

## MEDICIÓN AUTOMÁTICA DE PULSO CARDÍACO UTILIZANDO IMÁGENES DE VIDEO

Eugenia Céspedes<sup>1</sup>, Walter Panessi<sup>1</sup>, Claudia Ortiz<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Nacional de Lujan (UNLu)  
[eugeniacespedes@gmail.com](mailto:eugeniacespedes@gmail.com), [wpanessi@unlu.edu.ar](mailto:wpanessi@unlu.edu.ar), [cortiz@unlu.edu.ar](mailto:cortiz@unlu.edu.ar)

### RESUMEN

La división de Ciencias de la Salud y Tecnología del Instituto Tecnológico de Massachusetts, ha propuesto un método para obtener el pulso cardíaco a partir de imágenes de video, aplicando seguimiento de rostro y análisis de componente independiente [1]. Motivados por su descubrimiento, se comenzó a trabajar en una adaptación del método propuesto para generar una metodología de bajo costo y libre de contacto, que posibilite el monitoreo remoto de la frecuencia cardíaca. Para validar los resultados obtenidos, se realizó un análisis comparativo entre las medidas de pulso cardíaco obtenidas en el estudio con las que se obtienen a partir de una medición por fotopletimografía; técnica incluida actualmente en dispositivos de uso cotidiano como los relojes inteligentes y los teléfonos móviles. A partir de allí, se compararon las mediciones de pulso cardíaco previo a la realización de ejercicio físico respecto de las obtenidas post ejercicio físico, con el objetivo de evaluar la adaptación del método y la calidad de los valores obtenidos en estas situaciones concretas, donde los resultados generados deben mostrar diferencias. Los resultados obtenidos nos motivaron a preparar un proyecto de investigación que amplíe los horizontes de este trabajo, buscando mejoras a este proceso y otras aplicaciones del procesamiento de imágenes aplicadas a la salud.

**Palabras clave:** medición automática de pulso cardíaco, obtención de pulso cardíaco a partir de video, pulso cardíaco sin contacto, análisis

de componente independiente, procesamiento de imágenes.

### CONTEXTO

Este trabajo de investigación fue desarrollado por una estudiante avanzada de la carrera Licenciatura en Sistemas de Información con el apoyo de docentes del Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad Nacional de Luján. En su comienzo, se desarrolló como un trabajo experimental de fin de curso para la asignatura Procesamiento de Imágenes perteneciente a la carrera. La investigación aborda principalmente la utilización del procesamiento de imágenes aplicado a la salud. Dado los resultados, se está trabajando en un proyecto de investigación a ser presentado en el Departamento de Ciencias Básicas para estudiar la posibilidad de mejorar aún más el proceso y ver otras posibles aplicaciones.

### INTRODUCCIÓN

En la actualidad la tecnología se encuentra inmersa en todos los aspectos de la sociedad y es así que la medicina hace uso de los avances tecnológicos para el mejoramiento de las técnicas que se utilizan en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades. Según las estadísticas sanitarias mundiales que publica anualmente la Organización Mundial de la Salud, una de las principales causas de mortalidad en el mundo es la cardiopatía isquémica [2], es por esta razón, en conjunto con muchos otros factores, que se requiere de métodos simples y eficientes que permitan un control periódico de parámetros importantes para la detección temprana de esta patología.

En particular existe una variedad de estudios basados en el monitoreo no invasivo de variables fisiológicas. Dentro de estos estudios se pueden encontrar aquellos que realizan adquisición del pulso cardíaco implementando procesamiento de imágenes obtenidas a partir de video. Algunos de ellos lo hacen mediante análisis térmico, estudiando la señal térmica producida por las venas superficiales del cuerpo humano [3, 4], empleando una técnica denominada fotopleetismografía donde se analiza la absorción de la luz en una porción de piel, que varía según el volumen de sangre dentro del tejido [5, 6]. Otros métodos se basan en la obtención de pulso a partir del análisis de sutiles movimientos corporales producidos por la irrigación de sangre en cada pulsación cardíaca [7].

El estudio realizado en este trabajo se enfoca en la obtención de la frecuencia cardíaca a partir del análisis de los canales de color de las imágenes de video [1]. La selección de este método se basa principalmente en el bajo costo computacional de los algoritmos utilizados. En este sentido se ha utilizado un algoritmo para detección de rostro con la finalidad de obtener una zona de interés, se ha utilizado también un algoritmo para la separación ciega de señales por análisis de componente independiente, para la eliminación de ruido y la recuperación de señales no observadas dentro de un conjunto de entrada. En este caso particular la señal a recuperar es la de la frecuencia cardíaca. Lo antes expuesto permite realizar el desarrollo del método, utilizando un ordenador de escritorio, equipado con una cámara web, a diferencia de otros estudios mencionados anteriormente que hacen uso de equipamiento específico como cámaras térmicas o sensores fotoeléctricos.

