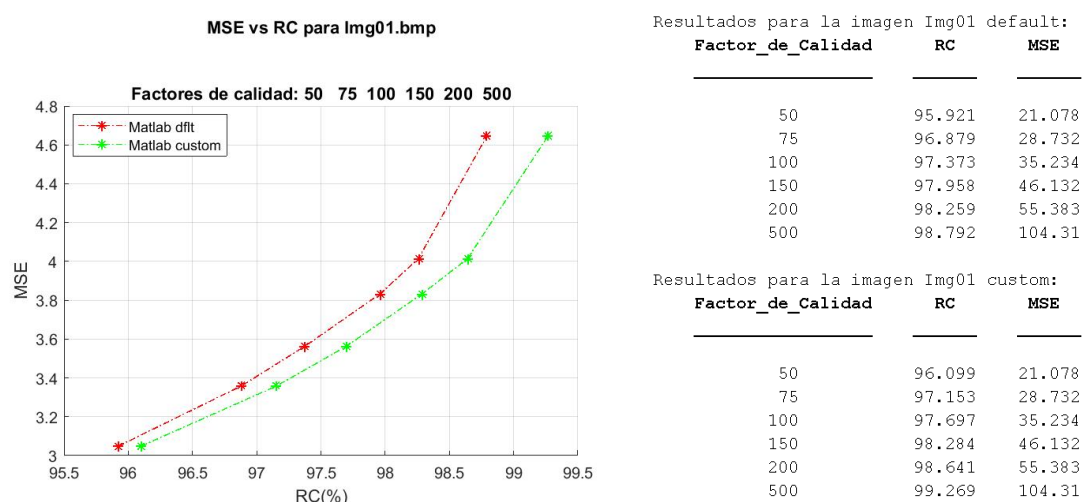


Figura 6: Gráfica de RSE vs RC (izquierda) y tabla de valores (derecha) para Img01.bmp.

1. **Rango de valores para RC.** La relación de compresión abarca valores entre 96,123 y 98,816 para el compresor por defecto, y entre 96,214 y 99,296 para el compresor customizado.
2. **Rango de valores para MSE.** El error cuadrático medio (MSE) varía entre 14,652 y 80,272 para ambos compresores.

■ **Img00.bmp** (ver Figura 5):

1. **Rango de valores para RC.** La relación de compresión abarca valores entre 95,73 y 98,905 para el compresor por defecto, y entre 95,901 y 99,382 para el compresor customizado.
2. **Rango de valores para MSE.** El error cuadrático medio (MSE) varía entre 25,311 y 75,172 para ambos compresores.

■ **Img01.bmp** (ver Figura 6):

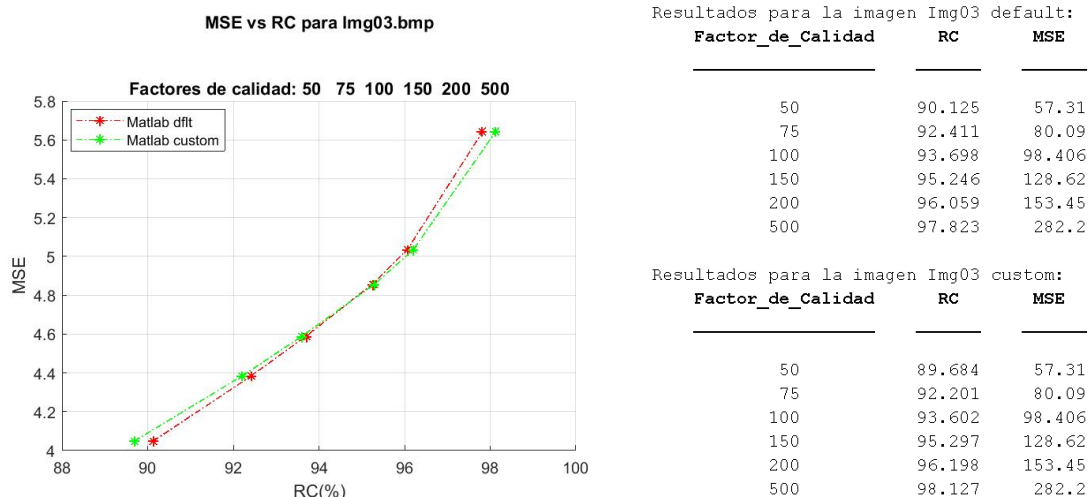


Figura 7: Gráfica de RSE vs RC (izquierda) y tabla de valores (derecha) para Img03.bmp.

