

Resumen

Este artículo explora el uso de filtros espaciales y morfológicos para mejorar la calidad de las imágenes de rayos X y facilitar la detección de neumonía. Se analizan diferentes técnicas de procesamiento de imágenes, incluyendo el filtro gaussiano, CLAHE, detección de bordes Sobel, "unsharp masking" adaptativo y el filtro Emboss, evaluando su impacto en la visualización de características relevantes como la homogeneidad del patrón pulmonar, la estructura de los bordes y la distribución de las opacidades. Se comparan los resultados obtenidos con cada técnica, destacando las ventajas de los filtros espaciales para realzar las características indicativas de neumonía. Los resultados muestran que los filtros espaciales, en particular la combinación de suavizado, realce de contraste y detección de bordes, mejoran la visualización de las características relevantes para el diagnóstico de neumonía. Se discuten las limitaciones de los filtros morfológicos y se proponen futuras líneas de investigación para optimizar su aplicación en este contexto.

Palabras clave: neumonía, imágenes de rayos X, filtros espaciales, filtros morfológicos, procesamiento de imágenes médicas.

Introducción

En el ámbito de la medicina, la calidad de las imágenes diagnósticas es crucial para identificar, tratar y monitorear una amplia variedad de enfermedades. Los filtros espaciales se han convertido en herramientas fundamentales en el procesamiento de imágenes médicas, ya que permiten mejorar la calidad de las mismas al reducir el ruido, resaltar estructuras clave y mejorar el contraste. Estas técnicas son especialmente importantes en imágenes de rayos X (CXR), donde incluso pequeños detalles pueden marcar la diferencia en un diagnóstico preciso.

Una de las aplicaciones más críticas de estas tecnologías es la detección de la neumonía, una infección pulmonar que afecta los sacos de aire en los pulmones, llenándolos de líquido o pus. La neumonía es una de las principales causas de mortalidad infantil y adulta en todo el mundo, especialmente en poblaciones vulnerables. Un diagnóstico temprano y preciso es esencial para iniciar el tratamiento adecuado, reducir complicaciones y evitar consecuencias graves, como insuficiencia respiratoria, sepsis o incluso la muerte.

Este proyecto se centra en realzar las características que permiten determinar la presencia de neumonía en imágenes de rayos X mediante algunas de las técnicas que proporciona el procesado de imágenes, como puede ser el uso de filtros espaciales y operaciones morfológicas. Estas técnicas buscan resaltar la homogeneidad del patrón pulmonar en pulmones sanos, donde las estructuras son bien definidas, frente a las opacidades difusas observadas en casos afectados. Además, se estudiará la estructura de los bordes pulmonares, que pueden aparecer interrumpidos o distorsionados en pulmones con neumonía, y la distribución de las opacidades, que suelen localizarse en regiones específicas como los lóbulos inferiores. Por tanto, el objetivo es proporcionar una visión de las herramientas disponibles para mejorar la eficiencia en el radiodiagnóstico.

Para la realización de este trabajo, se ha llevado a cabo una búsqueda en la literatura para encontrar los diferentes filtros espaciales que se utilizan para la mejora de las imágenes

radiológicas. En concreto, se ha centrado la búsqueda en la mejora de imágenes radiológicas que pueden, o no, mostrar síntomas de neumonía.

Con el fin de comparar los diferentes métodos de mejora de imágenes mediante filtros espaciales y morfológicos, se han reproducido los encontrados en los artículos científicos que se presentan más adelante, sobre una serie de imágenes seleccionadas previamente, las cuales son imágenes radiológicas del tórax de bebés que podrían tener o no neumonía.

Materiales

En los materiales utilizados para la correcta realización de este trabajo se pueden encontrar:

- Python: Es el lenguaje de programación que se ha utilizado para el manejo y modificación de las imágenes. Se ha seleccionado por la cantidad de posibilidades que ofrece a la hora de trabajar con las imágenes.
- OpenCV: Es una librería de python que facilita el manejo de imágenes, permitiendo abrirlas, transformarlas y trabajar con ellas de manera sencilla. Se ha utilizado ya que ofrece una gran cantidad de funciones para el uso de filtros espaciales y morfológicos, lo que facilita el trabajo.
- Imágenes utilizadas: Para las imágenes utilizadas se utilizó uno de los datasets de Kaggle ([kaggle.com](https://www.kaggle.com)) que contenía imágenes radiográficas de neumonías ([Chest X-Ray Images \(Pneumonia\)](#)). Para este caso, se han utilizado cinco imágenes de radiografías torácicas.

