

UNIVERSIDAD DE MURCIA

COMPRESIÓN DE IMÁGENES BASADA EN DCT:
ESTUDIO EXPERIMENTAL

Práctica Final

Asignatura:
Compresión Multimedia

Alumna:
Lola Conde Herrera

Curso:
2023 - 2024

Índice

1. Resumen	3
2. Introducción	4
2.1. Formato BMP	4
2.2. Transformada discreta del coseno	4
2.3. Parte común de ambos compresores	5
2.4. Parte común de ambos descompresores	5
2.5. Codificación Huffman	6
2.6. Métricas usadas para el análisis	6
2.6.1. Tasa de compresión	6
2.6.2. Error cuadrático medio	6
3. Metodología	8
3.1. Elección de imágenes	8
3.1.1. Imagen con gran diferencia de luminosidad	8
3.1.2. Imagen con poca diferencia de luminosidad	9
3.1.3. Imagen con gran diferencia de luminosidad y colores invertidos	10
3.1.4. Img22.bmp	11
3.1.5. Img03.bmp	12
3.1.6. Img00.bmp	13
3.2. Factores de calidad utilizados	14
3.3. Herramientas utilizadas	14
3.4. Metodología seguida	14
4. Resultados experimentales	15
4.1. Discusión cualitativa de los resultados	15
4.1.1. Imagen con gran diferencia de luminosidad	15
4.1.2. Imagen con poca diferencia de luminosidad	19
4.1.3. Imagen con gran diferencia de luminosidad y colores invertidos	22
4.1.4. Diferencia entre imágenes 1, 2, y 3	25
4.1.5. Img22.bmp	26
4.1.6. Img03.bmp	31
4.1.7. Img00.bmp	36
4.1.8. Todas las imágenes	40
4.2. Discusión cuantitativa de los resultados	40
4.2.1. Imagen con gran diferencia de luminosidad	41
4.2.2. Imagen con poca diferencia de luminosidad	43
4.2.3. Imagen con gran diferencia de luminosidad y colores invertidos	46
4.2.4. Diferencia entre imágenes 1, 2, y 3	47

4.2.5. Img22.bmp	48
4.2.6. Img03.bmp	50
4.2.7. Img00.bmp	51
4.2.8. Todas las imágenes	53
5. Conclusiones	54
6. Bibliografía	55

1. Resumen

Este estudio lleva a cabo una evaluación experimental de la compresión y descompresión de dos compresores JPEG. Un comprisor utiliza el método Huffman por defecto y otro implementa Huffman a medida.

La experimentación se ha llevado a cabo con un conjunto de 6 imágenes, y los resultados se presentan de manera detallada en el documento.

2. Introducción

En esta sección se va a poner en contexto el trabajo, de modo que se explican conceptos fundamentales para su entendimiento.

2.1. Formato BMP

Las imágenes sin comprimir se almacenan como una colección de píxeles con información específica para cada uno. Esta información está determinada por el espacio de color utilizado en la imagen, como RGB o YCbCr, e incluye los valores necesarios para representar el color de cada píxel. Por ejemplo, en el espacio de color RGB, cada píxel se compone de valores de rojo (R), verde (G) y azul (B).

Las imágenes en formato BMP se almacenan sin aplicar compresión, lo que implica que no se produce pérdida de información durante este proceso. Estas imágenes pueden ser representadas con diversos espacios de color, siendo el espacio RGB uno de los compatibles con el formato BMP.

Por otro lado, el formato JPEG utiliza compresión con pérdida para reducir el tamaño de la imagen, lo que conlleva a una pérdida de información.

Los formatos admitidos por los compresores empleados son BMP y JPEG. En el contexto de este estudio, se limita el uso exclusivo de imágenes con formato BMP nativo. Esta elección se fundamenta en el propósito del estudio de analizar la pérdida de información asociada a la compresión de las imágenes. No sería pertinente examinar la pérdida de información en imágenes que ya han experimentado una reducción de datos antes de ser sometidas al proceso de compresión.

2.2. Transformada discreta del coseno

La transformada discreta del coseno se suele utilizar con imágenes (dos dimensiones), de forma que sus coeficientes se transforman, y todos ellos contienen información de toda la imagen, al contrario de imágenes almacenadas con formato RGB, donde cada píxel tienen información de ese píxel independientemente de los demás. Esto hace que eliminar ciertos coeficientes permita reducir el tamaño de la imagen, disminuyendo la calidad de esta, sin obtener trozos sin información y otros con toda la información, como ocurriría en BMP si se eliminan ciertos píxeles.

La transformada discreta del coseno de una imagen no disminuye la calidad de esta, es decir, si no se eliminan coeficientes y se realiza la transformada inversa del coseno se vuelve a obtener la misma imagen. El eliminar ciertos coeficientes es lo que elimina cierta información, disminuyendo el tamaño y la calidad de la imagen.

Esta transformada se aplica en los compresores utilizados, al igual que indica el estándar JPEG, en bloques de 8x8 de forma que la imagen se divide en bloques de 8x8 y se calcula su transformada de forma independiente.

2.3. Parte común de ambos compresores

En primer lugar, los compresores a utilizar en el estudio convierten el espacio de color a YCbCr. Este espacio de color tiene valores para luminancia (Y) y dos componentes de crominancia (Cb y Cr).

En segundo lugar, se realiza la transformada discreta del coseno. Esta transformada se realiza a los 3 valores de YCbCr, de forma que se realiza para Y, Cb, y Cr. Como se nombró anteriormente no se realiza la transformada de las matrices de dos dimensiones completas, sino que se dividen en bloques de 8x8 para hacer la transformada de cada uno. Por esta razón, antes de realizar la transformada se amplía las dimensiones de la imagen a múltiplos de 8 píxeles.

En tercer lugar, esta transformada se cuantiza. Esto significa que se divide cada coeficiente transformado por un valor y este se redondea, de forma que se descartan los valores nulos (0s). El valor por el que se divide cada coeficiente depende de la posición de este (se usan las matrices de cuantización recomendadas en ITU T.81 para crominancia y luminancia) y del factor de calidad usado, de forma que a mayor valor del factor de calidad, más información se elimina de la imagen.

En cuarto lugar, se codifican las 3 matrices cuantizadas usando Huffman y se guardan en un archivo con toda la información necesaria para descomprimir la imagen. En este paso, se diferencian los dos compresores.

2.4. Parte común de ambos descompresores

También se tienen dos descompresores, uno por cada compresor.

En primer lugar, se recupera la información almacenada y se descomprimen las matrices que fueron comprimidas con Huffman. Este paso es diferente dependiendo del compresor utilizado previamente, y por consiguiente, su descompresor.

En segundo lugar, se descuantizan los bloques de 8x8 de las matrices descomprimidas. Esto se realiza con las mismas matrices de cuantización usadas en la compresión y el mismo factor de calidad (que fue almacenado en el archivo comprimido).

En tercer lugar, se calcula la transformada inversa del coseno, de forma que se obtiene la imagen en el espacio de color YCbCr.

En cuarto lugar, se convierte la imagen del espacio de color YCbCr al espacio de

color RGB, y se recompone el tamaño original de la imagen, debido a que este había sido modificado anteriormente para que la matriz tuviera dimensiones múltiplos de 8 píxeles.

2.5. Codificación Huffman

La codificación Huffman es un método de compresión de datos que asigna códigos de longitud variable a símbolos, de forma que se asignan códigos más cortos a los símbolos más frecuentes y más largos a los menos frecuentes. Esto permite que se reduzca el tamaño del archivo comprimido.

Uno de los compresores utiliza Huffman a medida, de forma que se deben analizar la frecuencia de los símbolos distintos de las matrices cuantizadas y crear tablas de codificación Huffman para cada matriz, de forma que la compresión sea la máxima posible. Se deben de almacenar las tablas de codificación Huffman para poder descomprimir posteriormente.

El otro compresor utiliza Huffman por defecto, de forma que las tablas de codificación ya están creadas sea cual sea la imagen. Esto permite que no se almacenen las tablas de codificación en el archivo comprimido, al ser siempre las mismas.

2.6. Métricas usadas para el análisis

Las métricas usadas para analizar el comportamiento de los compresores y descompresores son la tasa de compresión y el error cuadrático medio.

2.6.1. Tasa de compresión

La tasa de compresión (RC), es un porcentaje que expresa la reducción proporcional en tamaño entre el archivo original y el comprimido. Por esta razón, cuanto mayor sea la tasa, más compresión habremos alcanzado.

Su fórmula es la siguiente:

$$RC = 100 * \frac{\text{Tamaño del archivo original} - \text{Tamaño del archivo comprimido}}{\text{Tamaño del archivo original}}$$

2.6.2. Error cuadrático medio

El error cuadrático medio (MSE), es una métrica que expresa el error promedio entre valores de píxeles originales y descomprimidos.

Se calcula sumando los cuadrados de las diferencias de los píxeles individuales, y dividiendo su resultado entre el número de píxeles.

Por esta razón, cuanto más bajo sea el MSE, mejor calidad tendrá la imagen descomprimida.

3. Metodología

En esta sección se va a explicar el trabajo realizado. En primer lugar, se va a explicar la razón de la elección de cada imagen y qué resultados se esperan de esta. Posteriormente, se va a explicar la razón de los factores de calidad seleccionados. Por último, se va a explicar qué herramientas se han utilizado para hacer el estudio y qué metodología se ha seguido.

3.1. Elección de imágenes

3.1.1. Imagen con gran diferencia de luminosidad

Se considera interesante analizar la compresión en una imagen con gran diferencia de luminosidad, de forma que se vea cómo funcionan los compresores en estas situaciones.

Para ello, se ha creado en Paint y guardado posteriormente en formato BMP una imagen con mucho contraste (negro, blanco, y un gris muy claro):

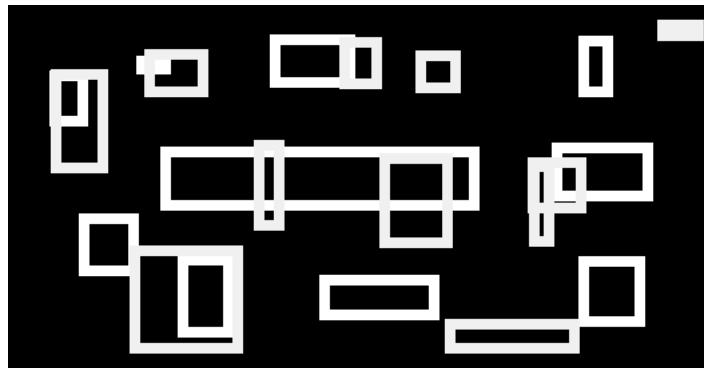


Figura 1: Diferencia de luminosidad

Información de la imagen:

- Tamaño de la imagen: 420.7 KB
- Ancho de la imagen: 524 píxeles
- Alto de la imagen: 274 píxeles

Los factores que podrían afectar a la compresión de esta imagen son:

- Su bajo nivel de detalle: Se trata de una imagen con poco detalle, lo que ayuda a que se comprima de forma más eficiente. Esto ocurre por la transformada

del coseno, que al tener valores con poca variabilidad, como las zonas negras de gran tamaño, sus coeficientes son, en su mayoría, cercanos a cero.

- Los bordes nítidos: La presencia de bordes nítidos en los cuadrados podría hacer que se genere una falsa ilusión de poca calidad al comprimir la imagen, debido a que una leve difuminación de estos podría verse mucho en una imagen tan simple.

Por su simpleza, se espera que la imagen tenga un buen resultado en los estudios.

3.1.2. Imagen con poca diferencia de luminosidad

Se ha considerado interesante examinar una imagen con poca diferencia de luminosidad.

Esta imagen se ha creado modificando la imagen 1, de modo que no afecten hechos como la forma de la imagen para estudiar el fenómeno de la luminosidad. De esta manera, se permitirá ver si hay una gran diferencia en la relación de compresión o en el error cuadrático medio con imágenes con mucha y poca diferencia de luminosidad.

La imagen se creó en Paint y se guardó posteriormente en formato BMP:

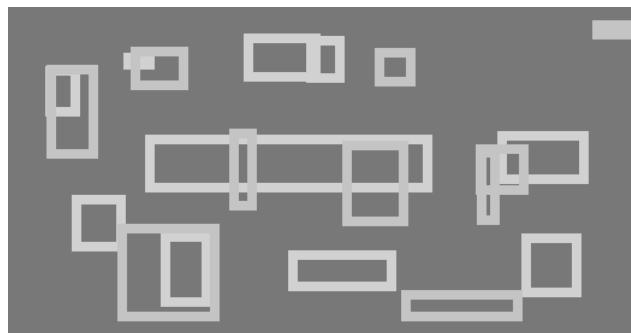


Figura 2: Poca diferencia de luminosidad

Como se puede observar, es la misma figura anterior con ciertos cambios importantes, ya que se ha aclarado el fondo de forma que sea más grisáceo, y se ha oscurecido lo claro de forma que el gris sea más oscuro y el blanco sea gris. Esto genera que la gran diferencia de luminosidad se convierta en poca diferencia.