1. **Rango de valores para RC.** La relación de compresión abarca valores entre 95,921 y 98,792 para el compresor por defecto, y entre 96,099 y 99,269 para el compresor customizado.
2. **Rango de valores para MSE.** El error cuadrático medio (MSE) varía entre 21,078 y 104,31 para ambos compresores.

Si lo analizamos con una perspectiva general, de este grupo se puede concluir lo siguiente:

1. **Rango de valores para RC.** La relación de compresión abarca valores entre 95,73 y 98,908 para el compresor por defecto, y entre 95,901 y 99,388 para el compresor customizado.
2. **Rango de valores para MSE.** El error cuadrático medio (MSE) varía entre 9,6361 y 104,31 para ambos compresores.

## 4.2. Imágenes con alta varianza local promedio

En segundo lugar, nos disponemos a analizar, de manera individual, las cinco imágenes seleccionadas con mayor varianza local y veamos si se muestra un aumento significativo en el MSE:

### ■ Img03.bmp (ver Figura 7):

1. **Mismo MSE para un factor de calidad fijo.** Ocurre lo mismo que se ha comentado previamente en la sección de imágenes de baja varianza local. Fijado un factor de calidad, el MSE no varía de un compresor a otro.
2. **Diferentes RC para un mismo MSE.** Fijando un MSE, volvemos a tener distintos valores de RC en función del compresor que estemos utilizando. Aquí es donde vemos la primera diferencia con respecto a las imágenes de baja varianza local.

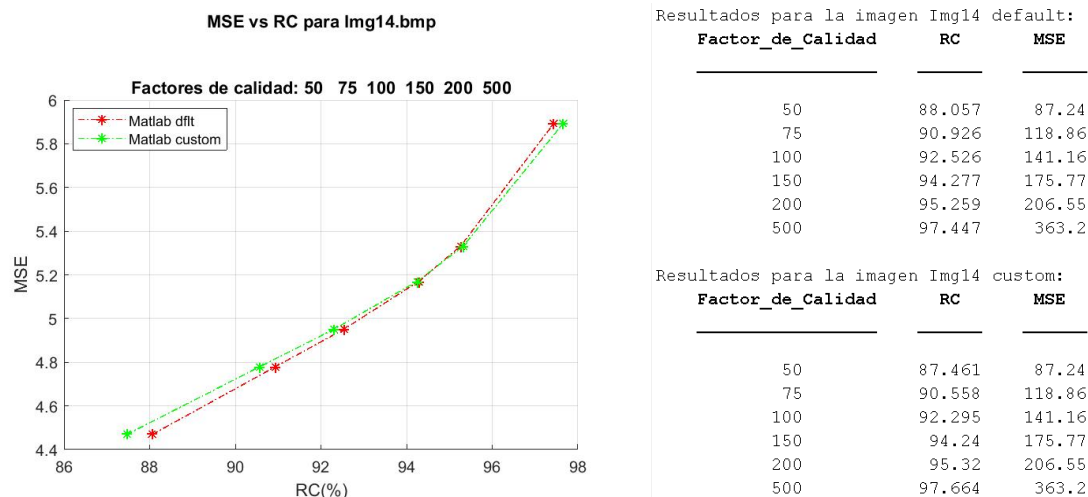


Figura 8: Gráfica de RSE vs RC (izquierda) y tabla de valores (derecha) para Img14.bmp.

Para valores pequeños del factor de calidad (menores de 80), el compresor Huffman por defecto muestra mejores resultados que el customizado. Sin embargo, cuando lo vamos haciendo cada vez más grande, el compresor customizado va remontando y empieza a adquirir mejores resultados.