A lo largo del trabajo se realiza la implementación de una adaptación del modelo de Poh [1]. Se comparan los

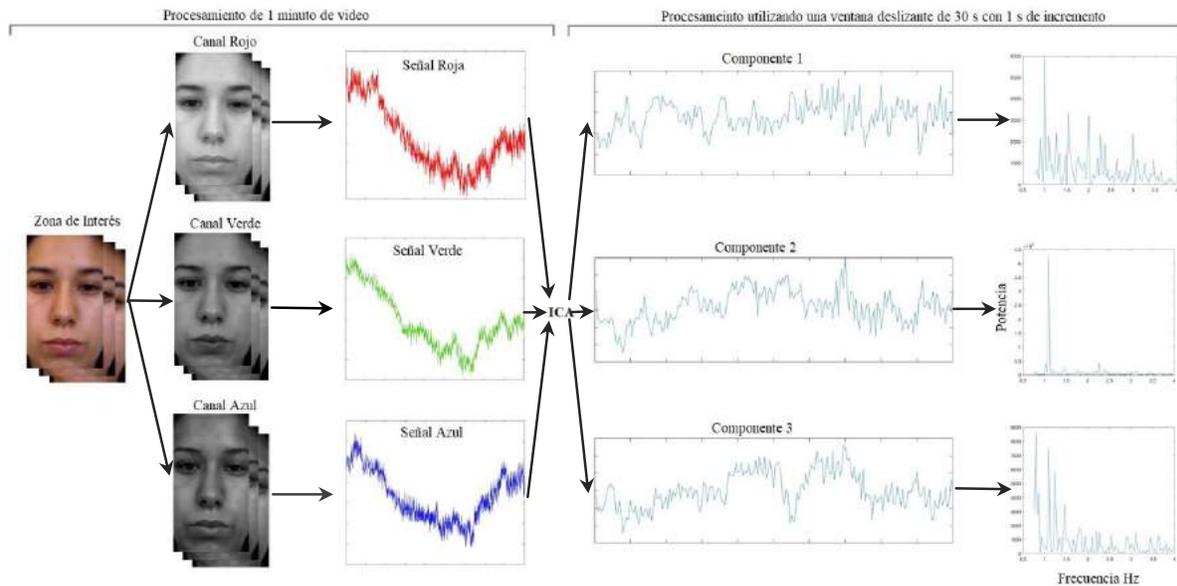
resultados con los arrojados por un dispositivo de uso comercial (un reloj inteligente o smartwatch) que utiliza técnicas basadas en análisis fotoeléctrico para obtener las mediciones de pulso cardíaco. Para evaluar la respuesta del modelo y la calidad de los valores obtenidos, los datos se obtienen antes y después de que los participantes hayan realizado ejercicio físico.

## LINEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

En este trabajo, se realizó una adaptación e implementación del método de Poh [1] para la obtención de la frecuencia cardíaca utilizando elementos de bajo costo y un método no invasivo.

El proceso comienza con la obtención de una filmación de 60 segundos sobre la cual se realiza un proceso de localización del rostro. Esto se hace con un algoritmo basado en el trabajo de Viola y Jones [8]. La obtención del rostro es considerada una zona de interés. A continuación, se realiza un análisis de cada cuadro del video, haciendo una separación ciega de señales por análisis de componente independiente (ICA) [9] para la eliminación de ruido y la recuperación de señales no observadas dentro de un conjunto de entrada.