Información de la imagen:

- Tamaño de la imagen: 420.7 KB
- Ancho de la imagen: 524 píxeles

- Alto de la imagen: 274 píxeles

Los factores que podrían afectar a la compresión de esta imagen son:

- Su bajo nivel de detalle: Tal y como sucedía en la figura 1, su bajo nivel de detalle contribuye a una mayor compresión.
- Los bordes nítidos: Esto también podría afectar, dando la sensación de poca calidad visual cuando empiecen a hacer errores, debido a la simpleza de la imagen se verá mucho si el borde deja de ser nítido.

Por su simpleza, se espera que la imagen tenga un buen resultado en los estudios.

3.1.3. Imagen con gran diferencia de luminosidad y colores invertidos

Para poder examinar bien los sucesos ocurridos con mucha y poca diferencia de luminosidad, se va a examinar la misma imagen vista anteriormente (imágenes 1 y 2), pero con el fondo blanco y rectángulos negro y gris muy oscuro.

De esta forma, se va a poder analizar de forma más precisa si los errores que se van introduciendo en la imagen cuando se va aumentando el factor de calidad se deben en su totalidad a la gran diferencia de luminosidad, o que una zona de la imagen sea de color negro o blanco también influye en los errores introducidos en esa zona.

La imagen se creó en Paint, modificando la imagen ya creada y se guardó posteriormente en formato BMP:

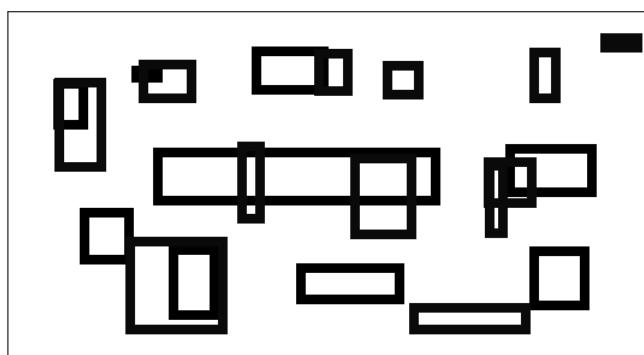


Figura 3: Diferencia de luminosidad y colores invertidos

Se ha añadido un borde negro al dibujar la imagen en el documento, pero este no está en la imagen original, que será la que se analizará. La adición de este borde se debe al fondo blanco del documento, que al ser del mismo color que el fondo de la imagen, se diluye. Se cree que se visualiza mejor con el borde negro.

Información de la imagen (similar a las dos anteriores):

- Tamaño de la imagen: 420.7 KB
- Ancho de la imagen: 524 píxeles
- Alto de la imagen: 274 píxeles

Los factores que podrían afectar a la compresión de esta imagen son los mismos que los de la imagen 1: su bajo nivel de detalle, y sus bordes nítidos.

En general, se espera que tenga resultados similares a la imagen 1.

3.1.4. Img22.bmp

Para observar cómo funcionan los compresores con imágenes de muchos colores y con muchos detalles, se ha decidido utilizar la imagen proporcionada por los profesores de la asignatura:



Figura 4: Playa con un barco en la arena y nubes en el cielo

Información de la imagen:

- Tamaño de la imagen: 301.1 KB
- Ancho de la imagen: 640 píxeles
- Alto de la imagen: 480 píxeles

Los factores que podrían afectar a la compresión son:

- La gran cantidad de detalles de la foto: Al tener tantos detalles, es esperable que el MSE aumente de forma acelerada
- La gran cantidad de colores: Al contrario que en las imágenes anteriores (en blanco y negro), esta contiene multitud de colores. Esto podría hacer que

el RC sea menor que en las anteriores imágenes, ya que no solo hay píxeles variados en la componente de luminancia, sino también en las componentes de crominancia.

3.1.5. Img03.bmp

Se va a utilizar la siguiente imagen proporcionada por los profesores de la asignatura:



Figura 5: Montón de candados

Información de la imagen:

- Tamaño de la imagen: 900.1 KB
- Ancho de la imagen: 480 píxeles
- Alto de la imagen: 640 píxeles

Se considera una imagen interesante por la presencia de:

- Letras: Las letras, al tener un formato tan definido, son fácilmente detectables los errores introducidos por la compresión en estas.
- Colores muy parecidos: El tener colores muy similares (el color de los candados) es un signo de que la imagen obtendrá un gran ratio de compresión, ya que los compresores tienden a unificar los valores cercanos, y Huffman funciona mejor con pocos valores distintos.
- Las rayas: Ya se vio cómo funcionan las rayas definidas sobre imágenes muy simples (imágenes 1, 2, y 3). Se considera interesante ver si los errores son tan

notables en imágenes con más cantidad de detalles y colores diferentes.

- Los detalles: Se trata de una imagen con bastantes detalles, lo que podría hacer que su ratio de compresión bajara.

3.1.6. Img00.bmp

Se ha escogido la siguiente imagen proporcionada por los profesores:



Figura 6: Figura y cielo con nubes

La imagen tiene las siguientes características:

- Tamaño de la imagen: 900.1 KB
- Ancho de la imagen: 480 píxeles
- Alto de la imagen: 640 píxeles

Se considera una fotografía interesante, ya que tiene las mismas características que la imagen 5, pero contiene una cantidad visiblemente menor de detalles. De esta manera, se podrá ver cómo afectan la cantidad de detalles en la compresión.

El factor que más podría afectar a la imagen son sus colores, ya que tiene zonas con colores bastante homogéneos, y la pequeña cantidad de detalles. Por esta razón, se cree que el MSE no aumentará tanto como en imágenes como la 4 y 5.

3.2. Factores de calidad utilizados

El factor de calidad utilizado tiene un impacto directo en la calidad de la imagen resultante. Por esta razón, se evaluará cada imagen con distintos factores de calidad.

Los factores de calidad que se utilizarán serán 20, 50, 100, 200, 400, 800, 1000 y 2000. Los valores más bajos, como 20 y 50, proporcionarán una mayor calidad en las imágenes en comparación con los valores más altos, como 1000 o 2000.

La diferencia entre los primeros valores es pequeña, como 30 o 50, y aumenta a medida que se incrementa el factor hasta llegar a 1000. De esta forma, se podrán analizar de forma correcta, tanto imágenes que experimenten una gran diferencia de calidad o una gran compresión con factores de calidad bajos, como imágenes que experimenten esto con factores de calidad más elevados.

3.3. Herramientas utilizadas

Para los estudios, tanto cuantitativos como cualitativos, de las imágenes, no se ha utilizado ningún script. Se han copiado a mano los resultados, y se ha utilizado la herramienta Excel para presentar los resultados en una gráfica.

3.4. Metodología seguida

En primer lugar, se han creado los dos compresores a estudiar en el trabajo.

Posteriormente, se han seleccionado las imágenes a utilizar en el estudio.

Una vez seleccionadas las imágenes, se han ejecutado los compresores y se han guardado las imágenes y los valores de las métricas obtenidos.

Una vez hecho esto, se han analizado los resultados de la primera imagen, realizando el estudio cualitativo primero y el cuantitativo después. Después, se han ejecutado las siguientes imágenes de este mismo modo.

4. Resultados experimentales

En esta sección, se van a presentar los resultados experimentales.

4.1. Discusión cualitativa de los resultados

En primer lugar, se van a analizar los resultados de cada imagen en solitario, y, posteriormente, se van a analizar los resultados de las imágenes en conjunto. Se ha añadido una comparación de las primeras tres imágenes ya que, debido a su gran parecido, se pueden sacar muchas conclusiones de estas.

Para cada comparación de imagen en solitario, se van a presentar las imágenes con el compresor usado (“Default” para el que usa Huffman por defecto y “Custom” para el que usa Huffman a medida) y el factor de calidad usado en su compresión/descompresión. Se presentan las imágenes comprimidas con el mismo factor de calidad en la misma línea, de forma que sea más fácil comparar los resultados obtenidos de ambos compresores/descompresores.

Se van a añadir comentarios en las comparaciones, además de las imágenes, de modo que se pueda ver la comparación realizada además del resultado de la compresión.

Se han insertado las fotos en el documento una vez pasadas a png, debido a que Latex no permite insertar fotos en bmp. Se ha querido usar png de forma que la imagen no sufra pérdida de calidad (al comprimir sin pérdidas). De esta forma, se consigue visualizar las imperfecciones añadidas por la compresión de Custom y Default, y no las introducidas por un tercer compresor.

4.1.1. Imagen con gran diferencia de luminosidad

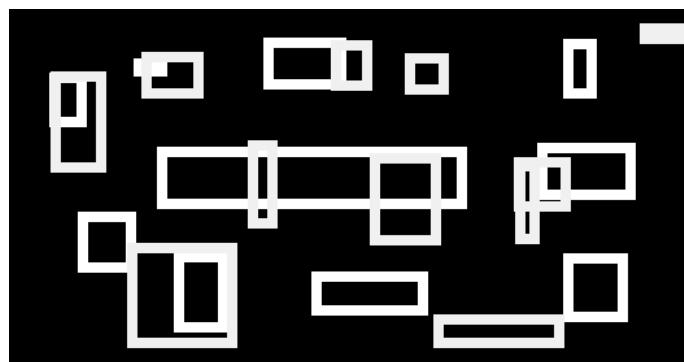


Figura 7: Imagen original

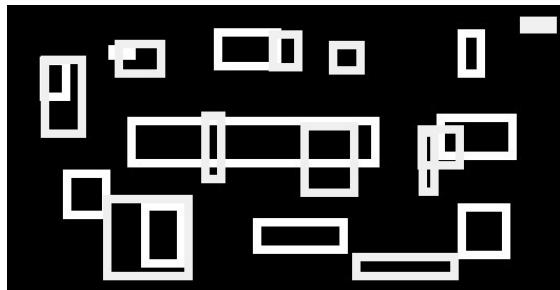


Figura 8: Default 20

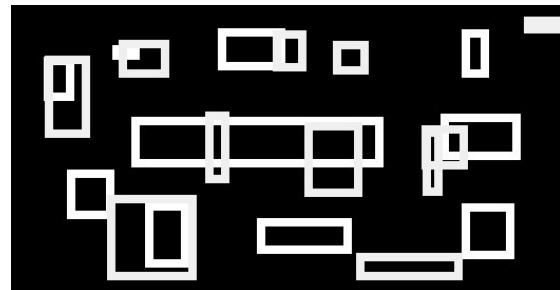


Figura 9: Custom 20

A simple vista, ambas imágenes se ven similares a la original. Si se amplían, en ambas se ve un pequeño grupo de píxeles que tienen distintos colores muy similares (deberían tener todos el mismo color, debido a que la imagen original solo tenía 3 colores y no una mezcla de estos) en ciertas zonas claras. Sin embargo, esta diferencia es casi imperceptible, y solo se observa si se mira atentamente la imagen ampliada.

A su vez, si se amplía se puede observar cómo la imagen original se ve más nítida que las descomprimidas. Este suceso ya se comentó anteriormente, ya que sus bordes tan nítidos podría hacer que visualmente se viera mal la imagen con poca compresión.

