

Mejora de imagen implementando operaciones elementales

Alexander Rueda Dueñas

Artículo recibido en mes Mayo de 2025; artículo aceptado en mes Mayo de 2025.

Este artículo puede compartirse bajo la Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional y se referencia usando el siguiente formato: Rueda2025, C. C. (2025). Mejora de imagen. *Operaciones elementales*, vol. (1).

Resumen

El presente artículo tiene por fin mejorar imágenes a partir de la implementación de técnicas que permiten eliminación del ruido, mejora del contraste, entre otros. Se parte de un set de imágenes que presentan poca visibilidad de detalles en el entorno y al momento de aplicar dichas técnicas tales como funciones de transformación, procesamiento del histograma y operadores aritméticos, se logran distinguir detalles interesantes que antes no se percibían.

Al implementar técnicas de transformación o ajuste de la intensidad, entre los beneficios obtenidos destacan mejoramiento del contraste, corrección de la iluminación, reducción del ruido y facilita la identificación de objetos. Un histograma es la representación gráfica de la repartición de frecuencia utilizando barras, en donde sus alturas hacen hincapié a las respectivas frecuencias. Por ende, al utilizar la técnica del procesamiento del histograma en el análisis de imágenes se obtiene mejora del contraste, resaltado de detalles y corrección de iluminación. Por otro lado, la técnica de operadores aritméticos en el análisis de imágenes conlleva a aplicar transformaciones matemáticas sobre los píxeles, con el fin de resaltar características clave en la calidad visual.

El documento expone cuatro escenarios comparativos para determinar cuáles de las técnicas implementadas obtienen mejores resultados para mejorar la calidad visual de las imágenes seleccionadas.

Palabras clave: ruido, histograma, calidad, contraste, pixel, operadores aritméticos, calidad visual, intensidad.

Introducción

Dentro del procesamiento digital de imágenes, la implementación de técnicas de transformación permiten optimizar la calidad visual y destacar información de suma importancia para distintas aplicaciones.

Aplicando técnicas como por ejemplo ajuste de contraste, eliminación de ruido y filtrado de brillo la percepción de detalles en fotografías sufren una mejora considerable. En diversas áreas de interés estas mejoras realizadas a las imágenes representan un abanico de posibilidades para obtener mejores resultados en sus operaciones, como por ejemplo la identificación de patrones y estructuras difíciles de detectar a simple vista.

El nivel de importancia es tal, que incluso puede catalogarse como una herramienta clave para la interpretación asertiva de datos visuales.

El preprocesamiento de imágenes tiene por finalidad mejorar la calidad visual antes de aplicar análisis ó

técnicas avanzadas. Entre las actividades a realizar durante esta etapa de preprocesamiento, destacan operaciones tales como el ajuste de brillo, contraste,

eliminación del ruido y configuración de los niveles de intensidad.

Un pixel es la unidad más pequeña de una imagen digital, con el cual se representa un punto de color en una matriz de datos.

El ruido en imágenes hace referencia a distorsiones o variaciones no deseadas en los valores de los píxeles causadas por condiciones de iluminación. Es de suma importancia que por medio de técnicas de transformación se reduzca al máximo los niveles de ruido en las imágenes.

El contraste en imágenes puede definirse como la diferencia en luminosidad entre los píxeles más claros y los más oscuros, lo que conlleva a la afectación en la calidad visual.

Los niveles de intensidad en imágenes, hacen referencia a la cantidad de luz o color que tiene cada pixel.

Al implementar las técnicas funciones de transformación, procesamiento del histograma y operadores aritméticos para el mejoramiento de imágenes, permiten optimizar el contraste, ajustar

niveles de intensidad y reducir el ruido. Esto conlleva a una interpretación más precisa de los datos visuales, logrando a su vez equilibrar la distribución de los píxeles para mejorar la percepción visual.

Material y métodos

Para llevar a cabo el laboratorio de mejora de imagen, se ha utilizado la herramienta Google Colab, la cual permite el procesamiento de imágenes. Esta herramienta se basa en un entorno en la nube y no requiere configuraciones avanzadas. Además se utilizaron las siguientes bibliotecas Python:

- CV2: Es una biblioteca que permite tareas de visión por computadora.
- Matplotlib: Es una biblioteca que proporciona herramientas de interfaz gráfica de usuario.

El set de imágenes utilizado para llevar a cabo el laboratorio es el siguiente:



Figura 1. (ImagenA)



Figura 2. (ImagenB)



Figura 3. (ImagenC)



Figura 4. (ImagenD)

Se ha asignado un nombre técnico para las imágenes que se utilizarán en el desarrollo del laboratorio, para dichas imágenes compuestas por Figura1, Figura2, Figura3 y Figura4 se presenta a continuación una tabla descriptiva (Tabla 1) que analiza el estado actual de cada una de ellas:

Nombre	Detalle	%Luminosidad aproximado
ImagenA	Personas en la calle, mural y locales comerciales.	70%
ImagenB	Personas en la calle, pasaje peatonal y locales comerciales.	60%
ImagenC	Personas en la calle, árboles y locales comerciales.	50%
ImagenD	Personas en la calle, árboles, pasaje peatonal y locales comerciales.	50%

Tabla 1. Detalle y % de luminosidad para cada imagen.

En general, las imágenes presentan un bajo nivel de luminosidad. Esto conlleva a no poder apreciar detalles esenciales para el análisis visual.

