

Desarrollo de una Aplicación para el Cálculo de la Variabilidad de Presión de Pulso (VPP) mediante Análisis de Imágenes de Onda de Pulso

Jorge Luis Quispe López

Septiembre 2024

1. Problemática

La variabilidad de presión de pulso (VPP) es una medida crítica en la evaluación de la precarga dinámica y la respuesta a volumen en pacientes bajo cuidados intensivos, especialmente en aquellos con condiciones cardiovasculares complejas. La VPP se calcula utilizando valores específicos de presión sistólica y diastólica obtenidos de la onda de pulso arterial. Esta métrica es muy útil para guiar decisiones clínicas relacionadas con la administración de fluidos y el manejo hemodinámico.

$$\text{VPP (\%)} = \left(\frac{\text{PP}_{\max} - \text{PP}_{\min}}{\frac{\text{PP}_{\max} + \text{PP}_{\min}}{2}} \right) \times 100 \quad (1)$$

Donde:

- **PP_{max}**: Presión de Pulso máxima (diferencia entre presión sistólica máxima y diastólica mínima) durante un ciclo respiratorio.
- **PP_{min}**: Presión de Pulso mínima durante un ciclo respiratorio.

Sin embargo, el cálculo preciso de la VPP presenta desafíos significativos en la práctica clínica:

1. **Requerimientos de Equipo Especializado:** El cálculo de la VPP generalmente requiere un monitoreo invasivo mediante una línea arterial, que no siempre está disponible o indicada para todos los pacientes. Además, incluso cuando se dispone de una línea arterial, no todos los monitores de pacientes tienen la capacidad de extraer y analizar los valores específicos necesarios para calcular la VPP.
2. **Limitaciones de Monitores Convencionales:** Muchos monitores en unidades de cuidados intensivos o quirófanos carecen de la funcionali-

dad para medir directamente los puntos clave de la onda de pulso (picos sistólicos y valles diastólicos) de manera automática, lo que complica el proceso de cálculo de la VPP. Esto obliga a los profesionales a realizar estimaciones manuales o a utilizar métodos menos precisos, lo que puede llevar a decisiones subóptimas.

3. **Variabilidad en las Condiciones Clínicas:** Las ondas de pulso pueden variar significativamente entre diferentes pacientes, e incluso en un mismo paciente bajo diferentes condiciones, lo que añade otra capa de complejidad al cálculo manual o semiautomático de la VPP.

Objetivo del Proyecto

Ante estas limitaciones, se propone el desarrollo de una aplicación en Python capaz de analizar imágenes de la onda de pulso, extraer los valores necesarios (presión sistólica y diastólica) y calcular la VPP automáticamente. Esta herramienta permitirá a los médicos obtener la VPP de manera más accesible y rápida, independientemente de las capacidades del monitor utilizado.

La implementación de esta solución podría mejorar significativamente la precisión en la evaluación de la respuesta a volumen, facilitando decisiones clínicas más informadas y potenciando el manejo hemodinámico en entornos críticos. Además, al basarse en Python, la aplicación podría ser fácilmente adaptable e integrable en diferentes sistemas, ofreciendo una solución escalable y de bajo costo.

2. Mapa mental sobre la Investigación

Para el desarrollo de este producto se utilizaron ChatGPT y Xmind. Primero, se desarrolló a mano el bosquejo del proyecto de investigación, luego fue enviado a ChatGPT para su digitalización. Se proporcionaron los siguientes prompts:

”Elabora un texto en markdown de esta imagen (Se adjunta imagen)”

”Actúa como experto en creación de mapas mentales, crea un mapa mental de texto del producto previo. Dame el resultado en formato markdown y el descargable en formato .md”

ChatGPT generó el mapa mental en texto y en código markdown, y también se solicitó la generación de un archivo ‘.md’, el cual fue importado a Xmind. En Xmind se realizaron ajustes finales para generar el presente mapa mental.