Filtros espaciales

En primer lugar se ha encontrado el artículo en el que Meenakshi et. al. (2022) [Meenakshi2022] se propone un método eficiente para identificar la presencia de neumonía en radiografías de tórax mediante un enfoque integrado de filtro gaussiano, técnica de mejora de contraste CLAHE y detección de bordes Sobel.

Al reproducir el método sobre una de las imágenes seleccionadas vistas anteriormente, se ha podido ver en detalle cómo afecta cada uno de los filtros que se van aplicando a la imagen:

Filtro Gaussiano. Para empezar el procesamiento de la imagen, necesitamos aplicar un suavizado de la imagen para eliminar posibles irregularidades o ruido innecesario, que podría interferir en el resultado de etapas posteriores del procesamiento de la imágenes para la detección de neumonía.

Sano - Original



Sano - Filtro Gaussiano



Clahe. Es una técnica que mejora el contraste de la iluminación de la imagen, aplicando la ecualización del histograma a pequeñas regiones de la imagen. Clahe es esencial para poder resaltar los detalles de los pulmones, como opacidades que podría indicar que el paciente padece de neumonía.

Sano - CLAHE



Filtro de paso alto. En el siguiente paso del procesamiento, aplicaremos un filtro de paso alto, de esta forma resaltaremos características finas de la imagen, como bordes y detalles pequeños. Esto nos permitirá enfatizar mejor los contornos de las estructuras pulmonares, destacando posibles interrupciones de los bordes o distorsiones en la estructura provocadas por la neumonía. Se ha probado con distintos valores para el pixel central del kernel del filtro de paso alto para garantizar el mejor resultado. Con un valor de 9 (segunda imagen), el kernel realza los bordes de forma clara y sin introducir ruido excesivamente, mejorando la calidad de la imagen. Con un valor de 10 (tercera imagen) intensifica demasiado los bordes, lo que dificulta la interpretación de la imagen por el ruido que se genera. Finalmente un valor de 8 (primera imagen), se pierden detalles importantes y por lo tanto información relevante para la detección de neumonía.