Las técnicas aplicadas para la mejora de las imágenes seleccionadas para realizar el laboratorio son las siguientes:

- Funciones de transformación o ajuste de la intensidad.
- Procesamiento del histograma.
- Operadores aritméticos.

Funciones de transformación o ajuste de la intensidad

Tienen como finalidad mejorar la calidad visual resaltando detalles claves en las imágenes, por medio de modificaciones en los valores de los píxeles. Se basa en las siguientes técnicas:

- Ecualización del histograma: Se encarga de configurar los niveles de intensidad en pos de optimizar el contraste de una imagen. Diagrama de flujo para su implementación(Figura 5):

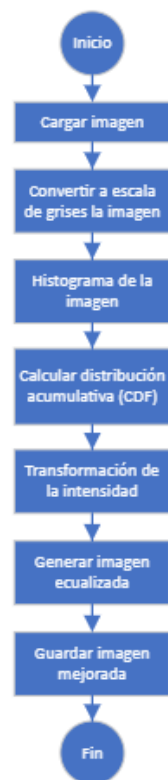


Figura5. Diagrama de flujo Ecualización del histograma.

- Ajuste de gamma: Ajusta la percepción de luces y sombras en la imagen. Diagrama de flujo para su implementación(Figura 6):

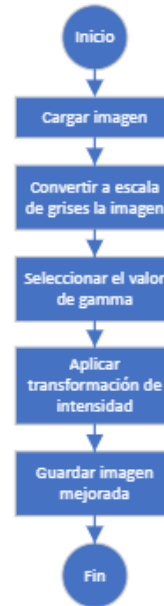


Figura6. Diagrama de flujo Ajuste de gamma.

Los beneficios obtenidos al implementar estas técnicas se centran en mejorar la calidad y análisis de la imagen.

Además, mejoran el contraste, resaltando detalles clave, corrección de tonos, reducción del ruido y elimina variaciones en la intensidad de los píxeles.

Procesamiento del histograma

Utilizado para optimizar el contraste y la percepción visual mediante la distribución de los niveles de intensidad. Por medio de métodos como la ecualización del histograma destaca los detalles en las imágenes redistribuyendo los valores de los píxeles. Por otro lado, al ajustar los intervalos de intensidad se corrigen problemas de iluminación. Diagrama de flujo para su implementación(Figura 7):

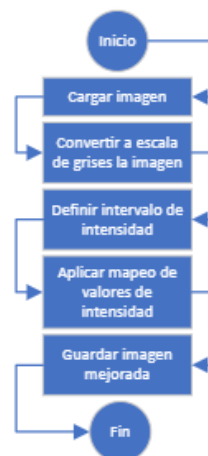


Figura 7. Diagrama de flujo Ajuste de intervalos de intensidad.

Operadores aritméticos

Se basan en transformaciones matemáticas sobre los píxeles para resaltar la percepción visual. Las técnicas de suma(Aumenta brillo) y resta(Reducer brillo) aplican para ajustar el brillo y optimizar la percepción de detalles. Por otro lado la multiplicación y la división trabajan sobre el contraste y la intensidad de los colores.

La operación de diferencia de imágenes facilita la detección de cambios y conlleva a la detección de bordes. Diagrama de flujo para su implementación (Figura 8):

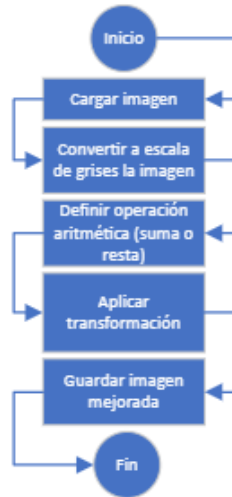


Figura 8. Diagrama de flujo Técnicas de suma y resta.

Por otro lado la operación de diferencia de imágenes contribuye con la eliminación del ruido, ayuda al análisis de imágenes satelitales y es clave en la comparación de procesos industriales.

Contrast stretching

Mejora la visibilidad de detalles por medio de amplitudes en la distribución de los niveles de intensidad. Es de uso común en imágenes de bajo contraste y funciona ajustando los valores de cada pixel implementando una transformación lineal. Los pasos para aplicar esta técnica son los siguientes:

1. Cargar la imagen
2. Convertir a escala de grises
3. Obtener valores mínimo y máximo de intensidad.
4. Aplicar transformación de expansión de contraste: Normalizar los valores de intensidad y ajustar los niveles de brillo para el nuevo intervalo.
5. Generar imagen con contraste mejorado.
6. Guardar la imagen ajustada.

Resultados

La sección se encuentra dividida en cuatro escenarios, uno por cada imagen y sus respectivos resultados:

Escenario 1-Imagen A.



Figura 9. (ImagenA). Imagen original.

La imagen(Figura 9) tiene baja luminosidad y no se aprecian bien los detalles, se alcanza a ver un grupo de personas caminando por una calle en donde se alcanza a ver a los lados un muro y unos locales comerciales. Los rostros de las personas y su vestimenta no se alcanza a distinguir completamente.

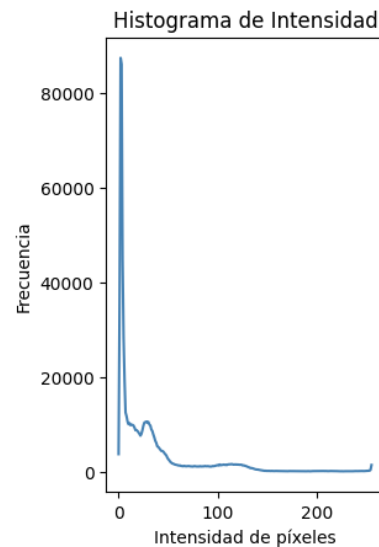


Figura 10. Histograma de intensidad imagen original.