3. **Rango de valores para RC.** La relación de compresión abarca valores entre 90,125 y 97,823 para el compresor por defecto, y entre 89,684 y 99,127 para el compresor customizado.
4. **Rango de valores para MSE.** El error cuadrático medio (MSE) varía entre 57,31 y 282,2 para ambos compresores.

Para las próximas imágenes de esta sección de alta varianza local, se omitirá de nuevo el análisis cualitativo realizado en los dos primeros puntos ya que son análogos a estos dos. Por tanto, nos centraremos solamente en recopilar los datos cuantitativos.

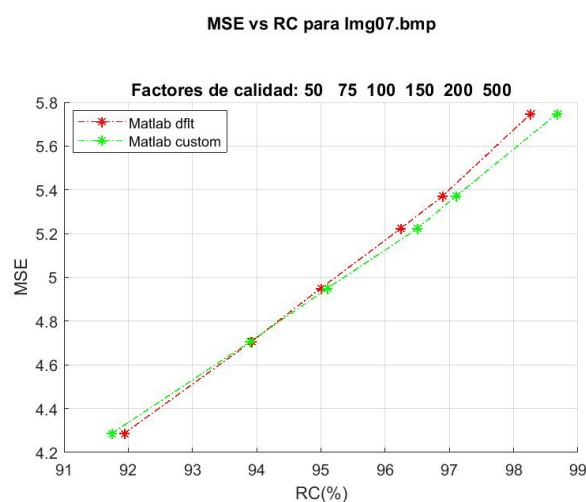
■ **Img14.bmp** (ver Figura 8):

1. **Rango de valores para RC.** La relación de compresión abarca valores entre 88,057 y 97,447 para el compresor por defecto, y entre 87,461 y 97,664 para el compresor customizado.
2. **Rango de valores para MSE.** El error cuadrático medio (MSE) varía entre 87,24 y 363,2 para ambos compresores.

■ **Img07.bmp** (ver Figura 9):

1. **Rango de valores para RC.** La relación de compresión abarca valores entre 91,935 y 98,273 para el compresor por defecto, y entre 91,742 y 98,682 para el compresor customizado.
2. **Rango de valores para MSE.** El error cuadrático medio (MSE) varía entre 72,722 y 313,81 para ambos compresores.

■ **Img11.bmp** (ver Figura 10):



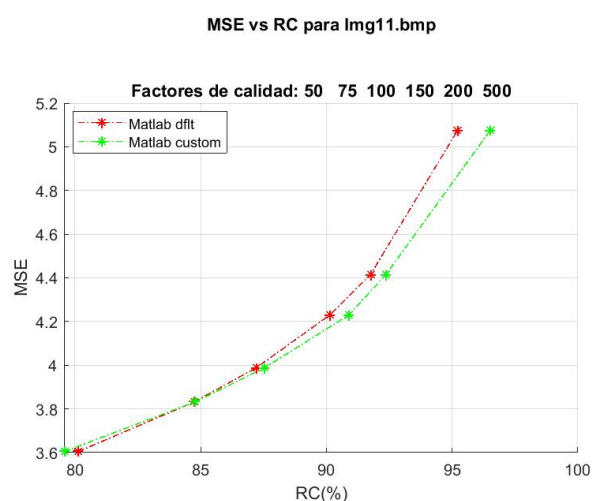
Resultados para la imagen Img07 default:

Factor_de_Calidad	RC	MSE
50	91.935	72.722
75	93.917	110.62
100	94.997	141.14
150	96.244	185.55
200	96.891	215.09
500	98.273	313.81

Resultados para la imagen Img07 custom:

Factor_de_Calidad	RC	MSE
50	91.742	72.722
75	93.9	110.62
100	95.101	141.14
150	96.503	185.55
200	97.105	215.09
500	98.682	313.81

Figura 9: Gráfica de RSE vs RC (izquierda) y tabla de valores (derecha) para Img07.bmp.