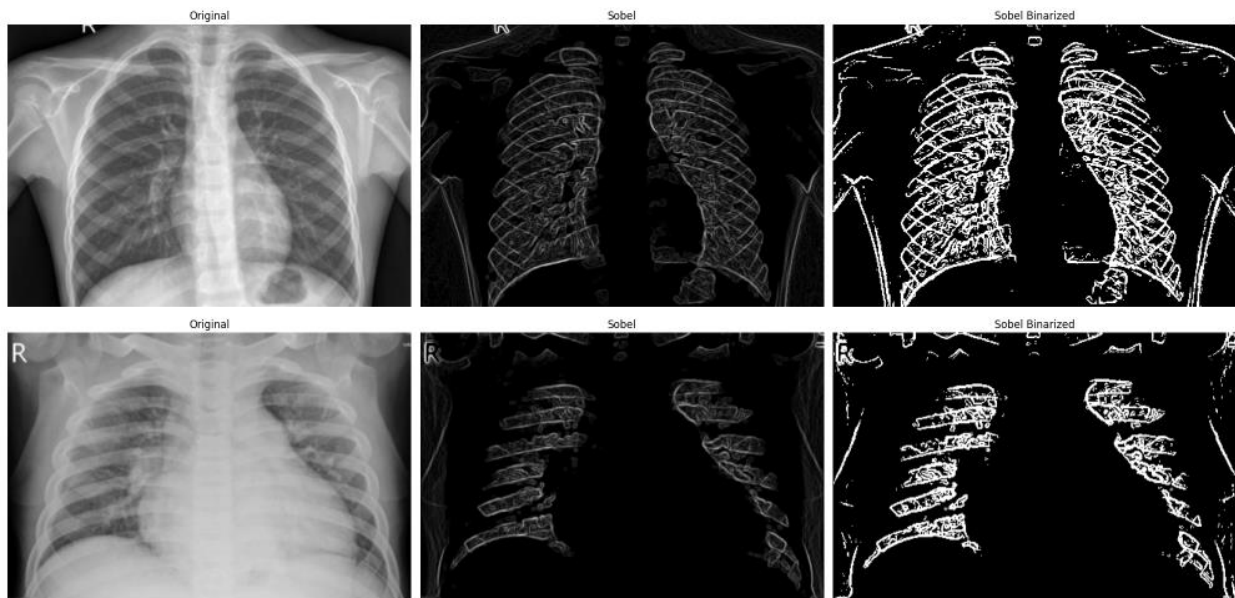


Sobel. En esta parte final, se evaluaron tres técnicas para la detección de bordes en estas imágenes de rayos X (Sobel, Prewitt y Laplaciano). Sobel calcula los gradientes de la imagen tanto en dirección vertical como horizontal, en nuestro caso particular, ha resultado en que ha sido capaz de resaltar los bordes principales con una buena tolerancia al ruido. Por otro lado, Prewitt, presenta una mayor cantidad de bordes pero es más susceptible al ruido de la imagen, dificultando la interpretabilidad de la imagen. Finalmente el filtro Laplaciano es capaz de capturar los detalles más finos, pero al igual que Prewitt, esto solo consigue añadir más ruido a la imagen, ya que nos aportan detalles que no son útiles para la detección de neumonía. En este contexto, Sobel resulta el enfoque más equilibrado, al proporcionar una representación clara y robusta de los contornos pulmonares, fundamental para identificar irregularidades asociadas a la neumonía.



Comparación Sano VS Neumonía

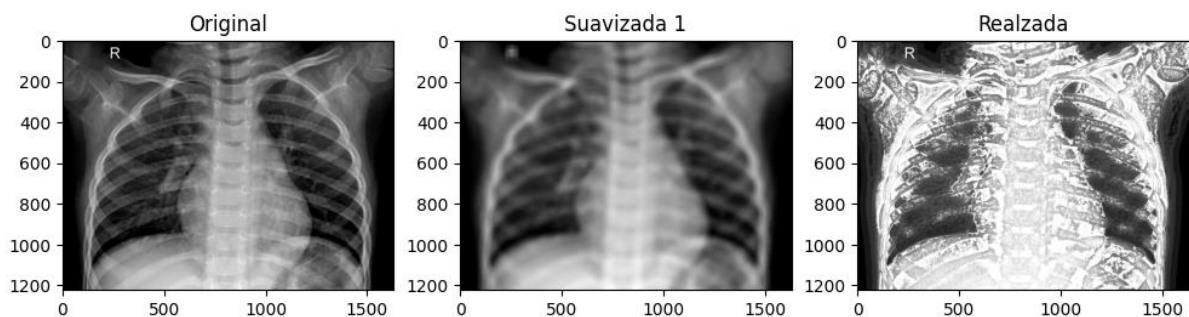
En este apartado se realiza una comparación visual entre imágenes de pulmones sanos (imágenes superiores) de pulmones afectados por neumonía (imágenes inferiores). Después de aplicar sobel hemos aplicado una binarización para aumentar el contraste y por tanto la interpretabilidad de la imagen. Como se puede observar, en los pulmones sanos, los bordes de las costillas y las estructuras pulmonares se mantienen continuos y bien definidos. Por otro lado, en los pulmones afectados por neumonía, el operador Sobel resalta las irregularidades de la estructura pulmonar, haciendo evidente las opacidades en la imagen, provocadas por las pus y las retenciones de líquidos debidas a esta enfermedad.