Intensidad mayor frecuencia	2
Cantidad de ruido	5.1

El histograma generado(Figura 10) expone una imagen subexpuesta ya que los tonos negros tienen mayor peso, lo cual provoca la pérdida de detalles de las sombras. El valor del ruido obtenido (5.1) indica que la imagen tiene poco ruido y por consiguiente es más uniforme y tiene poca variabilidad en la intensidad de los píxeles.

Técnica Ecualización del histograma



Figura 11. Resultado Imagen ecualizada.

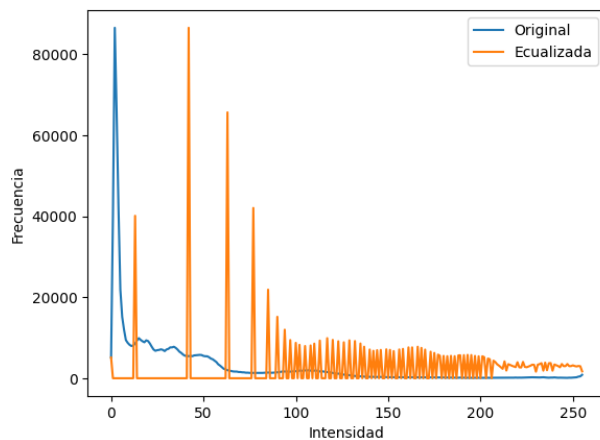


Figura 12. Histograma Imagen ecualizada.

Intensidad mayor frecuencia	42
Cantidad de ruido	11.18

El histograma generado(Figura 12) expone una imagen sobreexpuesta ya que los tonos blancos tienen un mayor peso que los negros y se ha perdido el detalle de iluminación. El valor del ruido obtenido (11.18) indica que la imagen tiene mucha variación en la intensidad de los píxeles.

Al implementar esta técnica se pueden empezar a ver mejoras en la presencia de detalles que antes no eran visibles(Figura 11), sin embargo se alcanza a evidenciar el efecto del ruido en diferentes zonas de la imagen restándole calidad a la misma.

Técnica Ajuste de gamma



Figura 13. Resultado Ajuste de gamma.

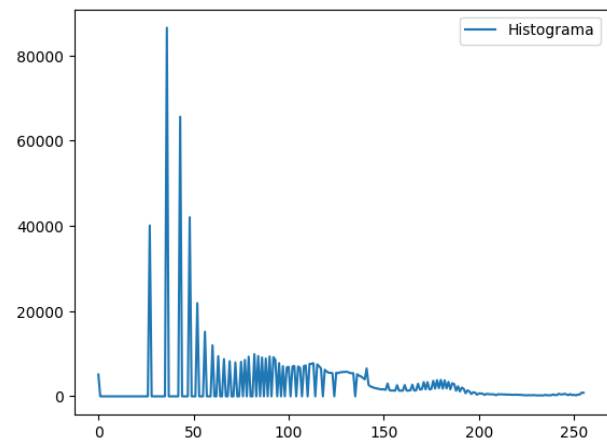


Figura 14. Histograma Imagen Ajuste de gamma.

Intensidad mayor frecuencia	36
Cantidad de ruido	6.28

El histograma generado(Figura 14) expone que los tonos están concentrados en un área del histograma indicando que el contraste es demasiado bajo. El valor del ruido obtenido (6.28) indica que la imagen tiene poco ruido y por consiguiente es más uniforme y tiene poca variabilidad en la intensidad de los píxeles.

Al implementar esta técnica se ven mucho mejor los detalles y no se encuentra la imagen tan afectada por el ruido.

Técnica Operadores aritméticos | Multiplicación



Figura 15. Resultado Operadores aritméticos.

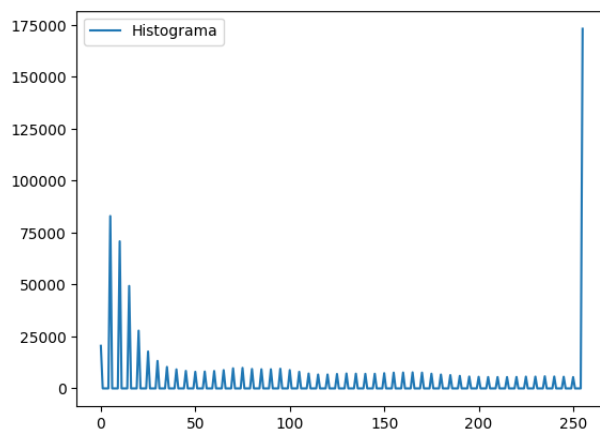


Figura 16. Histograma Operadores aritméticos.

Intensidad mayor frecuencia	255
Cantidad de ruido	10

El histograma generado(Figura 16) expone que los tonos están concentrados en un área del histograma indicando que el contraste es demasiado bajo. El valor del ruido obtenido (10) indica que la imagen tiene mucha variación en la intensidad de los píxeles.

Al implementar esta técnica se pueden empezar a ver mejoras en la presencia de detalles que antes no eran visibles(Figura 15), sin embargo se alcanza a evidenciar el efecto del ruido en diferentes zonas de la imagen restándole calidad a la misma.