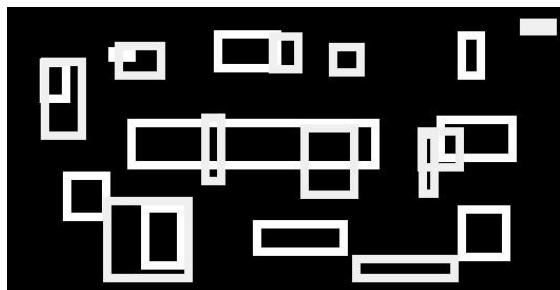


Figura 10: Default 50

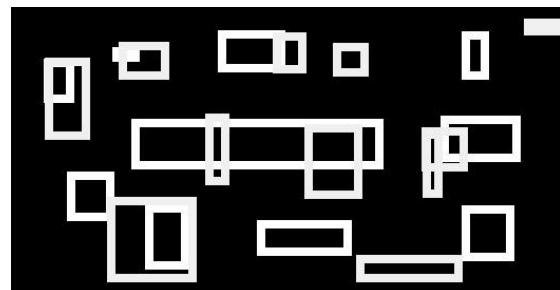


Figura 11: Custom 50

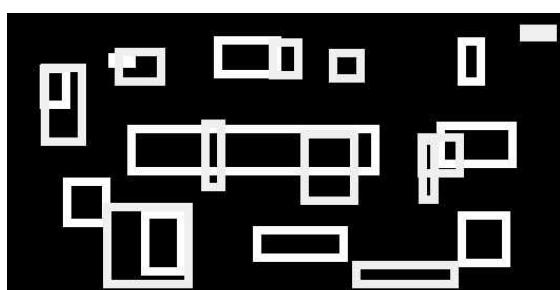


Figura 12: Default 100

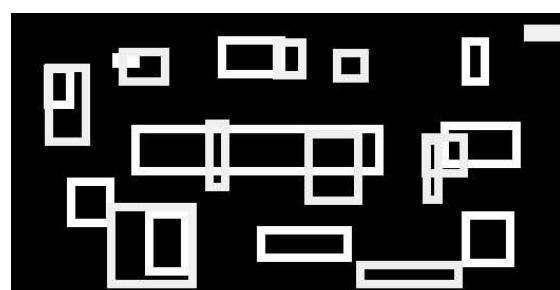


Figura 13: Custom 100

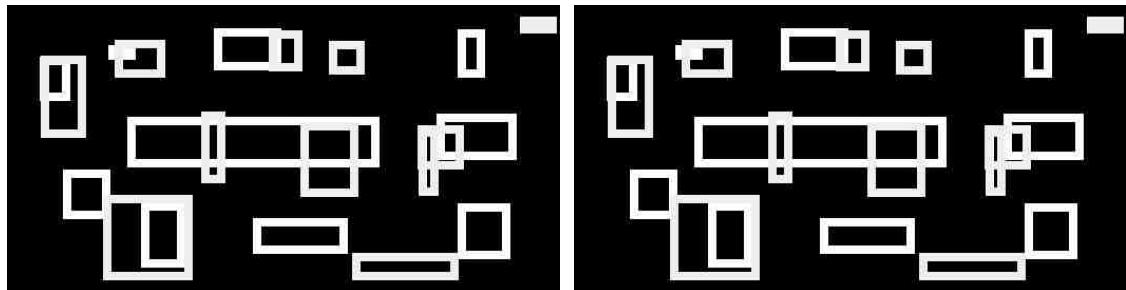


Figura 14: Default 200

Figura 15: Custom 200

Usando factores de calidad 50, 100, y 200, estas zonas casi imperceptibles se van haciendo más notables (se ven más con el factor calidad 200 que con el 100, y más con el factor 100 que con el 50). Sin embargo, si se observan las imágenes sin ampliarlas en exceso estas zonas no se ven. Por esta razón, si se quiere usar la imagen como una imagen normal, y no en un tamaño excesivamente grande (tal y como ponerla de fondo de una página web, ampliando la imagen), las imágenes tienen una gran calidad.

Los bordes de estas imágenes, que se creía que sería un inconveniente, en estas calidades se siguen viendo de forma nítida si se observan las imágenes sin ampliar.

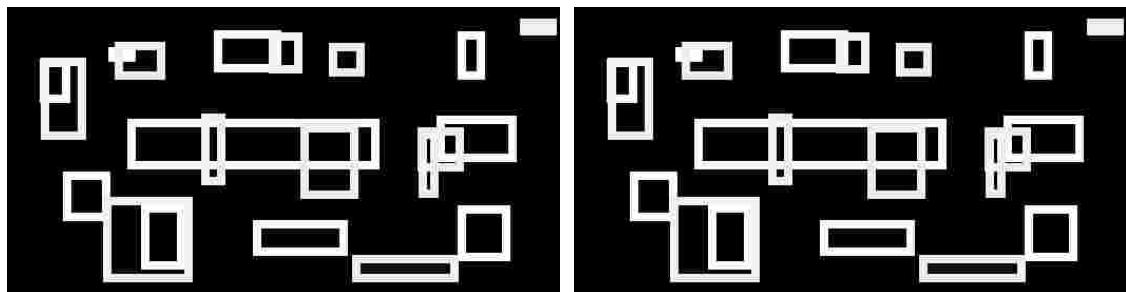


Figura 16: Default 400

Figura 17: Custom 400

Con el factor de calidad 400, las imágenes empiezan a tener, en las zonas claras, rayas horizontales y verticales de color más oscuro, de forma que se ve de poca calidad. Los bordes hasta este factor de calidad se siguen viendo bastante nítidos en su mayoría (si no se amplía la imagen), aunque se ven menos nítidos que con los anteriores factores de calidad.

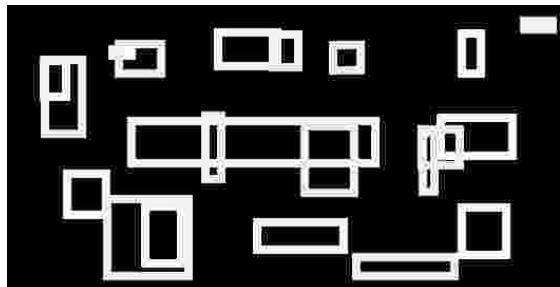


Figura 18: Default 800

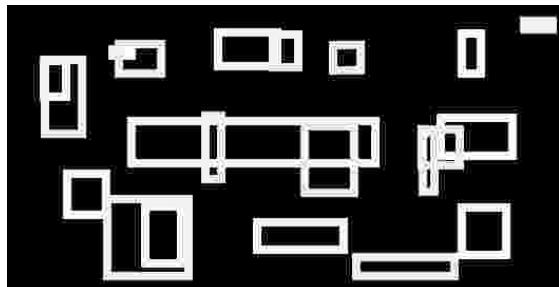


Figura 19: Custom 800

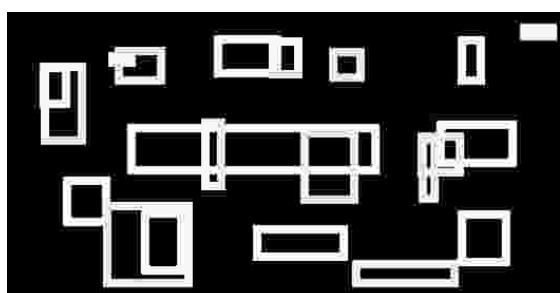


Figura 20: Default 1000

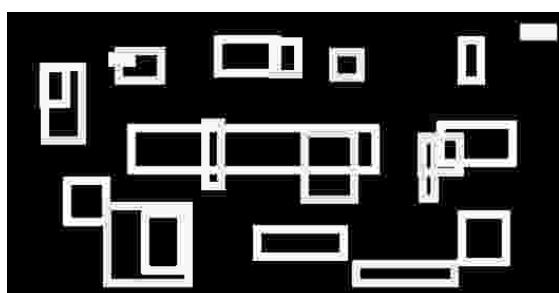


Figura 21: Custom 1000

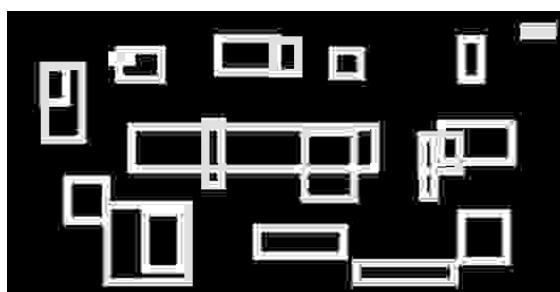


Figura 22: Default 2000



Figura 23: Custom 2000

A partir del factor de calidad 800, los bordes son muy difusos. Las zonas claras cada vez se ven más invadidas por partes oscuras. Se ven con muy poca calidad.

Como se ha podido observar, las imágenes se han visto de forma correcta visualmente hasta el factor de calidad 200, aunque si se amplían se puede observar las consecuencias de tener bordes nítidos y mucha diferencia de luminosidad, que empeora la calidad visual de estas.

Su simpleza (cuadrados de color claro sobre fondo negro, sin figuras complejas) hace que las diferencias se vean más, debido a que si hay una diferencia, esta es fácilmente observable (como zonas con píxeles blancos y grises mezclados) y no se cree parte de la imagen.

Por otro lado, no se ha visto una gran diferencia entre ambos compresores, por lo que se ha comentado lo que ocurría de forma conjunta.

4.1.2. Imagen con poca diferencia de luminosidad

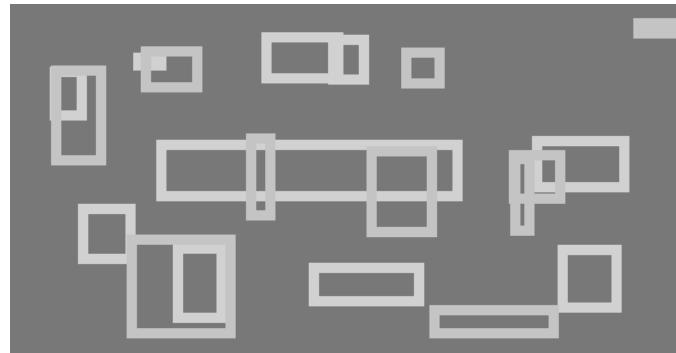


Figura 24: Imagen original

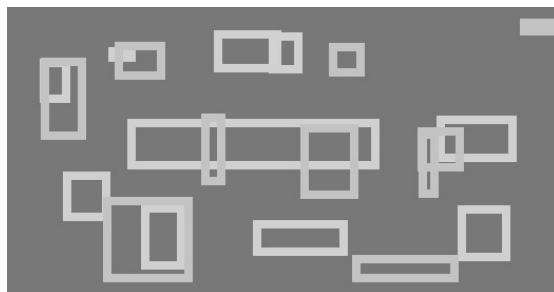


Figura 25: Default 20

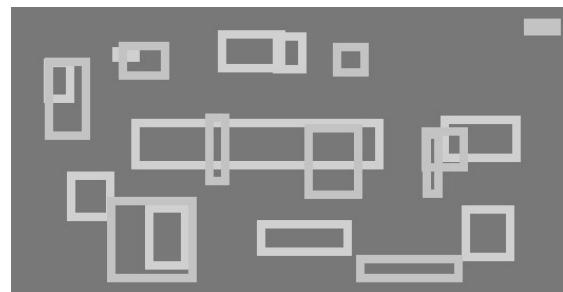


Figura 26: Custom 20

Con factor de calidad 20, ocurre lo mismo que ocurría en la imagen con gran diferencia de luminosidad, si se amplía en exceso se ve un pequeño grupo de píxeles que tienen distintos colores muy similares, cuando deberían ser del mismo color. Sin embargo, es resaltable que, en las partes del fondo muy cercanas a los rectángulos, hay ciertas zonas en las que también se ven estos grupos de píxeles. Este suceso del fondo no ocurría en la imagen con gran diferencia de luminosidad.

Además, si se amplían, se ven menos nítidas que las originales, pero esto no es muy perceptible con una sola imagen, sólo se percibe si se tiene la original al lado, de forma que se ve que la original tiene una diferencia más abrupta en los bordes que las comprimidas. Sin embargo, esto es prácticamente imperceptible. Por lo tanto, si se requiere de una imagen de muy buena calidad, esta imagen lo es.

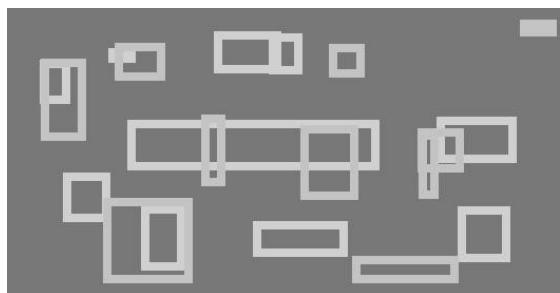


Figura 27: Default 50

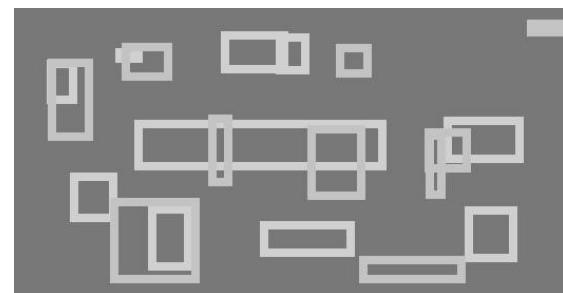


Figura 28: Custom 50

Con el factor de calidad 50, las zonas de píxeles con diferentes colores se van haciendo cada vez más notables, hecho que seguirá ocurriendo con el aumento del factor de calidad, por lo que no se volverá a comentar.

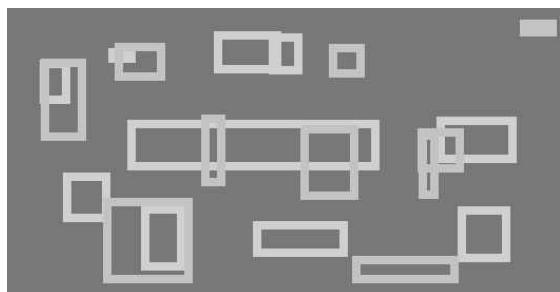


Figura 29: Default 100

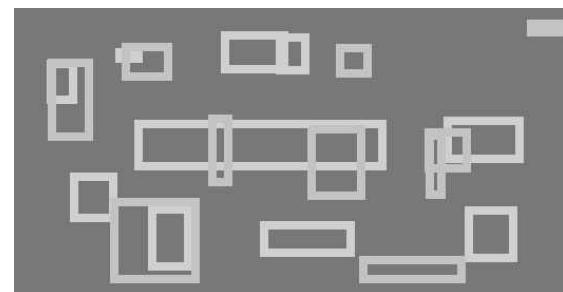


Figura 30: Custom 100

Con el factor 100, empiezan a aparecer ciertas líneas horizontales y verticales. Este hecho ocurría en la imagen con gran diferencia de luminosidad a partir del factor 400.