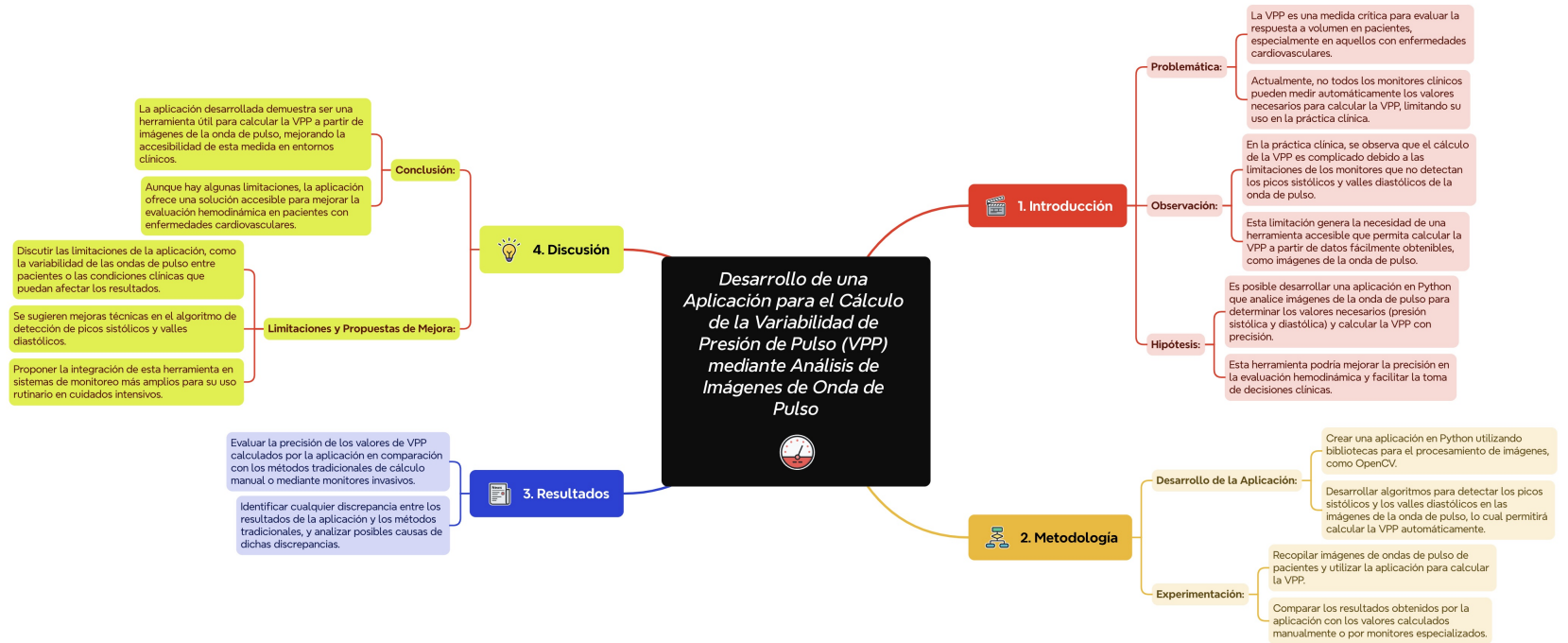


Figure 1: Mapa mental sobre la investigación propuesta

3. Palabras Clave

1. Variabilidad de Presión de Pulso (VPP)

La Variabilidad de Presión de Pulso será la métrica central del artículo. Dado que la VPP es importante en la evaluación de la respuesta a volumen en pacientes con enfermedades cardiovasculares, esta palabra clave permitirá que otros investigadores interesados en hemodinámica y monitorización de pacientes encuentren este trabajo con facilidad.

2. Análisis de Imágenes

El artículo propondrá el uso de análisis de imágenes como una técnica innovadora para extraer datos clínicos. Esta palabra clave será esencial ya que la investigación propondrá una nueva forma de calcular la VPP a partir de imágenes de la onda de pulso, una forma fácil y sencilla, atrayendo así a profesionales e investigadores interesados en la aplicación de tecnologías avanzadas en medicina.

3. Monitorización Hemodinámica

La monitorización hemodinámica será un tema clave que abarcará la medición y gestión de parámetros cardiovasculares críticos en pacientes. Dado que el estudio se centrará en mejorar las herramientas de monitorización, esta palabra clave será relevante para atraer a un público interesado en las tecnologías de monitorización en entornos clínicos.

4. Python en Medicina

La implementación de Python para desarrollar la aplicación propuesta será un aspecto técnico destacado del artículo. Esta palabra clave será importante porque atraerá la atención de investigadores y desarrolladores interesados en las aplicaciones de programación en el campo médico, fomentando la integración de tecnologías de la información en la medicina.

4. Referencias

- Cecconi, M., Monge García, M., Gracia Romero, M., Mellinghoff, J., Caliendo, F., Grounds, R. M., & Rhodes, A. (2015). The use of pulse pressure variation and stroke volume variation in spontaneously breathing patients to assess dynamic arterial elastance and to predict arterial pressure response to fluid administration. *Anesthesia & Analgesia*, 120, 76-84. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000000442>
- Hofer, C., Müller, S. M., Furrer, L., Klaghofer, R., Genoni, M., & Zollinger, A. (2005). Stroke volume and pulse pressure variation for prediction of fluid responsiveness in patients undergoing off-pump coronary artery bypass grafting. *Chest*, 128(2), 848-854. <https://doi.org/10.1378/chest.128.2.848>
- Hoppe, P., Gleibs, F., Briesenick, L., Joosten, A., & Saugel, B. (2020). Estimation of pulse pressure variation and cardiac output in patients having

- major abdominal surgery: A comparison between a mobile application for snapshot pulse wave analysis and invasive pulse wave analysis. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, 35, 1203-1209. <https://doi.org/10.1007/s10877-020-00572-1>
- Joosten, A., Jacobs, A., Desebbe, O., Vincent, J., Saxena, S., Rinehart, J., Van Obbergh, L., Hapfelmeier, A., & Saugel, B. (2019). Monitoring of pulse pressure variation using a new smartphone application (Capstesia) versus stroke volume variation using an uncalibrated pulse wave analysis monitor: A clinical decision making study during major abdominal surgery. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, 1-7. <https://doi.org/10.1007/s10877-018-00241-4>
- Lansdorp, B., Ouweneel, D., de Keijzer, A., van der Hoeven, J. G., Lemson, J., & Pickkers, P. (2011). Non-invasive measurement of pulse pressure variation and systolic pressure variation using a finger cuff corresponds with intra-arterial measurement. *British Journal of Anaesthesia*, 107(4), 540-545. <https://doi.org/10.1093/bja/aer187>