Técnica Ajuste de la intensidad



Figura 17. Resultado Ajuste de la intensidad.

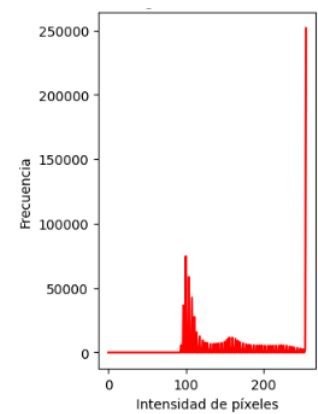


Figura 18. Histograma Ajuste de la intensidad.

Intensidad mayor frecuencia	255
Cantidad de ruido	6.9

El histograma generado(Figura 18) expone que los tonos blancos tienen mayor peso que los negros, la imagen esta sobreexpuesta. El valor del ruido obtenido (6.9) indica que la imagen tiene poco ruido y por consiguiente es más uniforme y tiene poca variabilidad en la intensidad de los píxeles.

Al implementar esta técnica se pueden empezar a ver mejoras en la presencia de detalles que antes no eran visibles(Figura 17) y se involucran colores que permiten una mejor calidad visual.

Escenario 2-Imagen B.



Figura 19. (ImagenB). Imagen original.

La imagen(Figura 19) tiene baja luminosidad y no se aprecian bien los detalles, se alcanza a ver un grupo de personas caminando por una calle y unos locales comerciales. Los rostros de las personas y su vestimenta no se alcanza a distinguir completamente.

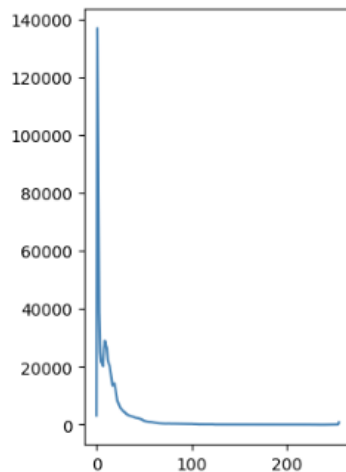


Figura 20. Histograma de intensidad imagen original.

Intensidad mayor frecuencia	1
Cantidad de ruido	4.1

El histograma generado(Figura 20) expone una imagen subexpuesta ya que los tonos negros tienen mayor peso, lo cual provoca la pérdida de detalles de las sombras. El valor del ruido obtenido (4.1) indica que la imagen tiene poco ruido y por consiguiente es más uniforme y tiene poca variabilidad en la intensidad de los píxeles.

Técnica Ecuación del histograma



Figura 21. Resultado Imagen ecualizada.

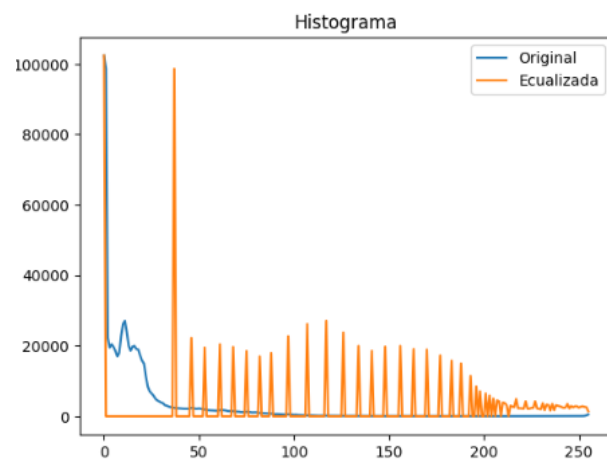


Figura 22. Histograma Imagen ecualizada.

Intensidad mayor frecuencia	0
Cantidad de ruido	11

El histograma generado(Figura 22) expone una imagen cuyos tonos están concentrados en un área del histograma y puede implicar en que el contraste sea bajo. El valor del ruido obtenido (11) indica que la imagen tiene mucha variación en la intensidad de los píxeles.

Al implementar esta técnica se pueden empezar a ver mejoras en la presencia de detalles que antes no eran visibles(Figura 21), sin embargo se alcanza a evidenciar el efecto del ruido en diferentes zonas de la imagen restándole calidad a la misma.

Técnica Operadores aritméticos | Multiplicación



Figura 23. Resultado Operadores aritméticos.

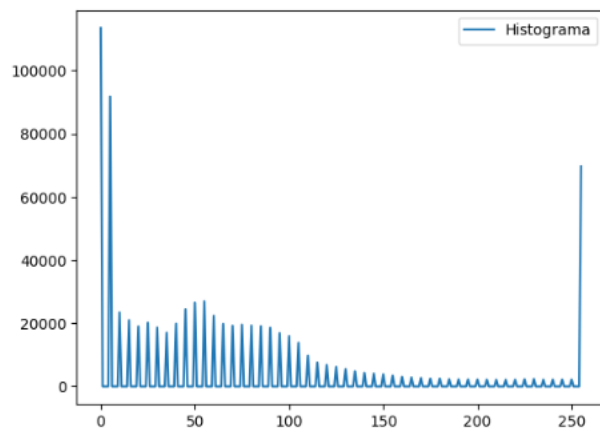


Figura 24. Histograma Operadores aritméticos.

Intensidad mayor frecuencia	0
Cantidad de ruido	10.77

El histograma generado(Figura 24) expone que los tonos están concentrados en un área del histograma indicando que el contraste es demasiado bajo. El valor del ruido obtenido (10) indica que la imagen tiene mucha variación en la intensidad de los píxeles.