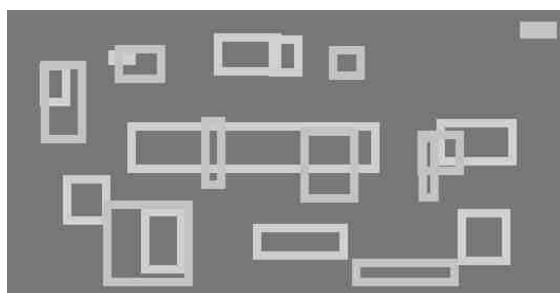


Figura 31: Default 200

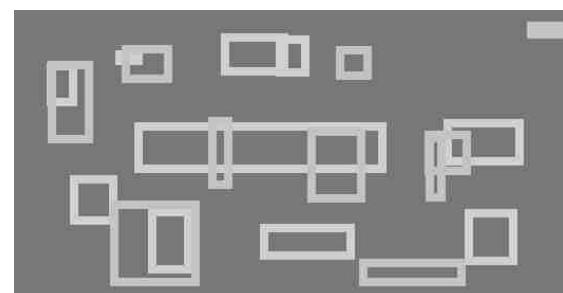


Figura 32: Custom 200

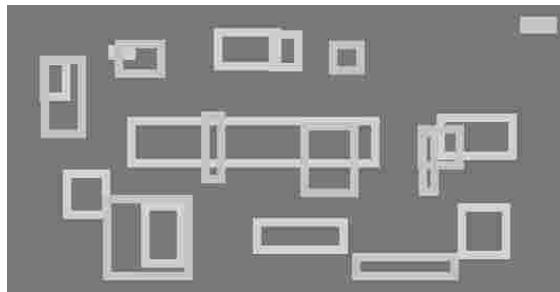


Figura 33: Default 400

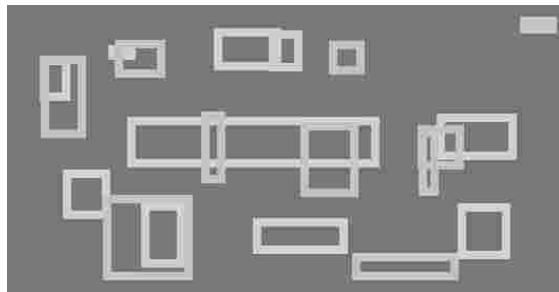


Figura 34: Custom 400

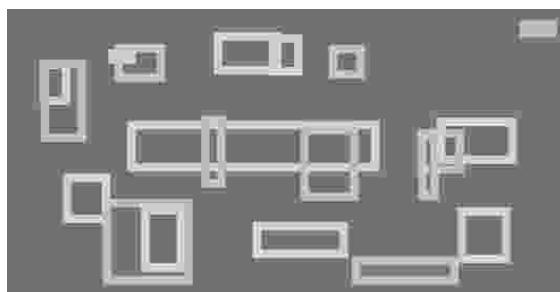


Figura 35: Default 800

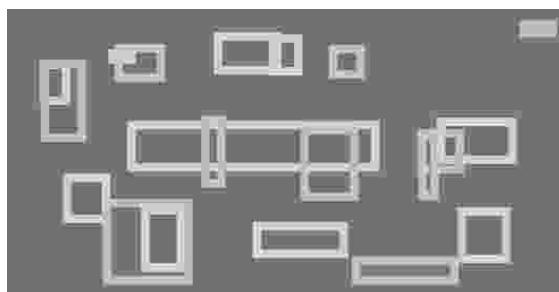


Figura 36: Custom 800

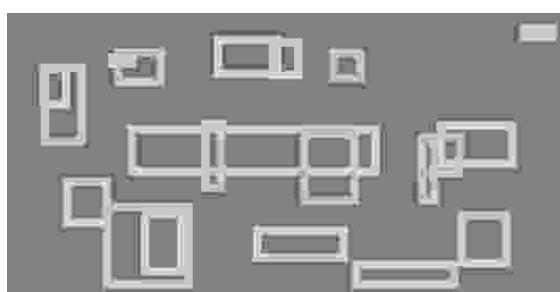


Figura 37: Default 1000

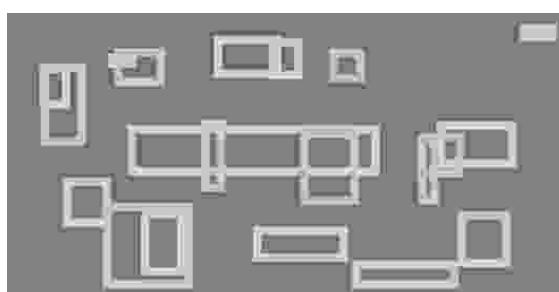


Figura 38: Custom 1000

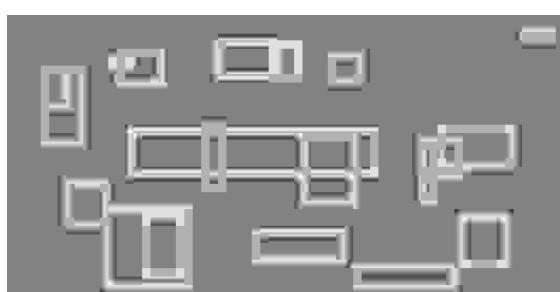


Figura 39: Default 2000

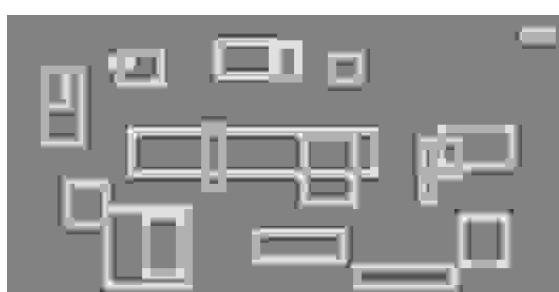


Figura 40: Custom 2000

A partir del 200, cada vez hay menos nitidez en la imagen, aunque el fondo, al igual que ocurría en la imagen 1, sigue siendo nítido en las zonas alejadas de los

rectángulos. A su vez, cada vez hay más presencia de líneas horizontales, y cada vez estas son más notables.

En las imágenes de factor de calidad 2000 se puede observar cómo, mientras en la imagen 1 se veía la zona original del rectángulo, y líneas a su alrededor horizontales y verticales, en la imagen con poco contraste esta zona de rectángulo es mayor, invadiendo el fondo en mayor medida, y se ha hecho más borrosa. Esto podría ocurrir debido a que esta imagen se degrada con más rapidez que la imagen 1, y por lo tanto en el factor de calidad 2000 se ve mucho peor.

Se considera importante insistir en la diferencia en calidad visual entre la imagen 1 y esta imagen, debido a que esta empeora más rápidamente con el aumento del factor de calidad.

A su vez, las zonas del fondo se ven más afectadas por los rectángulos que en la imagen 1, en la que la diferencia se veía prácticamente sólo en los rectángulos y el fondo se veía muy poco alterado.

Por último, resaltar cómo las imágenes comprimidas con el mismo factor de calidad en ambos compresores se ven igual.

4.1.3. Imagen con gran diferencia de luminosidad y colores invertidos

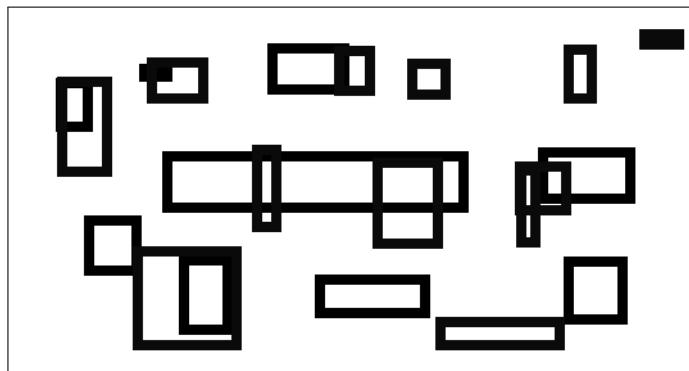


Figura 41: Imagen original

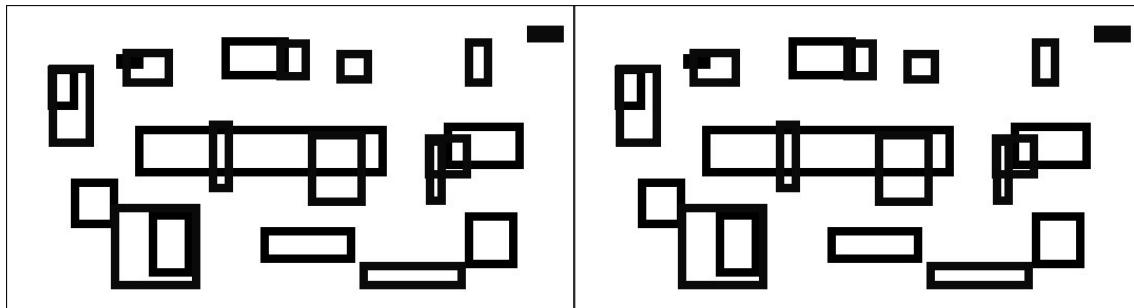


Figura 42: Default 20

Figura 43: Custom 20

A simple vista, las imágenes se ven similares a la original. Si se amplían y se observa la original ampliada a su lado, se puede observar que las comprimidas son menos nítidas. Como esto sólo es perceptible con la original al lado, se considera que las imágenes tienen una gran calidad visual.

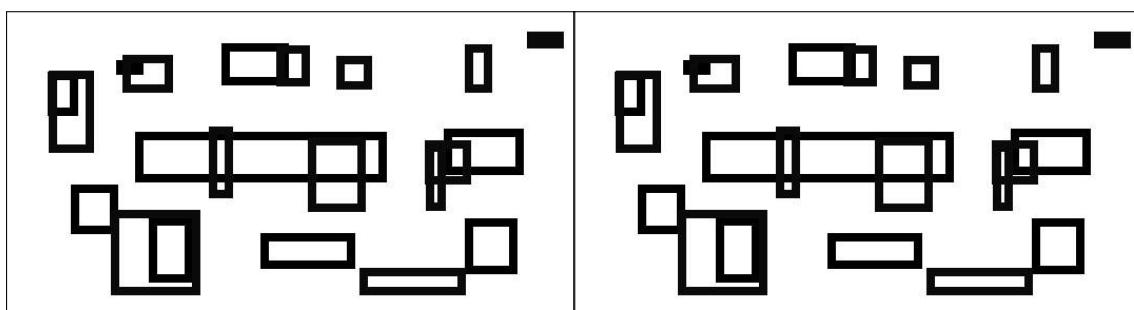


Figura 44: Default 50

Figura 45: Custom 50

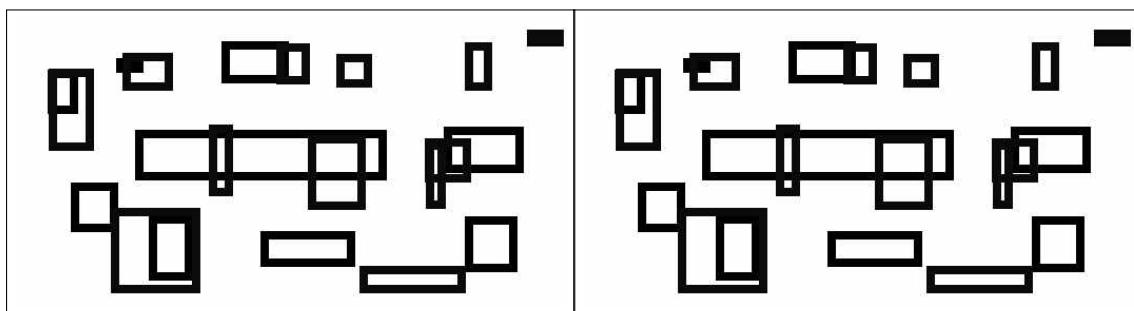


Figura 46: Default 100

Figura 47: Custom 100

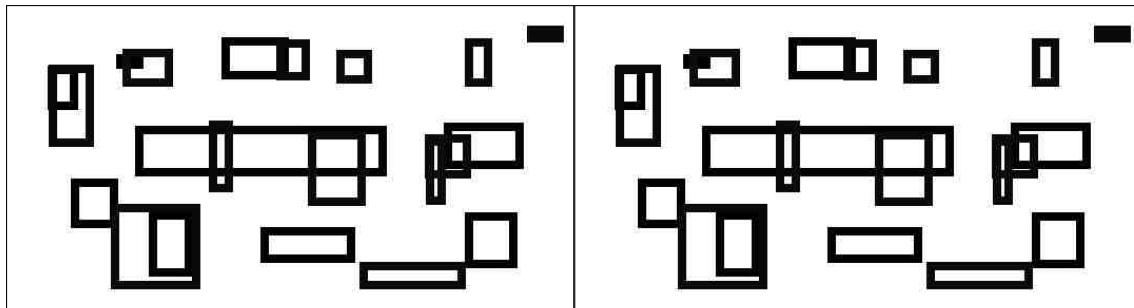


Figura 48: Default 200

Figura 49: Custom 200

Usando factores de calidad 50, 100, y 200, empiezan a aparecer ciertas zonas de píxeles de distintos colores (deberían haber zonas de un solo color) en la parte del fondo pegada a los rectángulos. Cuando aumenta el factor de calidad, cada vez se ven más estas zonas. Aun así, estas imágenes se ven con buena calidad visual.