En otro de los artículos encontrados Souto et. al. (1992) [Souto1992] presentan un método para mejorar la calidad de las imágenes de radiografías de tórax utilizando filtros espaciales adaptativos. Su objetivo principal es realzar los bordes y el contraste tanto en los pulmones como en el mediastino, minimizando al mismo tiempo la amplificación del ruido. Para lograrlo, proponen un algoritmo que, inspirándose en la técnica de "unsharp masking", aplica un filtrado selectivo a diferentes regiones de la imagen, basándose en la distribución de los valores de los píxeles.

A diferencia del "unsharp masking" tradicional, que aplica un realce uniforme en toda la imagen, este método ajusta la intensidad del realce en función de la región de la imagen, permitiendo un realce más pronunciado en el mediastino, donde se buscan detalles finos, y un realce más suave en los pulmones, preservando la textura del parénquima pulmonar.

Al realizar esta transformación sobre una de las imágenes seleccionadas se puede observar el siguiente resultado:

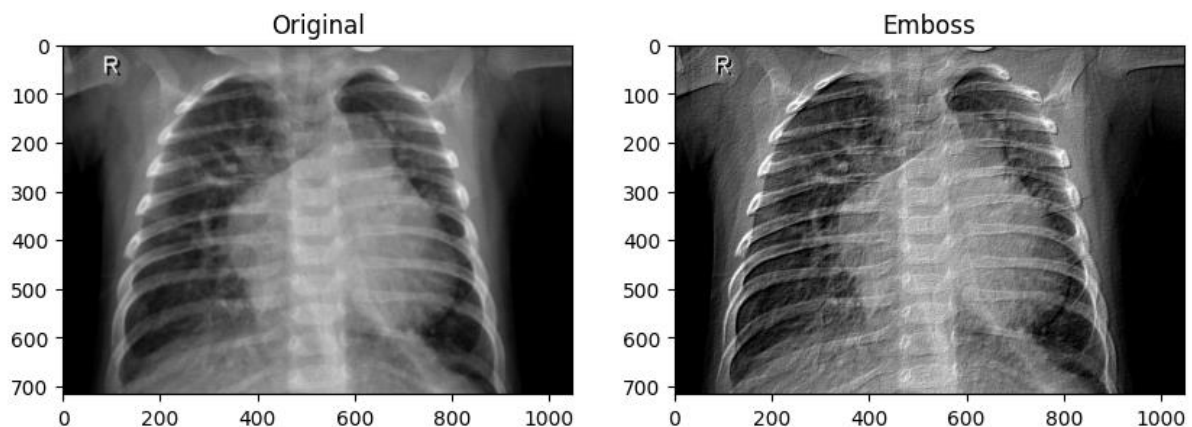


Por último, Guzmán et. al. (2009) [Guzman2009] describen la implementación del filtro Emboss en una aplicación diseñada para mejorar la visualización de detalles en radiografías. Este filtro se utiliza para realzar los bordes de las estructuras, creando un efecto de relieve que facilita la identificación de posibles fracturas o fisuras. A diferencia de otros filtros que se centran en aumentar la nitidez general, Emboss busca resaltar los contornos y generar una apariencia tridimensional que ayude a interpretar la imagen. Sin embargo, los autores advierten sobre la necesidad de utilizar este filtro con precaución, ya

que puede aumentar el ruido y dificultar la interpretación en algunas áreas.