Al implementar esta técnica se pueden empezar a ver mejoras en la presencia de detalles que antes no eran visibles(Figura 23), sin embargo se alcanza a evidenciar el efecto del ruido en diferentes zonas de la imagen restándole calidad a la misma.

Técnica Ajuste de la intensidad



Figura 25. Resultado Ajuste de la intensidad.

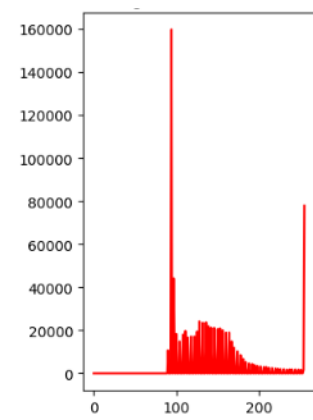


Figura 26. Histograma Ajuste de la intensidad.

Intensidad mayor frecuencia	94
Cantidad de ruido	6

El histograma generado(Figura 26) expone que los tonos están concentrados en un área del histograma lo que implicaría un bajo contraste. El valor del ruido obtenido (6) indica que la imagen tiene poco ruido y por consiguiente es más uniforme y tiene poca variabilidad en la intensidad de los píxeles.

Al implementar esta técnica se pueden empezar a ver mejoras en la presencia de detalles que antes no eran visibles(Figura 25) y se involucran colores que permiten una mejor calidad visual.

Escenario 3-Imagen C.



Figura 27. (ImagenC). Imagen original.

La imagen(Figura 27) tiene baja luminosidad y no se aprecian bien los detalles, se alcanza a ver un grupo de árboles en una calle y unos locales comerciales.

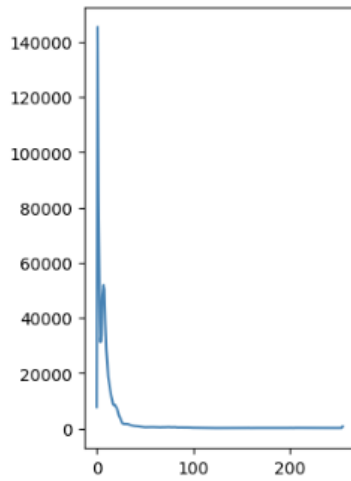


Figura 28. Histograma de intensidad imagen original.

Intensidad mayor frecuencia	1
Cantidad de ruido	3.5

El histograma generado(Figura 28) expone una imagen subexpuesta ya que los tonos negros tienen mayor peso, lo cual provoca la pérdida de detalles de las sombras. El valor del ruido obtenido (3.5) indica que la imagen tiene poco ruido y por consiguiente es más uniforme y tiene poca variabilidad en la intensidad de los píxeles.

Técnica Ajuste de gamma



Figura 29. Resultado Ajuste de gamma.

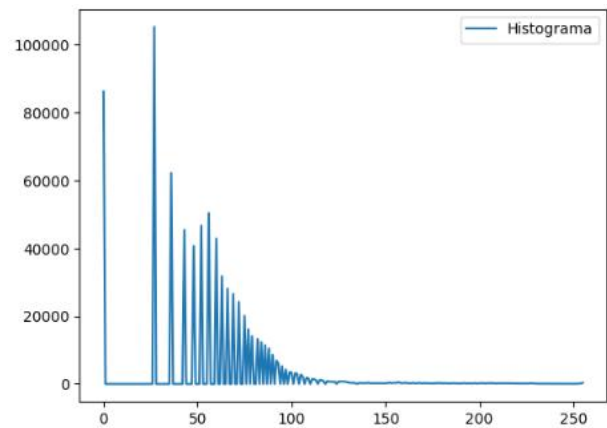


Figura 30. Histograma Imagen ecualizada.

Intensidad mayor frecuencia	27
Cantidad de ruido	6.6

El histograma generado(Figura 30) expone una imagen cuyos tonos están concentrados en un área del histograma y puede implicar en que el contraste sea bajo. El valor del ruido obtenido (6.6)) indica que la imagen tiene poco ruido y por consiguiente es más uniforme y tiene poca variabilidad en la intensidad de los píxeles.

Al implementar esta técnica se pueden empezar a ver mejoras en la presencia de detalles que antes no eran visibles(Figura 29), sin embargo se alcanza a evidenciar el efecto del ruido en diferentes zonas de la imagen restándole calidad a la misma.

Técnica Contrast stretching



Figura 31. Resultado Contrast stretching.

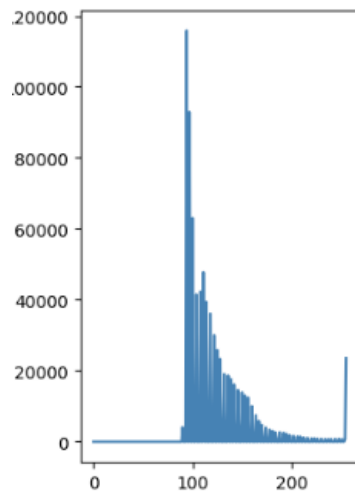


Figura 32. Histograma Contrast stretching.

Intensidad mayor frecuencia	255
Cantidad de ruido	11.5

El histograma generado(Figura 32) expone una imagen cuyos tonos están concentrados en un área del histograma y puede implicar en que el contraste sea bajo. El valor del ruido obtenido (11.2)) indica que la imagen tiene mucha variación en la intensidad de los píxeles.