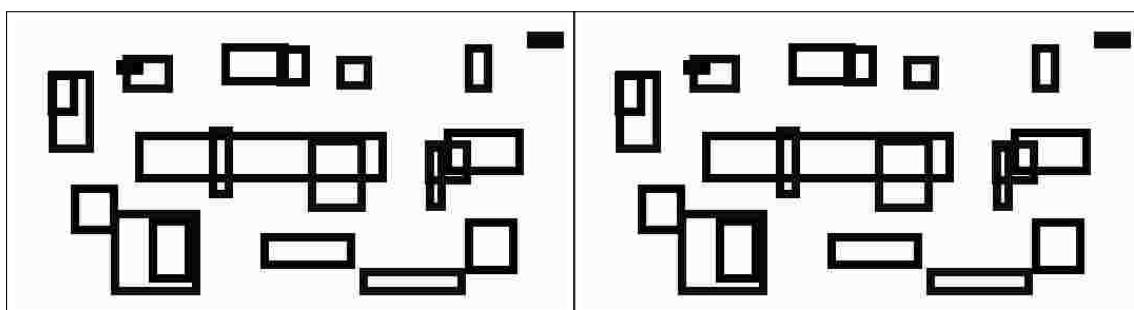


Figura 50: Default 400

Figura 51: Custom 400

Empiezan a aparecer líneas horizontales y verticales más oscuras en el fondo (blanco) cuando este se encuentra cerca de los rectángulos.

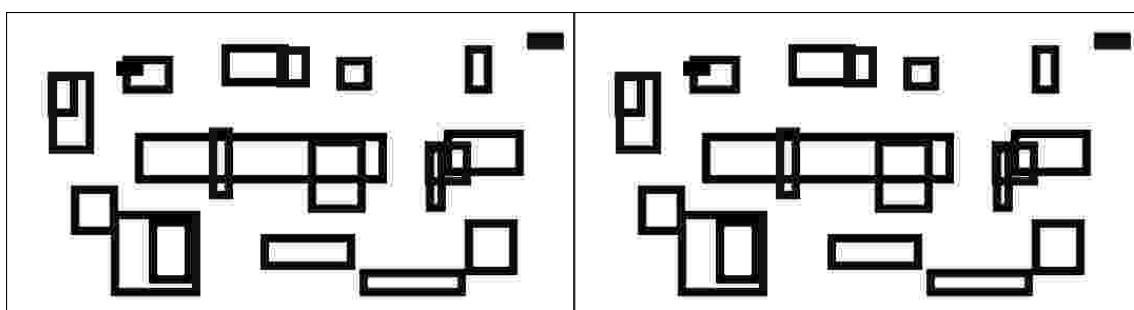


Figura 52: Default 800

Figura 53: Custom 800

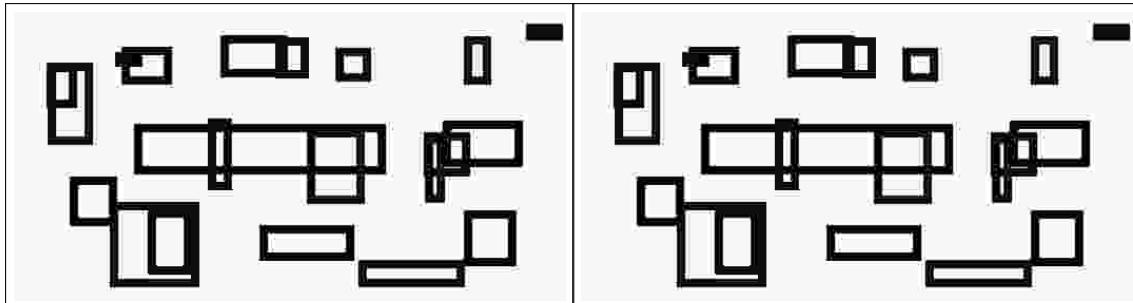


Figura 54: Default 1000

Figura 55: Custom 1000

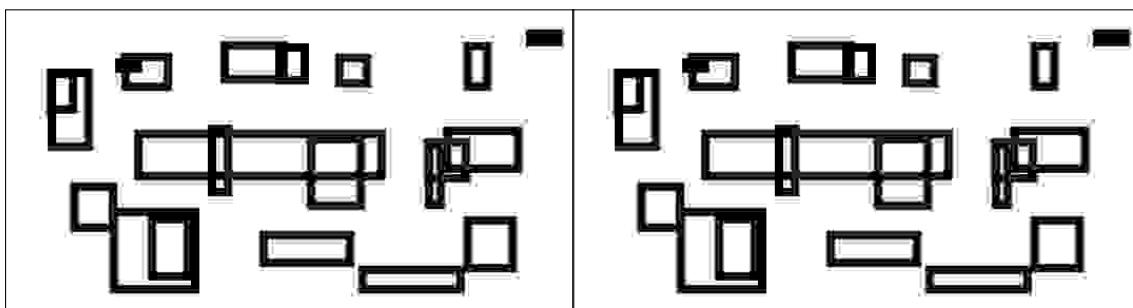


Figura 56: Default 2000

Figura 57: Custom 2000

En los siguientes factores de calidad, cada vez se ve menos nítido, y cada vez se ven más rayas horizontales y verticales, y estas se ven más oscuras.

Las imágenes comprimidas con el mismo factor de calidad en ambos compresores se ven igual, por lo que se han comentado los errores que van apareciendo de forma conjunta.

4.1.4. Diferencia entre imágenes 1, 2, y 3

Es destacable como, en la imagen 3, los errores se perciben en la zona del fondo y en la imagen 1 los errores se percibían en los rectángulos. A su vez, en la imagen 2 los errores se percibían tanto en el fondo como en los rectángulos.

Si se observa muy de cerca las imágenes 1 y 3, y conociendo la otra imagen y dónde aparecen errores en ella, se puede llegar a percibir levemente los mismos cambios en la zona del fondo negra y en la zona del fondo blanca, y en los rectángulos negros y claros.

Sin embargo, a pesar de ampliar la imagen, estos errores en zonas negras no son casi perceptibles, a pesar de ser los mismos que en las mismas zonas en claro. Esto ocurre por que las “manchas” oscuras sobre fondo blanco son más perceptibles al ojo humano que las “manchas” claras sobre el fondo oscuro.

De esto, se puede concluir que:

- Los errores introducidos por la compresión se producen en las zonas en las que cambian la luminosidad de esta.
- Los errores introducidos por la compresión no son casi perceptibles en zonas de color negro.
- En las zonas homogéneas, no se introduce error por la compresión.
- Cuando los valores de luminosidad son diferentes pero muy cercanos, esta empeora con mucha rapidez con el aumento del factor de calidad. La razón de esto podría ser la cuantización de la transformada discreta del coseno, ya que existe la posibilidad de que los coeficientes resultantes se redondeen a valores más similares o incluso idénticos, lo que podría inferir en una rápido empeoramiento visual con el aumento del factor de calidad.

4.1.5. Img22.bmp



Figura 58: Imagen original



Figura 59: Default 20



Figura 60: Custom 20



Figura 61: Default 50



Figura 62: Custom 50



Figura 63: Default 100



Figura 64: Custom 100

Hasta el factor de calidad 100, las imágenes se ven similares a la original.

La diferencia encontrada son las letras escritas en el barco, que se van haciendo cada vez menos nítidas. A pesar de ello, las letras se siguen entendiendo con facilidad.



Figura 65: Default 200



Figura 66: Custom 200



Figura 67: Default 400



Figura 68: Custom 400

Se va viendo cambios en:

- La imagen en general: Se ve menos nítidas que la original, viéndose cada vez más “pixelada”. Con el aumento del factor de calidad, esta nitidez cada vez es menor.
- El cielo: Con bajos factores de calidad (hasta 100), se ven diversos azules con transiciones difuminadas. A partir del 200, estas transiciones son cada vez más bruscas.
- El suelo: Empieza siendo de colores tierra apagados, pero con el aumento del factor de calidad, el suelo empieza a tener un color grisáceo
- Las letras: Cada vez se entiende menos lo que está escrito

- Las nubes: Al igual que el cielo, las transiciones entre colores blancos más y menos brillantes empieza a ser brusca. A su vez, la forma de las nubes empieza a ser menos notable (cada vez son más cuadriculadas).



Figura 69: Default 800



Figura 70: Custom 800



Figura 71: Default 1000



Figura 72: Custom 1000

Surgen colores inexistentes en la foto original (mancha verde en la arena del suelo cercana al barco).

Zonas antes coloridas se tornan grises: el suelo es totalmente gris, y hay zonas grises en las telas, los señores del fondo, y la montaña del fondo. Estas son zonas que tenían colores cercanos al gris pero con ciertos matices ahora desaparecidos.

Los colores más vivos, como el verde del barco, el azul, rosa claro, y verde de la tela, no se tornan grises.

Las zonas de nubes se tornan de un color distinto, cambiando el blanco por el lila.

Sigue decrementando la nitidez.



Figura 73: Default 2000



Figura 74: Custom 2000

Con el factor de calidad 2000, la imagen se torna de pocos colores (verde, gris, blanco, dos tonos de azul, negro, y dos tonos de lila).

Se ven muy pocos detalles. Las zonas con detalles más grandes, como el barco o las telas, se siguen entendiendo; mientras las zonas con detalles pequeños, como el suelo, se convierten en una zona prácticamente homogénea.

Lo observado tiene sentido con la implementación del compresor:

- Pérdida de nitidez en pequeños detalles: Lo primero que pierden nitidez son los pequeños detalles, como las letras.

Los pequeños detalles del suelo se ven mal posteriormente debido a que estos no tienen patrones tan claros y definidos como las letras, por lo que un cambio pequeño en estos no es tan visible.

- Unificación de colores: Los colores, que al principio se ven muy bien, cada vez se van unificando más. Esto ocurre por la cuantización de la DCT, en la que se redondean los coeficientes y se dividen por valores cada vez más grandes.

Esto hace que los valores más cercanos terminen teniendo el mismo valor, y al dividirse por valores cada vez más grandes, los valores “cercanos” cada vez incluyen más valores.

Por esta razón, los detalles se van perdiendo cada vez más, y sólo quedan los cambios de tonalidad o luminosidad más contrastados (sombras grandes como la del barco, o colores brillantes como el verde del barco).

Por último, es necesario indicar que las imágenes comprimidas con el mismo factor de calidad en ambos compresores se ven igual, al igual que ocurría en las anteriores imágenes.

4.1.6. Img03.bmp



Figura 75: Imagen original



Figura 76: Default 20



Figura 77: Custom 20



Figura 78: Default 50 Figura 79: Custom 50

Con factor de calidad 20 y 50, las imágenes original y comprimidas se ven con una calidad visual similar.



Figura 80: Default 100 Figura 81: Custom 100

Al aumentar el factor de calidad, se empiezan a notar los errores introducidos por la compresión. La imagen se ve un poco menos nítida, lo que se nota en su mayoría en las letras finas como GTC, las letras con poco contraste como Master, y los bordes.



Figura 82: Default 200 Figura 83: Custom 200

Aumentando al factor de calidad 200, se reduce la nitidez.



Figura 84: Default 400 Figura 85: Custom 400

Con factor de calidad 400, la imagen se empieza a ver “pixelada”.



Figura 86: Default 800



Figura 87: Custom 800



Figura 88: Default 1000



Figura 89: Custom 1000

Al igual que ocurría en la imagen 4, los subtonos de los colores se saturan, apareciendo zonas verdosas (como ocurría en una zona de la arena de la imagen 4), zonas grises, y obteniendo transiciones de color muy abruptas.

A su vez, cada vez se ven las imágenes más “pixeladas”.

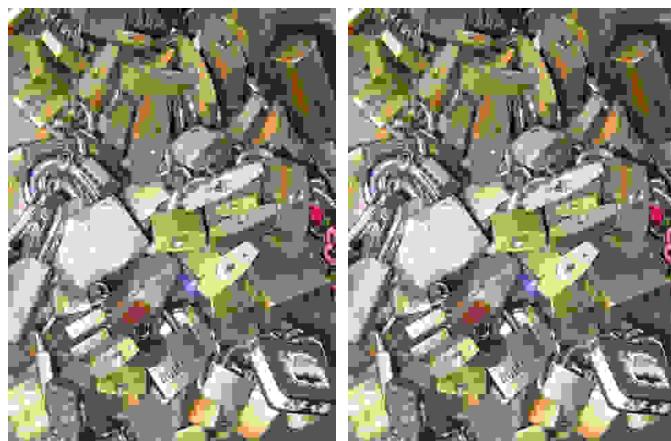


Figura 90: Default 2000 Figura 91: Custom 2000

Al llegar al factor de calidad 2000, la imagen se ve muy poco nítida, estando en su mayoría en blanco y negro, con algunas zonas verdes y naranjas.