Resultados para la imagen Img11 default:

Factor_de_Calidad	RC	MSE
50	80.123	36.74
75	84.739	46.128
100	87.213	53.956
150	90.135	68.684
200	91.758	82.697
500	95.229	160.28

Resultados para la imagen Img11 custom:

Factor_de_Calidad	RC	MSE
50	79.571	36.74
75	84.774	46.128
100	87.539	53.956
150	90.897	68.684
200	92.369	82.697
500	96.528	160.28

Figura 10: Gráfica de RSE vs RC (izquierda) y tabla de valores (derecha) para Img11.bmp.



Figura 11: Gráfica de RSE vs RC (izquierda) y tabla de valores (derecha) para Img08.bmp.

1. **Rango de valores para RC.** La relación de compresión abarca valores entre 80,123 y 95,229 para el compresor por defecto, y entre 79,571 y 96,528 para el compresor customizado.
2. **Rango de valores para MSE.** El error cuadrático medio (MSE) varía entre 36,74 y 160,28 para ambos compresores.

■ **Img08.bmp** (ver **Figura 11**):

1. **Rango de valores para RC.** La relación de compresión abarca valores entre 90,54 y 98,307 para el compresor por defecto, y entre 90,141 y 98,637 para el compresor customizado.
2. **Rango de valores para MSE.** El error cuadrático medio (MSE) varía entre 100,99 y 385,37 para ambos compresores.

Si lo analizamos con una perspectiva general, de este grupo se puede concluir lo siguiente:

1. **Rango de valores para RC.** La relación de compresión abarca valores entre 80,123 y 98,307 para el compresor por defecto, y entre 79,571 y 98,682 para el compresor customizado.
2. **Rango de valores para MSE.** El error cuadrático medio (MSE) varía entre 36,74 y 385,37 para ambos compresores.

Habiendo visto los resultados por separado de ambos grupos, la diferencia es clara. Si comparamos los resultados obtenidos en este grupo de imágenes con el anterior, nos damos cuenta de los cambios significativos en cuanto al MSE. Y es que aparecen errores cuadráticos medios bastante mayores al tener paisajes más abruptos. Además, también aparecen resultados ligeramente peores en cuanto a la relación de compresión.

### 4.3. Interpretación del comportamiento del MSE y RC

#### 1. El MSE depende únicamente de las tablas de cuantización:

- Las tablas de cuantización son responsables de determinar qué coeficientes DCT se eliminan o se reducen durante la compresión.
- Dado que ambos compresores (por defecto y customizado) utilizan las mismas tablas de cuantización, la pérdida de información es idéntica en ambos casos.
- Esto implica que, para un mismo factor de calidad, el error cuadrático medio (MSE) será igual en ambos compresores, ya que el nivel de degradación introducido por la cuantización es el mismo.

#### 2. La RC depende de las tablas de Huffman:

- Las tablas de Huffman son responsables de codificar los coeficientes cuantizados en un formato comprimido.
- La eficiencia de la codificación depende de qué tan bien las tablas de Huffman reflejan las estadísticas de los coeficientes cuantizados.
- Si las tablas de Huffman son *personalizadas* para adaptarse mejor a las características de la imagen o el conjunto de imágenes, podrán codificar los coeficientes de manera más eficiente, lo que resultará en una mejor relación de compresión (RC) al reducir el tamaño del archivo comprimido.
- En contraste, las tablas de Huffman por defecto son más genéricas y no están optimizadas para una imagen específica, lo que puede resultar en una menor eficiencia de compresión y, por lo tanto, en una RC inferior.

En resumen, el MSE es constante porque está determinado por las tablas de cuantización, mientras que la RC varía dependiendo de la eficiencia de las tablas de Huffman para representar los coeficientes cuantizados.

### 4.4. Resultado promedio de cada grupo

Habiendo visto, individualmente, la gráfica y las tablas de cada imagen por separado, vamos a ver las gráfica y las tablas de los promedios de las imágenes de cada uno de los grupos.