Al implementar esta técnica se pueden empezar a ver mejoras en la presencia de detalles que antes no eran visibles(Figura 31), sin embargo se alcanza a evidenciar el efecto del ruido en diferentes zonas de la imagen restándole calidad a la misma.

Técnica Ajuste de la intensidad

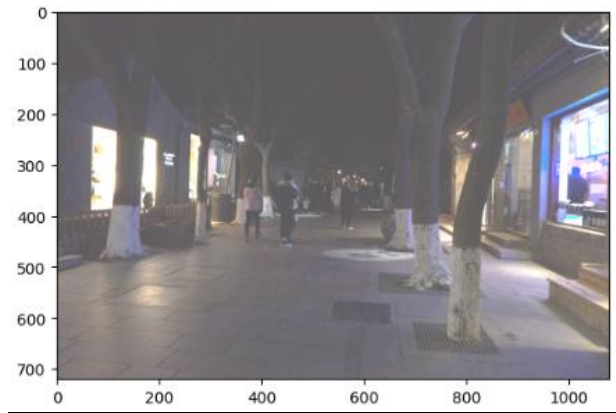


Figura 33. Resultado Ajuste de la intensidad.

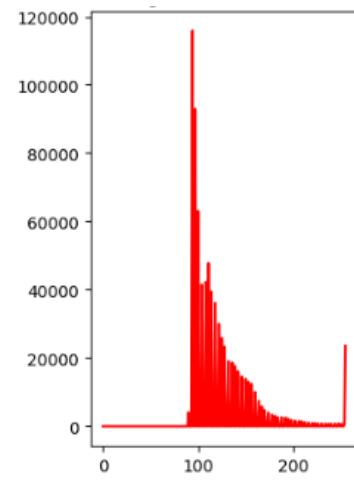


Figura 34. Histograma Ajuste de la intensidad.

Intensidad mayor frecuencia	94
Cantidad de ruido	4.9

El histograma generado(Figura 34) expone que los tonos están concentrados en un área del histograma lo que implicaría un bajo contraste. El valor del ruido obtenido (4.9) indica que la imagen tiene poco ruido y por consiguiente es más uniforme y tiene poca variabilidad en la intensidad de los píxeles.

Al implementar esta técnica se pueden empezar a ver mejoras en la presencia de detalles que antes no eran visibles(Figura 33) y se involucran colores que permiten una mejor calidad visual.

Escenario 4-Imagen D.



Figura 35. (ImagenD). Imagen original.

La imagen(Figura 35) tiene baja luminosidad y no se aprecian bien los detalles, se alcanza a ver un grupo de personas caminando por una calle y unos locales comerciales. Los rostros de las personas y su vestimenta no se alcanza a distinguir completamente.

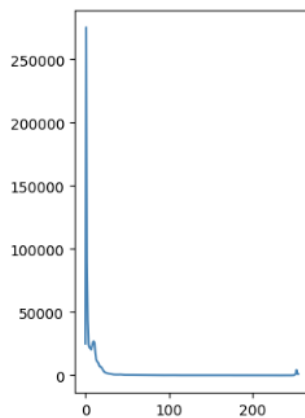


Figura 36. Histograma de intensidad imagen original.

Intensidad mayor frecuencia	1
Cantidad de ruido	4.6

El histograma generado(Figura 36) expone una imagen subexpuesta ya que los tonos negros tienen mayor peso, lo cual provoca la pérdida de detalles de las sombras. El valor del ruido obtenido (4.6) indica que la imagen tiene poco ruido y por consiguiente es más uniforme y tiene poca variabilidad en la intensidad de los píxeles.

Técnica Ajuste de la intensidad

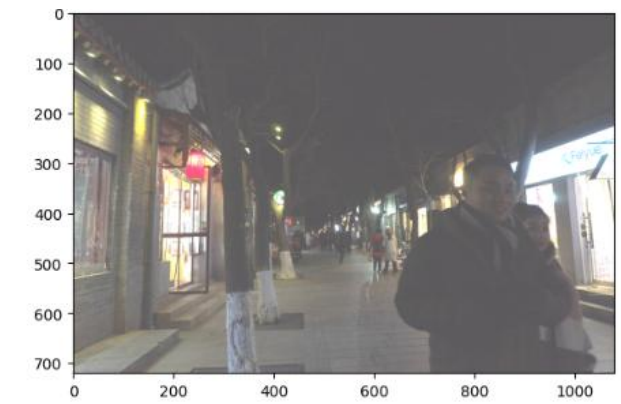


Figura 37. Resultado Ajuste de la intensidad.

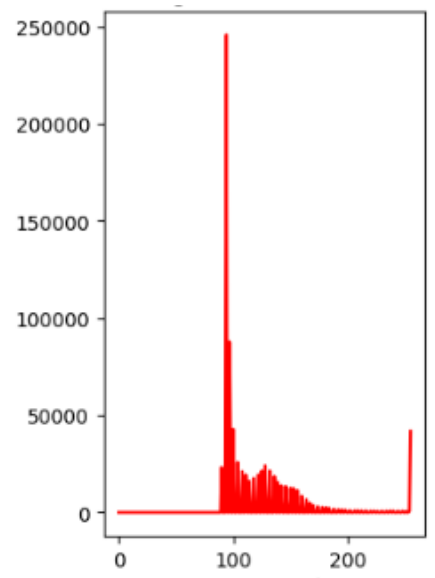


Figura 38. Histograma Ajuste de la intensidad.