Ha ocurrido lo mismo que ocurría en la imagen 4, viéndose la imagen cada vez menos nítida y saturándose los subtonos de los colores, obteniendo cada vez menos colores distintos en la imagen.

A su vez, los bordes se ven cada vez con menos nitidez. Al contrario de la imagen 1, en la que los bordes del rectángulo era lo único que se veía y por ello su difuminación era muy relevante, en esta imagen, cuando se van difuminando los bordes, el resto de la imagen también se difumina (como las letras) y se crean zonas homogéneas donde antes había una mezcla de colores parecidos. Por ello, cuando los bordes empiezan a ser un problema, la imagen ya se ve muy pixelada.

4.1.7. Img00.bmp



Figura 92: Imagen original



Figura 93: Default 20



Figura 94: Custom 20



Figura 95: Default 50



Figura 96: Custom 50



Figura 97: Default 100



Figura 98: Custom 100

Hasta el factor de calidad 100, las imágenes comprimidas se ven similares a la original.



Figura 99: Default 200 Figura 100: Custom 200

A partir del factor de calidad 200, la imágenes empieza a verse “pixelada”. La figura de la imagen empieza a tener 4 tonalidades distintas, verdoso en lo más alto, grisaceo en su mayoría en la parte del medio, lila cuando se va bajando y azulado en la parte más baja de la figura.

Las zonas diferenciadas surgen por lo ya explicado en otras imágenes, los subtonos se saturan obteniendo menos colores distintos en la imagen.

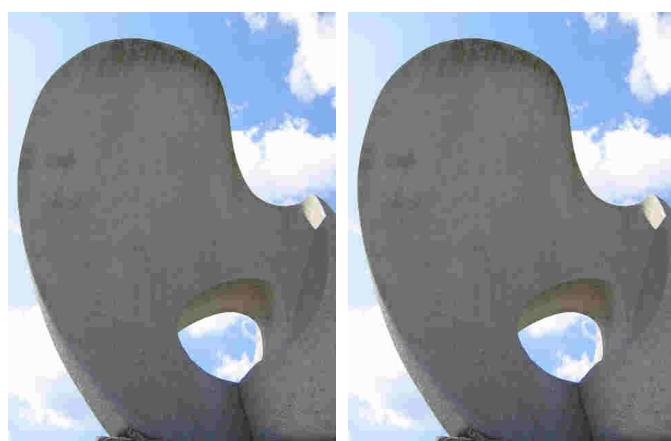


Figura 101: Default 400 Figura 102: Custom 400

La imagen se ve cada vez más “pixelada” y menos nítida, y los colores que fueron apareciendo en el objeto de la imagen se transforman en un conjunto diverso de grises.

Los colores azules del cielo tienen transiciones muy abruptas.



Figura 103: Default 800 Figura 104: Custom 800



Figura 105: Default Figura 106: Custom
1000 1000

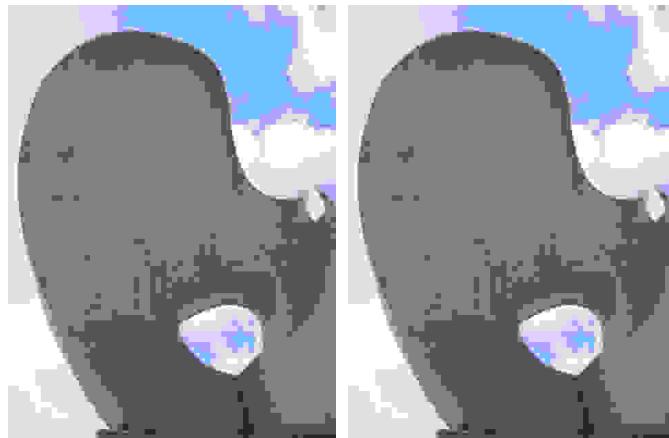


Figura 107: Default Figura 108: Custom
2000 2000

Con el aumento del factor de calidad, cada vez se ven menos cantidad de colores distintos, aumentando el tamaño de las zonas de colores homogéneos.

A su vez, las sombras de la figura se siguen notando hasta el factor de calidad 2000.

4.1.8. Todas las imágenes

En las imágenes se ha podido observar lo siguiente:

- Los detalles más pequeños desaparecen con el aumento del factor de calidad
- Mientras que los valores de colores (componentes de crominancia) y luminosidad (componente de luminancia) más alejados se siguen viendo, los valores más cercanos se terminan homogeneizando en el mismo valor.
- Las transiciones de colores y luminosidad (transiciones entre zonas claras y oscuras) cada vez son más abruptas con el aumento del factor de calidad
- La imagen cada vez tiene menos diversidad de colores con el aumento del factor de calidad
- En los objetos con patrones claros como letras se ven más los cambios introducidos por la compresión que en objetos con patrones más irregulares como el suelo

4.2. Discusión cuantitativa de los resultados

En esta sección, en primer lugar se van a presentar los resultados de los valores de las métricas usadas (MSE y RC) para cada imagen. Estos resultados se presentan tanto en una tabla como en una gráfica.

Posteriormente, se van a estudiar los resultados de todas las imágenes en conjunto. Se ha añadido una comparación de las primeras tres imágenes ya que, debido a su gran parecido, se pueden sacar muchas conclusiones de los resultados obtenidos en estas.

4.2.1. Imagen con gran diferencia de luminosidad

Los valores de las métricas obtenidos son los siguientes:

Factor de Calidad	Custom		Default	
	RC	MSE	RC	MSE
20	96.5748	0.9898	95.4518	0.9898
50	97.2503	4.8969	96.2840	4.8969
100	97.6782	12.4262	96.7740	12.4262
200	98.0698	28.6591	97.2896	28.6591
400	98.4317	94.0347	97.7949	94.0347
800	98.8017	229.7561	98.2620	229.7561
1000	98.9101	246.1680	98.3688	246.1680
2000	99.1968	568.0290	98.6740	568.0290

Y su gráfico, siendo el eje x la tasa de compresión (en porcentaje) y el eje y el logaritmo en base 10 del error cuadrático medio, es el siguiente:

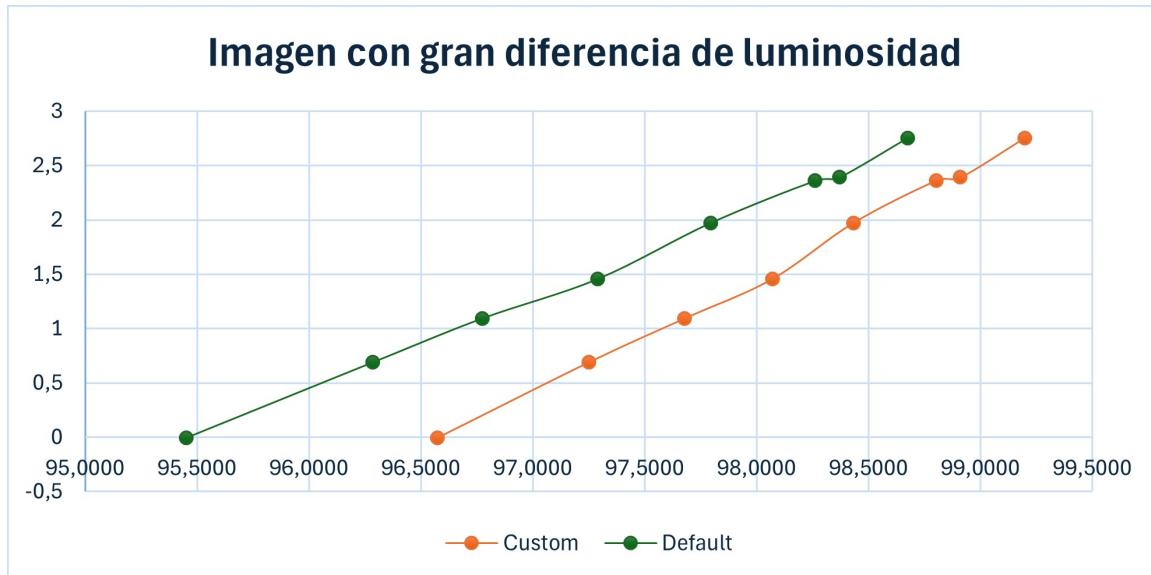


Figura 109: Gráfico de la imagen con gran diferencia de luminosidad relacionando el logaritmo en base 10 del MSE y el RC

Como se puede observar, tanto en Custom como en Default, el logaritmo del MSE va aumentando de forma proporcional al ratio de compresión (RC, tasa de compresión). Al tratarse del logaritmo del MSE, y no del MSE en sí, se puede deducir que los valores del MSE se disparan de forma exponencial con el aumento de la compresión.

Por otro lado, el bajo MSE al principio se podría deber a la gran multitud de zonas homogéneas presentes en la imagen, que permite hacer una gran compresión con poco error en los píxeles.

Se va a visualizar el gráfico sin hacer el logaritmo para que la explicación y el estudio resulte más sencillo de hacer y comprender:

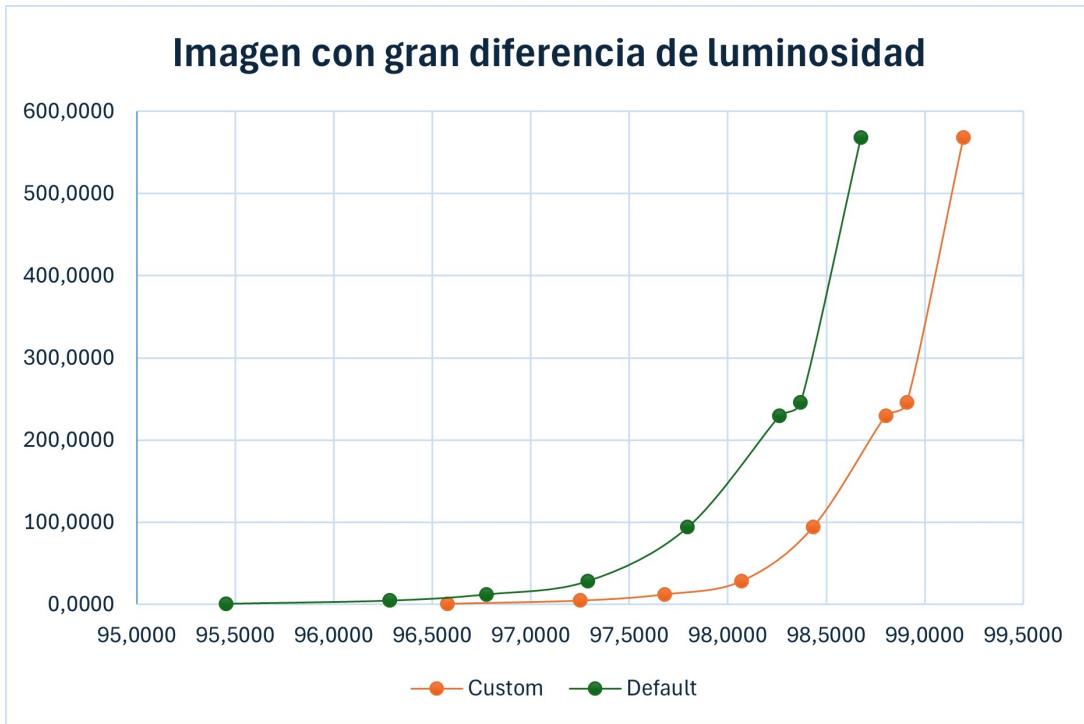


Figura 110: Gráfico de la imagen con gran diferencia de luminosidad relacionando el MSE y el RC

Como se puede observar, hasta el cuarto punto, que corresponde con el factor de calidad 200, el MSE es bajo. A partir de este, el MSE crece de forma exponencial, como se vio en la anterior gráfica. En el estudio cualitativo se vio que las imágenes se veían de forma correcta hasta el 200, lo que corresponde con la gráfica ya que hasta este punto, la linea de la gráfica se encuentra cercana al 0. Después, se dijo que las imágenes iban empeorando la calidad demasiado, siendo el factor 400 aún aceptable, aunque con poca calidad, y a partir del 800 con muy poca calidad, lo que tiene sentido con la exponencial que se ve en la gráfica.

Por otro lado, se puede observar que en ambas gráficas (figuras 109 y 110), el MSE aumenta de forma similar en ambos compresores para los factores de calidad, pero el ratio de compresión es mejor en el comprresor y descomprresor Custom en todas las ocasiones.