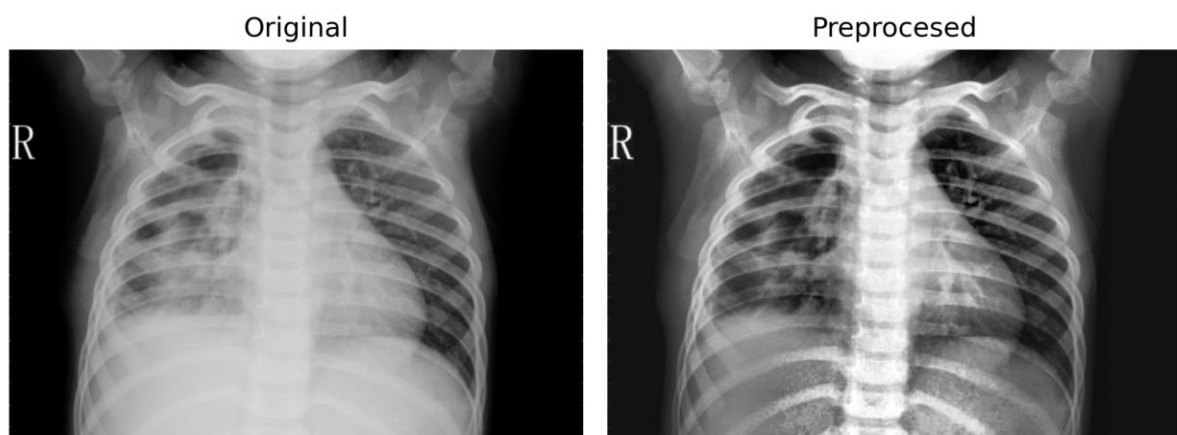
Pese a que este filtro no se usa para la mejora de imágenes con el fin de obtener un resultado más claro a la hora de ver si hay neumonía o no, se ha visto interesante su uso en este tipo de imágenes debido a que este filtro realza el contorno de las estructuras.

Al aplicarlo sobre una de las imágenes del dataset se puede observar el siguiente resultado:



Filtros morfológicos

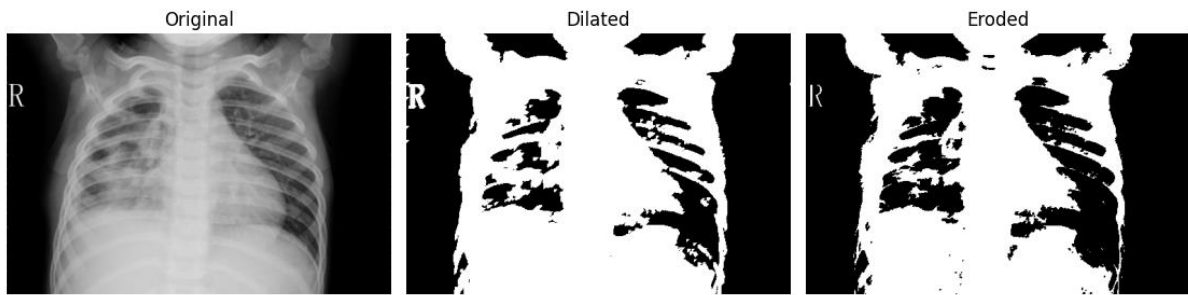
En [Gómez2020] se presenta un método para la caracterización de neumonía en radiografías. En el documento, se preprocesan las imágenes mediante la ecualización del histograma y un posterior ajuste, que sirve para saturar los valores más extremos del mismo.



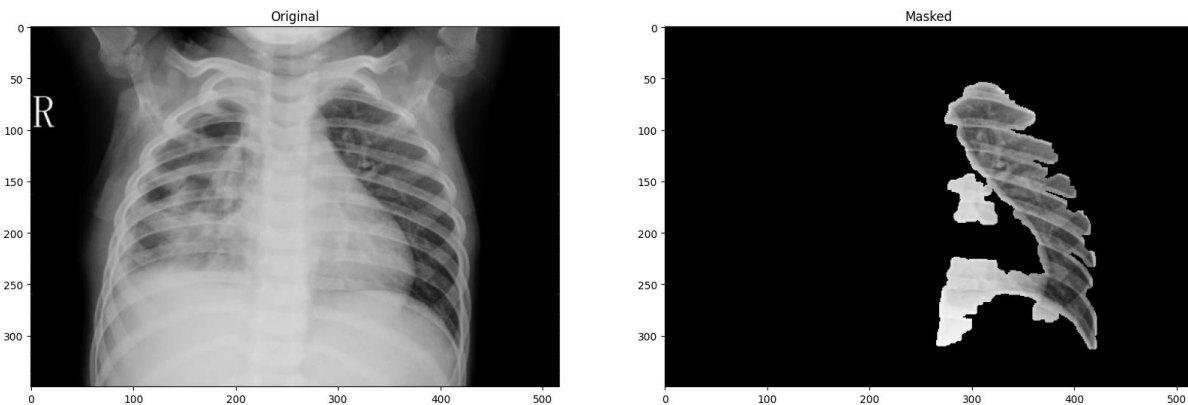
Posteriormente, se realiza una umbralización para distinguir mejor las zonas de aire, las zonas correspondientes a los tejidos sanos y la zona del pulmón potencialmente enferma. Para esto, se toma como referencia los valores de los píxeles en cada una de estas zonas, a partir de las cuales se puede obtener un umbral de referencia. En la imagen siguiente se presenta el resultado obtenido después de aplicar este tratamiento, habiendo tomado el 100 como valor del umbral.