Intensidad mayor frecuencia	94
Cantidad de ruido	5.5

El histograma generado(Figura 38) expone que los tonos están concentrados en un área del histograma lo que implicaría un bajo contraste. El valor del ruido obtenido (5.5) indica que la imagen tiene poco ruido y por consiguiente es más uniforme y tiene poca variabilidad en la intensidad de los píxeles.

Al implementar esta técnica se pueden empezar a ver mejoras en la presencia de detalles que antes no eran visibles(Figura 37) y se involucran colores que permiten una mejor calidad visual.

Técnica Ecualización del histograma



Figura 39. Resultado Imagen ecualizada.

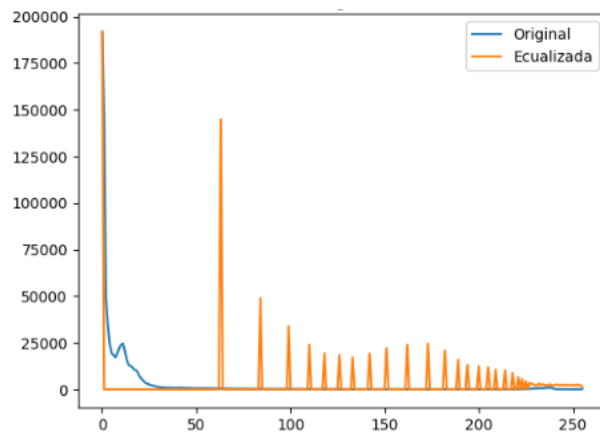


Figura 40. Histograma Imagen ecualizada.

Intensidad mayor frecuencia	0
Cantidad de ruido	15.92

El histograma generado(Figura 40) expone una imagen cuyos tonos están concentrados en un área del histograma y puede implicar en que el contraste sea bajo. El valor del ruido obtenido (15.92) indica que la imagen tiene mucha variación en la intensidad de los píxeles.

Al implementar esta técnica se pueden empezar a ver mejoras en la presencia de detalles que antes no eran visibles(Figura 39), sin embargo se alcanza a evidenciar el efecto del ruido en diferentes zonas de la imagen restándole calidad a la misma.

Técnica Ajuste de gamma



Figura 41. Resultado Ajuste de gamma.

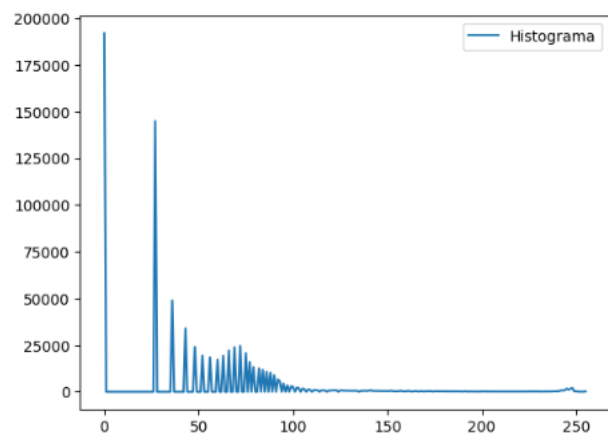


Figura 42. Histograma Imagen ecualizada.

Intensidad mayor frecuencia	0
Cantidad de ruido	7.6

El histograma generado(Figura 42) expone una imagen cuyos tonos están concentrados en un área del histograma y puede implicar en que el contraste sea bajo. El valor del ruido obtenido (7.6) indica que la imagen tiene poco ruido y por consiguiente es más uniforme y tiene poca variabilidad en la intensidad de los píxeles.

Al implementar esta técnica se pueden empezar a ver mejoras en la presencia de detalles que antes no eran visibles(Figura 41), sin embargo se alcanza a evidenciar el efecto del ruido en diferentes zonas de la imagen restándole calidad a la misma.

Conclusiones

A continuación se relacionan las imágenes originales con su respectiva imagen mejorada:



Figura 43. (ImagenA)



Figura 47. Imagen mejorada ImagenA.



Figura 44. (ImagenB)



Figura 48. Imagen mejorada ImagenB.



Figura 45. (ImagenC)

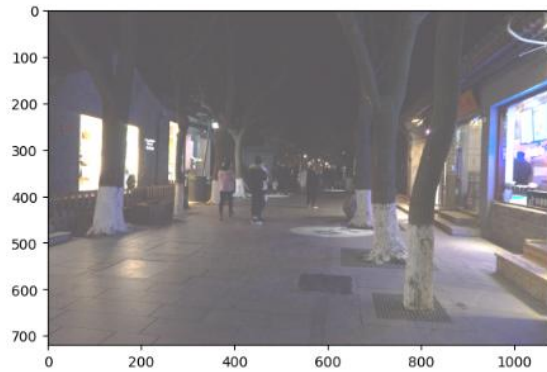


Figura 49. Imagen mejorada ImagenC.



Figura 46. (ImagenD)



Figura 50 . Imagen mejorada ImagenD.

Al implementar las técnicas de mejoramiento de imágenes, la que mejor resultados genero fue la de "Ajuste de la intensidad", la cual tiene como finalidad mejorar la calidad visual resaltando detalles claves en las imágenes, por medio de modificaciones en los valores de los pixeles. Por otro lado se encarga de configurar los niveles de intensidad en pos de optimizar el contraste de una imagen. Además, mejoran el contraste, resaltando detalles clave, corrección de tonos, reducción del ruido y elimina variaciones en la intensidad de los pixeles.