4.2.2. Imagen con poca diferencia de luminosidad

Los valores de las métricas obtenidos son los siguientes:

Factor de Calidad	Custom		Default	
	RC	MSE	RC	MSE
20	97.4323	1.0909	96.5010	1.0909
50	97.9658	3.6933	97.1301	3.6933
100	98.3163	10.7073	97.5818	10.7073
200	98.7142	28.5687	98.1664	28.5687
400	99.0044	48.2538	98.4795	48.2538
800	99.2574	129.7837	98.7286	129.7837
1000	99.3305	179.9671	98.8038	179.9671
2000	99.4909	304.6643	98.9500	304.6643

Tal y como se hizo en la anterior imagen, se van a visualizar dos gráficos con el RC y el MSE, el primero con el logaritmo del MSE, y el segundo con el MSE original:

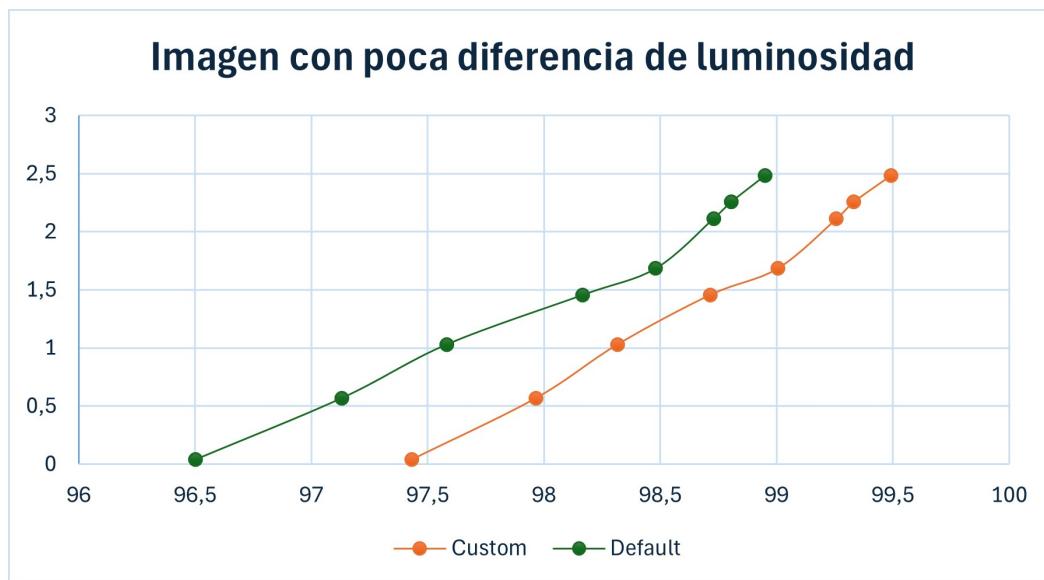


Figura 111: Gráfico de la imagen con poca diferencia de luminosidad relacionando el logaritmo en base 10 del MSE y el RC

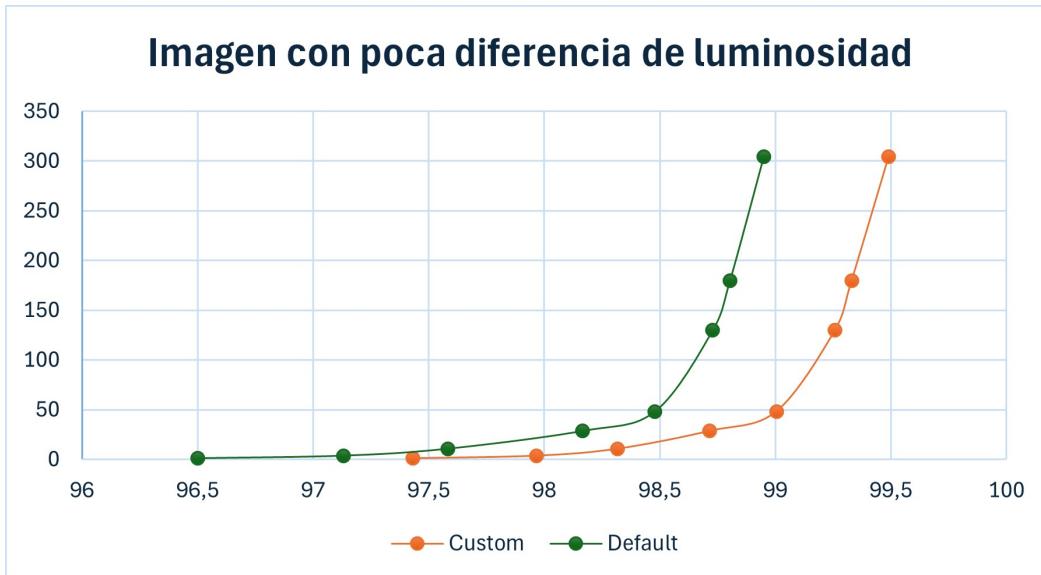


Figura 112: Gráfico de la imagen con poca diferencia de luminosidad relacionando el MSE y el RC

Se puede observar como se sigue una exponencial, tal y como sucedía en la imagen 1. De tal forma, una vez alcanzado cierto factor de calidad, con poca mejora en el factor de compresión, se obtiene mucho más error en los píxeles. Con esto, se puede observar como hay una gran diferencia de MSE entre el factor de calidad 400 y 800 (el quinto y sexto punto), el 800 y 1000, y el 1000 y el 2000, mientras que el RC aumenta cada vez de forma más lenta.

Lo explicado en el párrafo anterior se puede observar en el estudio cualitativo, en el que se explicó que la calidad visual disminuía de forma muy rápida con el factor de calidad.

Si nos fijásemos sólo en los números, se diría que la imagen se ve bien hasta el factor de calidad 400 (quinto punto), pero se puede observar en el estudio cualitativo que esto no es cierto.

Por otra parte, la diferencia entre Custom y Default es notable, siendo Custom el compresor que más comprime en todos los casos de factor de calidad, aunque el MSE obtenido es similar, tal y como se vio en el estudio cualitativo (en el que las imágenes comprimidas con el mismo factor de calidad de los distintos compresores se veían idénticas).

4.2.3. Imagen con gran diferencia de luminosidad y colores invertidos

Los valores de las métricas obtenidos son los siguientes:

Factor de Calidad	Custom		Default	
	RC	MSE	RC	MSE
20	96.5785	1.0155	95.4508	1.0155
50	97.2492	4.8532	96.2819	4.8532
100	97.6791	12.9930	96.7735	12.9930
200	98.0677	28.2155	97.2842	28.2155
400	98.4335	97.5391	97.7959	97.5391
800	98.8024	235.2629	98.2634	235.2629
1000	98.9080	291.9393	98.3690	291.9393
2000	99.1910	562.6396	98.6694	562.6396

Y las gráficas son las siguientes:

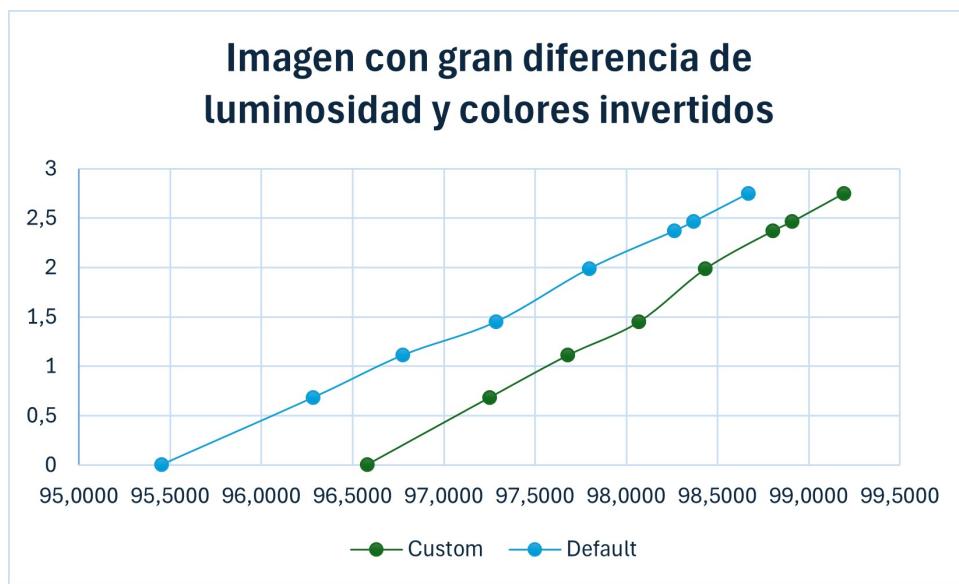


Figura 113: Gráfico de la imagen con gran diferencia de luminosidad y colores invertidos relacionando el logaritmo en base 10 del MSE y el RC

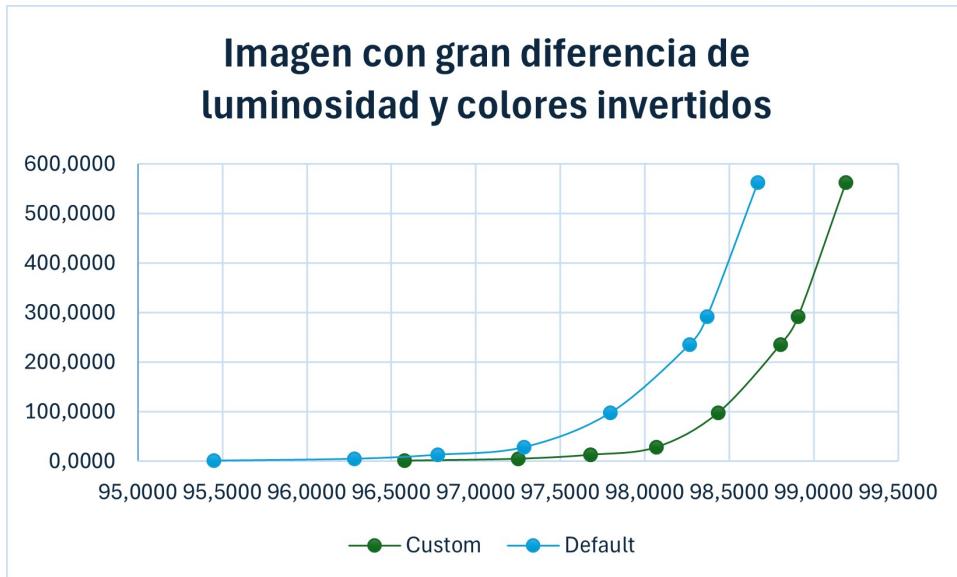


Figura 114: Gráfico de la imagen con gran diferencia de luminosidad y colores invertidos relacionando el MSE y el RC

Se puede observar lo mismo que en la imagen 1. El MSE aumenta de forma exponencial.

El MSE del factor de calidad 200 (cuarto punto) es cercano a 0, lo que tiene sentido con lo visto en el estudio cualitativo (hasta el factor de calidad 200, la imagen se veía bien).

A su vez, el compresor Custom sigue obteniendo un mejor RC que Default, aunque su diferencia no es muy grande. Por otro lado, el MSE obtenido en ambos compresores a igual factor de calidad es similar.

La obtención de RC tan elevados (tanto en esta imagen, como en la 1 y 2) se debe a sus grandes zonas homogéneas (de un solo color). Esto permite que la compresión sea muy elevada.

4.2.4. Diferencia entre imágenes 1, 2, y 3

La primera diferencia a resaltar es:

- Imágenes 1 y 3: El MSE alcanza un máximo de casi 600.
- Imagen 2: El MSE máximo alcanzado es 300.

Esto indica un menor error en la imagen comprimida que tiene menos diferencia de

luminosidad. Sin embargo, en el estudio cualitativo, la imagen 2 se veía mucho peor con poca diferencia en el factor de calidad.

Otra diferencia notable es la siguiente:

- Imágenes 1 y 3: Las rayas en la imagen (estudio cualitativo) se empiezan a ver con un factor de calidad 400, MSE 94 y 98.
- Imagen 2: Las rayas se empiezan a ver con un factor de calidad 100, MSE 10.

Como se ha podido observar, al modificar los colores de la imagen para tener menos diferencia de luminosidad, con un MSE notablemente menor (10 frente a 94/98), se ve con igual calidad visual.

A parte, en las imágenes con factor de calidad 20, las imágenes se ven con calidad visual similar, pero las imágenes 1 y 3 tienen un RC de 96.6, frente a la imagen 2 con un RC de 97.4.

La diferencia en el RC de las imágenes es pequeña en todos los casos de factor de calidad usado, aunque se puede observar un mayor RC en la imagen 2.

Por lo tanto, la imagen 2, se comprime más y con una calidad similar a las imágenes 1 y 3 con factores de calidad muy bajos (20 y 50). Con el aumento de este factor, enseguida se ve mucho peor visualmente, aunque esto no se refleje en la comparación de los MSE.

Las imágenes 1 y 3 se comportan de manera similar. Hay poca diferencia tanto en el MSE como en el RC.

Lo observado en este estudio se corresponde con lo observado con el estudio cualitativo, ya que hay diferencia entre la compresión de imágenes con gran diferencia de luminosidad y con poca, pero las que tienen una gran diferencia de luminosidad se comportan de igual manera.

Por otro lado, se puede concluir que el MSE es significativo comparado la misma imagen aplicada a distintos factores de calidad. Con distintas imágenes, el MSE no es significativo, pudiendo tener una imagen peor calidad visual y un MSE mucho mejor significativamente que otra al mismo tiempo.