A partir de esta imagen, se aplican filtros morfológicos, utilizando elemento estructurante se ha utilizado un círculo de 2x2. Como primer filtro se aplicó dilatación, con dos iteraciones y erosión con cuatro iteraciones. Con esto, se obtiene el resultado que se muestra a continuación.



Utilizando esto como base, se puede generar una máscara que revele la parte del tórax con más espacio de aire. Esto es lo que se muestra en la imagen que aparece a continuación.



Conclusiones

Para evaluar la mejora que se puede obtener con el uso de estos filtros, debemos tener en cuenta que algunas de las características para diferenciar pulmones sanos y afectados son las siguientes.

Homogeneidad del patrón pulmonar:

- En pulmones sanos, las estructuras pulmonares muestran un patrón homogéneo y bien definido.

- En pulmones afectados por neumonía, se observan opacidades o "manchas" difusas que representan acumulaciones de líquido o pus.

Cambios en la intensidad de los píxeles:

- Las áreas afectadas por neumonía tienen intensidades más altas debido a la densidad anormal en los pulmones.

Estructura de los bordes:

- Los bordes en pulmones sanos son continuos y bien definidos.
- En los afectados, los bordes pueden aparecer interrumpidos o distorsionados debido a la presencia de opacidades.

Distribución de las opacidades:

- En casos de neumonía, las opacidades suelen estar localizadas en regiones específicas, como los lóbulos inferiores, lo cual puede diferenciarse de una radiografía normal.

Con esto en cuenta, se comprueba que se obtienen mejores resultados en el caso de los filtros espaciales. Los filtros morfológicos aplicados distorsionan la imagen original y la máscara obtenida no se ajusta bien a las zonas sanas. Además, se aprecia con más claridad los tejidos afectados mediante la aplicación de los filtros de paso alto, o la aplicación composición de los filtros de suavizado y realce de intensidad de la imagen.

Trabajos futuros

En el caso de los filtros morfológicos, se propone la exploración del mejor parámetro de ajuste para la umbralización, así como de reajuste de la intensidad en el preprocesamiento que permita seleccionar mejor las áreas de interés. Para ello, se propone el uso de imágenes que cuenten con información sobre el estadio en el que se encuentra la enfermedad, a fin de distinguir si las áreas que comienzan a colorearse lo hacen a causa de la enfermedad o pueden aparecer de forma natural del tórax del paciente.

Referencias

[Gomez2020] Gómez, Andrés & Guarnizo, Camila & Pomarico, Adriana & Suárez, Sandra. (2020). ALGORITMO PARA LA CARACTERIZACIÓN DE NEUMONÍA EN RADIOGRAFÍA DE TÓRAX. 1-8. 10.26507/ponencia.794.

[Souto1992] Souto, M., Correa, J., Tahoces, P. G., Tucker, D., Malagari, K. S., Vidal, J. J., & Fraser, R. G. (1992). Enhancement of chest images by automatic adaptive spatial filtering. *Journal of digital imaging*, 5(4), 223–229. <https://doi.org/10.1007/BF03167803>.

[Guzman2009] Guzmán Real, C. J., González Linch, E. E., & Chávez, P. (2009). Análisis e implementación de algoritmos para el mejoramiento de imágenes de radiografías en busca de detalles.

[Meenakshi2022] Meenakshi, P., Bhavana, K., & Nair, A. K. (2022). Pneumonia detection using X-ray image analysis with image processing techniques. *2022 7th International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES)*, 1657–1662. <https://doi.org/10.1109/ICCES54183.2022.9835798>.