- **Con baja varianza.** Como vemos en la **Figura 12**, la media concuerda con los casos aislados y sigue mostrándose notoria la diferencia entre ambos compresores. La relación de compresión mejora considerablemente con el compresor customizado y no se alcanza un MSE muy altos.
- **Con alta varianza.** En este caso, mostramos los resultados en la **Figura 13** y percibimos que la diferencia entre ambos compresores no es tanta y la relación de compresión, en relación a los factores de calidad, empieza siendo peor en el customizado, pero acaba siendo mejor. En promedio, se muestra una peor relación de compresión y un MSE bastante más alto.

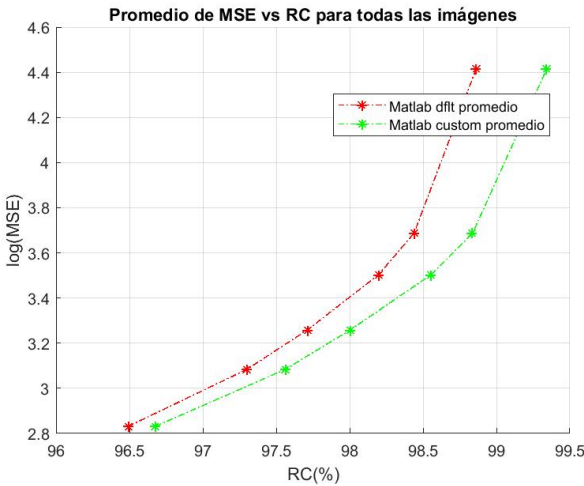


Tabla de promedios para el compresor default:

Factor_de_Calidad	RC_Promedio	MSE_Promedio
50	96.491	16.967
75	97.299	21.834
100	97.711	26.006
150	98.194	33.16
200	98.439	39.922
500	98.863	82.744

Tabla de promedios para el compresor custom:

Factor_de_Calidad	RC_Promedio	MSE_Promedio
50	96.676	16.967
75	97.561	21.834
100	98.003	26.006
150	98.551	33.16
200	98.838	39.922
500	99.343	82.744

Figura 12: Gráfica de RSE vs RC (izquierda) y tabla de valores (derecha) del promedio de las imágenes de baja varianza local.

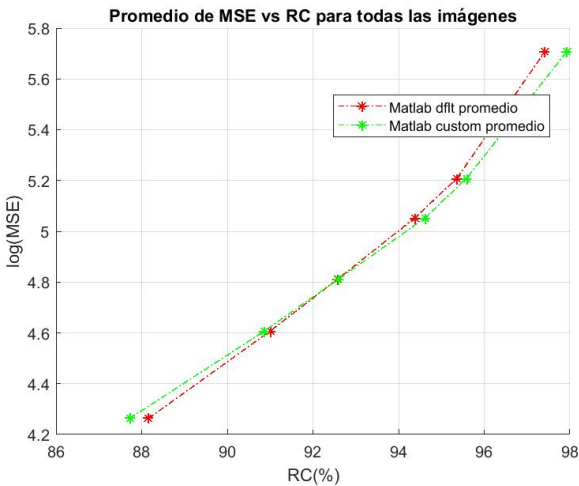


Tabla de promedios para el compresor default:

Factor_de_Calidad	RC_Promedio	MSE_Promedio
50	88.156	71
75	91.002	100.23
100	92.568	122.76
150	94.377	156.4
200	95.36	182.81
500	97.416	300.97

Tabla de promedios para el compresor custom:

Factor_de_Calidad	RC_Promedio	MSE_Promedio
50	87.72	71
75	90.866	100.23
100	92.588	122.76
150	94.615	156.4
200	95.587	182.81
500	97.928	300.97

Figura 13: Gráfica de RSE vs RC (izquierda) y tabla de valores (derecha) del promedio de las imágenes de alta varianza local.