4.2.5. Img22.bmp

Los valores de las métricas obtenidos son los siguientes:

Factor de Calidad	Custom		Default	
	RC	MSE	RC	MSE
20	89.0739	10.6388	88.9946	10.6388
50	94.0838	26.3497	93.9549	26.3497
100	96.3266	43.5620	96.0644	43.5620
200	97.7934	70.7171	97.4218	70.7171
400	98.7355	119.5500	98.2932	119.5500
800	99.2609	221.7652	98.7654	221.7652
1000	99.3639	266.2508	98.8586	266.2508
2000	99.5314	612.2319	99.0139	612.2319

Y las gráfica es la siguiente:

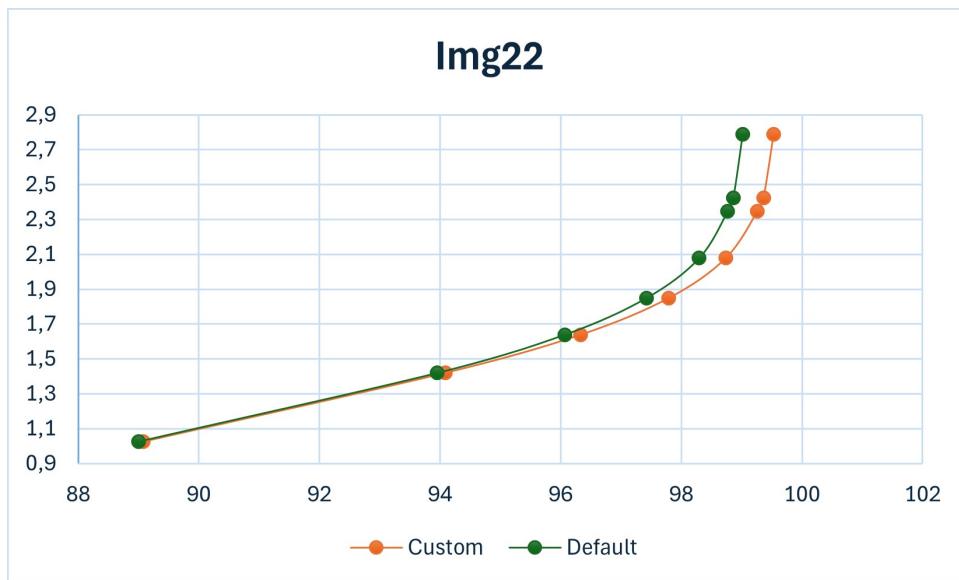


Figura 115: Gráfico de Img22.bmp relacionando el logaritmo en base 10 del MSE y el RC

Como se puede observar, esta gráfica sigue una exponencial. Esta exponencial es muy elevada (las imágenes 1, 2, y 3 se veían en forma de recta en la gráfica si se usaba el logaritmo del MSE, teniendo que mostrar la gráfica sin el logaritmo para que se viese la exponencial).

El MSE aumenta cada vez más aceleradamente, como observó en el estudio cualitativo, donde los primeros factores de calidad (hasta 100) introdujeron pocos cambios notables. A partir del factor de calidad 200, los cambios se volvieron cada vez más acelerados.

Esta aceleración podría atribuirse a la presencia de numerosos detalles. Una vez que se alcanza un valor de factor de calidad suficiente para unificar los valores cercanos de los píxeles, como se explicó en el estudio cualitativo, los errores experimentan un aumento significativo.

A su vez, el ratio de compresión (RC) al principio es más bajo que los anteriores (88/89 frente a 95/96/97 de los anteriores). Esto ya se predijo, y se debe a la gran cantidad de detalles y colores presentes en la imagen (no se puede comprimir tanto con Huffman como una imagen con poca cantidad de valores distintos).

En cuanto se alcanza un factor de calidad suficiente para unificar valores cercanos de píxeles, además de aumentar el MSE, se aumenta la RC, ya que la compresión Huffman se realiza con menos valores distintos.

Por último, se puede observar que Custom tiene un mejor resultado en RC y un resultado igual en MSE a igual factor de calidad. Esta mejora del RC es cada vez mayor al aumentar el factor de calidad.

4.2.6. Img03.bmp

Los valores obtenidos son los siguientes:

Factor de Calidad	Custom		Default	
	RC	MSE	RC	MSE
20	83.0216	21.9997	82.6420	21.9997
50	90.2716	57.3066	90.1254	57.3066
100	93.8320	98.4049	93.6980	98.4049
200	96.3013	153.4467	96.0592	153.4467
400	97.8570	240.5445	97.5046	240.5445
800	98.7482	406.1931	98.3278	406.1931
1000	98.9433	501.0248	98.4960	501.0248
2000	99.3695	1021.4	98.8649	1021.4

La gráfica realizada es la siguiente:

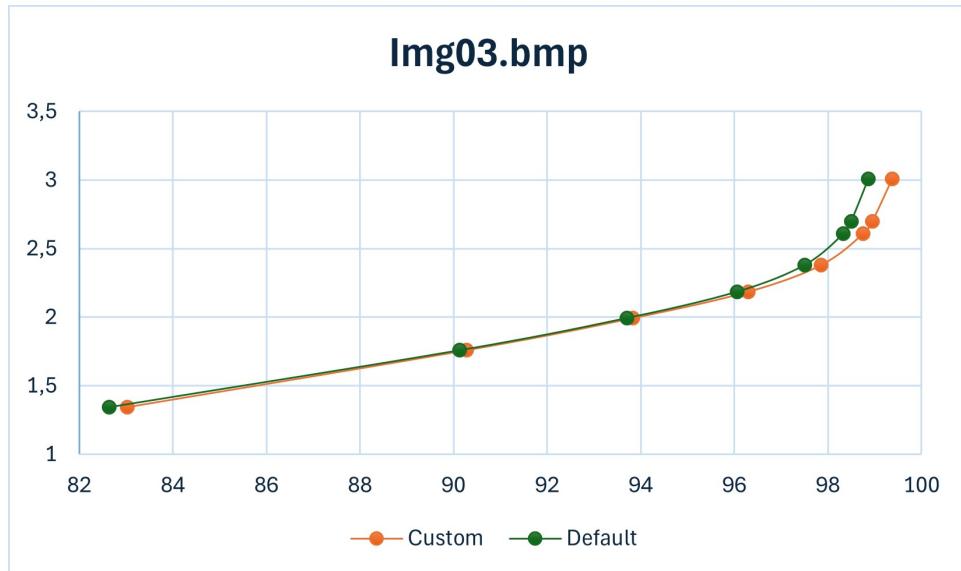


Figura 116: Gráfico de Img03.bmp relacionando el logaritmo en base 10 del MSE y el RC

Como se puede observar, esta gráfica sigue una exponencial, al igual que sucedía en la imagen 4. Cada vez se aumenta más el MSE en comparación con el aumento del ratio de compresión (RC).

Al igual que la imagen 4, el RC al principio es más bajo que en las imágenes 1, 2, y 3. Esto se debe a la gran cantidad de detalles, como se dijo con anterioridad.

Aun así, se creía que, al tener colores muy similares, la imagen alcanzaría un buen RC (aunque ya se adelantaba que la gran cantidad de detalles lo bajaría). A pesar de ello, esta obtiene un peor RC con factor de calidad 20 que la imagen 4. Esto podría deberse a la gran diferencia de luminosidad (los colores de los candados tienen muchos brillos y sombras), que no se tiene en tanta medida en la imagen 4.

4.2.7. Img00.bmp

Los valores obtenidos son los siguientes:

Factor de Calidad	Custom		Default	
	RC	MSE	RC	MSE
20	91.4462	12.8147	91.2493	12.8147
50	96.0925	25.3099	95.7297	25.3099
100	97.8057	34.5462	97.3882	34.5462
200	98.8540	47.3392	98.4410	47.3392
400	99.3174	68.0901	98.8479	68.0901
800	99.4796	106.9868	98.9832	106.9868
1000	99.5075	142.0246	99.0060	142.0246
2000	99.5593	383.8414	99.0458	383.8414

La gráfica realizada es la siguiente:

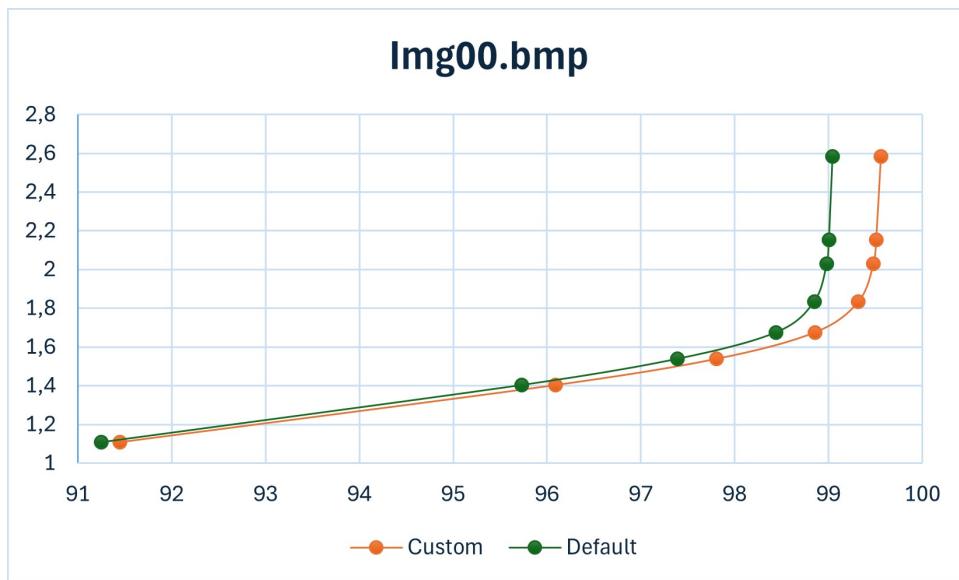


Figura 117: Gráfico de Img00.bmp relacionando el logaritmo en base 10 del MSE y el RC

Como se puede observar, el MSE no ha aumentado tanto como en imágenes como 5 y 4. Esto ya se comentó, ya que la simplicidad de la imagen y su presencia de pocos colores predominantes hace que el MSE sea menor.

Por otro lado, el FC aumenta mucho desde el factor de calidad 20 (primer punto) y el factor 100 (tercer punto) mientras esto no se refleja en exceso en el MSE. Esto se vio en el estudio cualitativo, en el que hasta el factor de calidad 100 las imágenes se veían similares a la original. Por esta razón, si se quiere comprimir la imagen, el mejor factor de calidad a escoger es 100.

A su vez, llega un punto en el que aumentar poco el RC aumenta mucho el MSE, como se vió en el resto de imágenes.

4.2.8. Todas las imágenes

Se ha podido observar que:

- Llega un punto, que aumentar el factor de calidad aumenta mucho el MSE pero el FC sigue siendo prácticamente igual. Cuando se llegue a este punto, no se debe de comprimir más la imagen
- Comprimiendo con muy poco factor de calidad (20) y obteniendo muy poco MSE se pueden obtener buenos ratios de compresión (el más bajo era de 82). Esto no solo se debe a JPEG, sino a que se compara con la imagen en BMP, que no hace ningún tipo de compresión. Por lo tanto, aplicar compresión ayuda a reducir mucho el tamaño de los archivos sin perder calidad en estos.
- Las imágenes con menos diferencia en sus valores (ya sea de luminosidad en el componente de luminancia como en colores en las componentes de crominancia) consiguen menos MSE ante el mismo ratio de compresión (RC)
- Aunque su diferencia ha sido pequeña, el compresor Custom tiende a obtener un tamaño de imagen menor (mayor RC) con un MSE similar.

5. Conclusiones

Se puede observar que los compresores han conseguido reducir mucho el tamaño de imágenes con formato bmp. Esta reducción del tamaño, al principio no produce pérdida de calidad en la imagen, pero si se pretende reducir más su tamaño, llega un punto que la pérdida de calidad es cada vez más notoria.

Al reducir la calidad de las imágenes, las zonas de la imagen con poco contraste o con colores muy parecidos se tienden a homogeneizar. A su vez, se notan más los cambios en zonas con patrones muy definidos, como una línea negra y nítida sobre fondo blanco, o letras. En zonas con patrones irregulares como suelos, se suelen ver menos los errores introducidos por la compresión.

Para la compresión de imágenes se recomienda utilizar el compresor que utiliza Huffman a medida para garantizar una mejor calidad de imagen final.

Con carácter general, hasta una comprensión con factor de calidad 100, se asegura una calidad visual aceptable en la imagen, aunque, en algunos casos como imágenes con muchos detalles, se pierde nitidez.

6. Bibliografía

(2023). *Apuntes de compresión multimedia.*

Adobe (2022a). BMP vs. JPEG: ¿Cuál es mejor? — Adobe. <https://www.adobe.com/es/creativecloud/file-types/image/comparison/bmp-vs-jpeg.html>. Accedido diciembre 28, 2023.

Adobe (2022b). Información sobre archivos BMP — Adobe. <https://www.adobe.com/es/creativecloud/file-types/image/raster/bmp-file.html>. Accedido diciembre 28, 2023.