La técnica de procesamiento del histograma como se pudo evidenciar presenta perdida de detalles en regiones específicas. Al momento de aplicar la ecualización del histograma puede sobredimensionar ciertas aéreas lo que conlleva a oscurecer o aclarar zonas más de lo esperado. Por ejemplo:



Figura 51 . Resultado Imagen ecualizada.

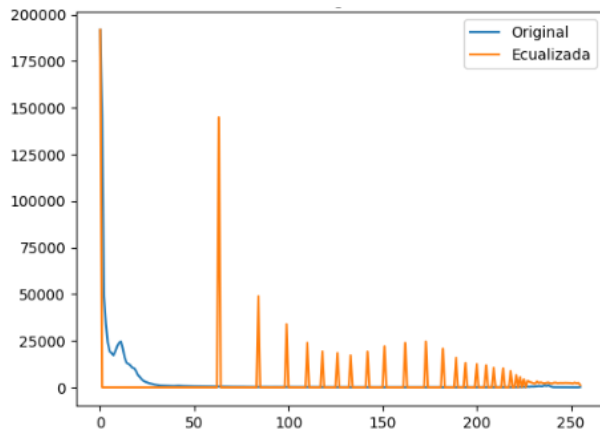


Figura 52. Histograma Imagen ecualizada.

Intensidad mayor frecuencia	0
Cantidad de ruido	15.92

Observando la imagen ecualizada se puede apreciar en la parte derecha el local comercial y su anuncio que pierde detalle considerablemente.

Por otro lado al implementar la técnica de operadores aritméticos puede generarse sensibilidad al ruido, ya que la imagen de por si puede venir acompañada de cierto nivel de ruido y al realizar las operaciones con esta técnica es posible en vez de mejorar la calidad amplificar el ruido como por ejemplo sucedió en este ejemplo:



Figura 53. Resultado Operadores aritméticos.

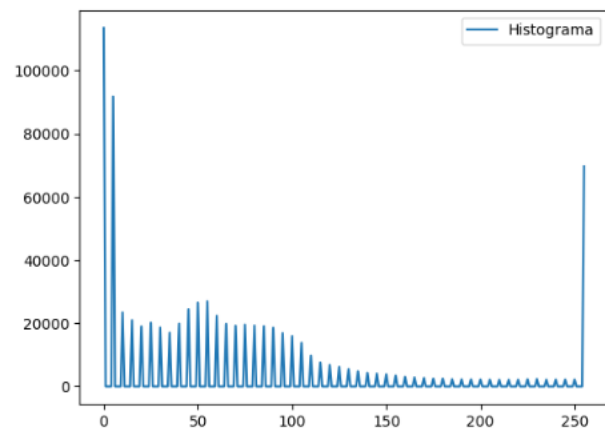


Figura 54. Histograma Operadores aritméticos.

Intensidad mayor frecuencia	0
Cantidad de ruido	10.77

Para este caso el ruido iniciar era de 4.1 y al implementar la técnica de Operadores aritméticos se incremento a 10.77.

Realmente ha sido muy interesante aplicar las diversas técnicas de mejoramiento tratadas en el documento, ya que evidencian el potencial de uso en diversas aéreas de implementación y ofrecen grandes beneficios. Tomando como referencia la imagen(Figura51) se presentan detalles atractivos tanto de los individuos como del entorno donde se encuentran, teniendo en cuenta que la imagen original era oscura y no reflejaba nada de esto.

Anexos

A continuación se relacionan los archivos utilizados para llevar a cabo el laboratorio:

- tecnicasmejoraimagen.py
- 1013.png
- 1027.png
- 1047.png
- 1048.png

Referencias

Fernandez Montoro, Arturo. (2Ed.). (2013). *Python 3 al descubierto*. Madrid, España. Editorial Alfaomega.

Gonzalez, Rafael. (1Ed.).(2018). *Digital Image Processing*. Editorial Pearson.

Bernd, Jahne. (1Ed.).(2005). *Image Processing and Computer Vision*. Editorial Springer.

Richard, Szeliski. (1Ed.).(2022). *Computer Vision: Algorithms and Applications*. Editorial Springer.

Richard, Szeliski. (1Ed.).(2022). *Computer Vision: Algorithms and Applications*. Editorial Springer.

Pajares, Gonzalo. (1Ed.).(2015). *Procesamiento digital de imágenes*. Editorial Alfaomega.

Gómez, Juan Carlos. (1Ed.).(2017). *Fundamentos del procesamiento de imágenes digitales*. Editorial McGraw-Hill.

Rojas, Luis Fernando. (1Ed.).(2020). *Técnicas avanzadas de mejora de imágenes*. Editorial Springer.

Videos:

UNIR. Maestría en inteligencia artificial. Recursos audiovisuales. 05-Realce de imagen.

UNIR. Maestría en inteligencia artificial. Accede a las clases. Clase 5 - 2025-04-25.

Páginas web:

Aprende cómo leer un histograma.

<https://www.adobe.com/es/creativecloud/photography/discover/how-to-read-a-histogram.html>

Entender el histograma.

<https://www.youtube.com/watch?v=awE0SRnz5R4>

Operaciones aritméticas con imágenes.

<https://www.youtube.com/watch?v=cZTtbohrRTw>

Corrección gamma

<https://www.youtube.com/watch?v=MsFtoYOFFns>

Ecualización del histograma

<https://www.youtube.com/watch?v=8KHdNFZH9x4>