## 5. Conclusiones

En este trabajo se ha realizado un análisis experimental sobre la relación de compresión (RC) y el error cuadrático medio (MSE) de un conjunto de imágenes utilizando dos compresores: uno con tablas Huffman por defecto y otro con tablas Huffman customizadas. Para este análisis, se seleccionaron 10 imágenes, las cuales fueron divididas en dos grupos de 5: uno compuesto por imágenes con baja varianza local y otro con imágenes con alta varianza local.

Se observó que la relación de compresión (RC) es significativamente mejor en el compresor customizado en comparación con el compresor por defecto. Esto se debe a la optimización de las tablas Huffman en el compresor customizado, que permite una codificación más eficiente de los coeficientes de las imágenes.

Además, se constató que el MSE aumenta a medida que la varianza local de las imágenes aumenta. Esto se debe a que las imágenes con alta varianza local (más abruptas o con paisajes menos suaves) generan una mayor pérdida de información durante el proceso de compresión, lo que se traduce en un mayor error cuadrático medio.

Por último, se observó que, al aumentar el factor de calidad, la relación de compresión mejora con respecto al MSE.

En resumen, los resultados obtenidos demuestran que el compresor customizado ofrece una mejor relación de compresión, y que la RC y el MSE están influenciados tanto por la varianza local de las imágenes como por el factor de calidad utilizado en la compresión.

## 6. Anexo: Imágenes

En este anexo se muestran las imágenes utilizadas para el análisis. Estas imágenes se encuentran al final del documento para no interrumpir la narrativa principal.



Figura 14: Visualización Img00



Figura 15: Visualización Img01



Figura 16: Visualización Img02



Figura 17: Visualización Img03



Figura 18: Visualización Img05



Figura 19: Visualización Img07



Figura 20: Visualización Img08



Figura 21: Visualización Img11

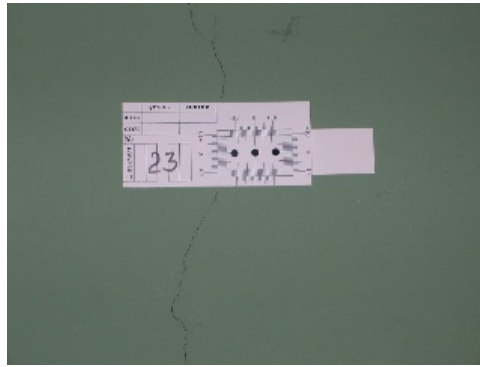


Figura 22: Visualización Img13

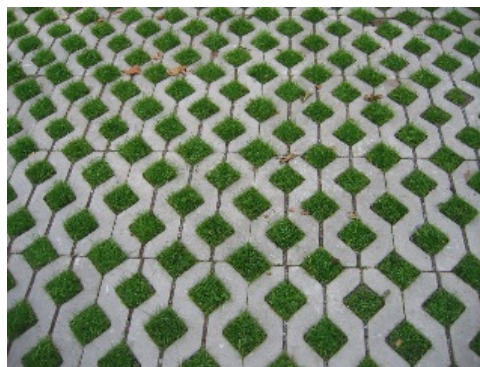


Figura 23: Visualización Img14

## 7. Bibliografía

1. Bhaskaran, V. and Konstantinides, K. (1997). *Image and Video Compression Standards: Algorithms and Architectures*. The Kluwer International Series in Engineering and Computer Science. Springer Science+Business Media, LLC, 2nd edition.
2. Bovik, A. C. (2000). *Handbook of Image and Video Processing*. Academic Press Series in Communications, Networking and Multimedia. Academic Press, 2nd edition.
3. Gonzalez, R. C. and Woods, R. E. (2008). *Digital Image Processing*. Pearson Prentice Hall, 3rd edition.
4. International Telecommunication Union. *Recommendation T.81: Information Technology - Digital Compression and Coding of Continuous-tone Still Images - Requirements and Guidelines*. In Terminal Equipment and Protocols for Telematic Services.
5. Salomon, D. and Motta, G. (2010). *Handbook of Data Compression*. Springer London Dordrecht Heidelberg New York, 5th edition.
6. Sayood, K. (2018). *Introduction to Data Compression*. Morgan Kaufmann, 5th edition.