Con éste método, se analizaron los resultados obtenidos en sujetos de prueba que fueron sometidos a distintas condiciones de actividad física para evaluar la capacidad de la metodología aplicada en condiciones variadas. Se contrastaron estos resultados contra otros métodos de lectura del pulso de manera de validar la correspondencia. En función de estos resultados, se planea realizar a futuro modificaciones en el modelo. En el presente trabajo, por una cuestión de automatización del proceso se seleccionó siempre la segunda componente entre las tres arrojadas como salida, pero ésta no siempre contiene la información relacionada al pulso cardíaco dado que el algoritmo no tiene orden



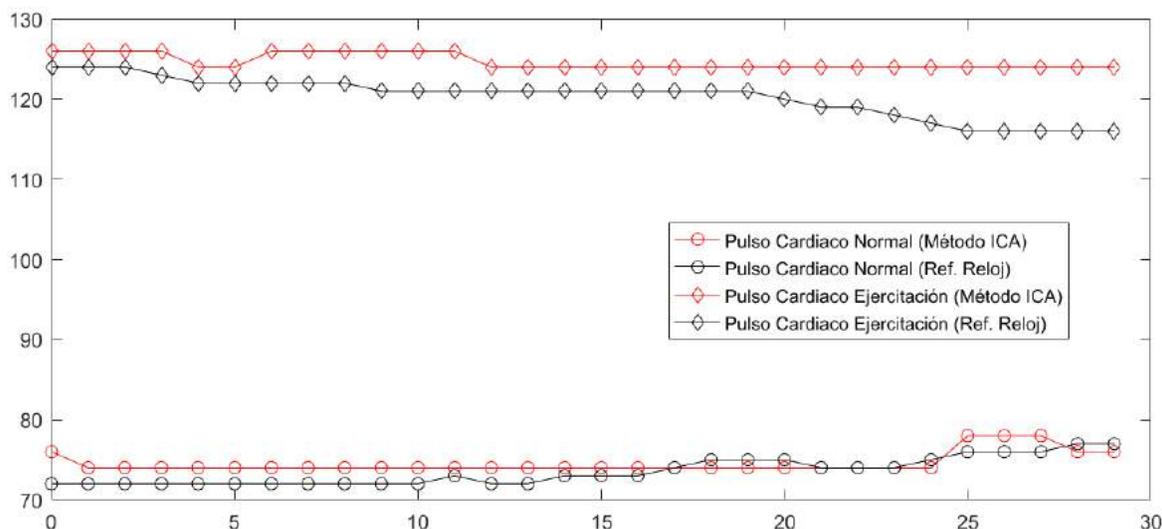
**Figura 1.** Proceso implementado para la obtención de la frecuencia cardíaca

de salida para los resultados. Se estima que un estudio comparativo entre las salidas para seleccionar la más adecuada, puede arrojar mayores precisiones al modelo.

### RESULTADOS OBTENIDOS

En la figura 1 se muestra el proceso utilizado para la obtención del pulso cardíaco, el cual fue desarrollado íntegramente en MATLAB. Los datos de entrada durante la implementación son videos de un minuto de duración en formato mp4 a 30 fps, captados con una resolución de 640 x 480 por una cámara web integrada en una notebook Asus (UX32L), obtenidos de cuatro participantes que se prestaron para el estudio. Sobre cada cuadro de video se realiza detección de rostro utilizando Computer Vision System Toolbox, específicamente “Face Detection and Tracking Using the KLT Algorithm” y se produce una nueva imagen denominada zona de interés (ROI) donde se toma el 60 % del ancho y todo el alto del área generada por las coordenadas que proporciona el algoritmo de detección. Cada ROI se descompone en canales RGB y se realiza un promedio del valor de los píxeles por canal para obtener tres

valores representativos de la imagen, con estos valores obtenidos por cada cuadro que compone el video se construyen tres señales RGB. Luego se aplica sobre cada señal una ventana deslizante de 30 segundos con una superposición del 96.7%, es decir un segundo de incremento, se normalizan las señales RGB utilizando standard score y dado que la absortividad de la hemoglobina difiere en el rango espectral visible e infrarrojo cercano [10], cada sensor de color registra una combinación de la señal que representa el pulso cardíaco, entre otras, es por esto que se obtienen tres componentes independientes subyacentes a las señales de entrada utilizando ICA. Las componentes obtenidas por el algoritmo no tienen un orden de recuperación y es por esto que se les aplica la Transformada Rápida de Fourier (FFT) y se analizan en el dominio de la frecuencia para determinar cuál de ellas representa el pulso cardíaco. El valor del pulso es designado como la frecuencia a la que le corresponde la máxima potencia dentro de la banda de frecuencia operacional, que en este caso es la frecuencia cardíaca (0,74 a 4 Hz o 45 a 240 lpm), utilizando siempre la segunda



**Figura 2:** Comparativa de pulso cardíaco obtenido con el método implementado en este estudio y el pulso de referencia obtenido mediante reloj inteligente.

componente para automatización del proceso. Para la validación de resultados se cuenta con un reloj inteligente marca Samsung (Gear 2 Neo) el cual realiza medición de frecuencia cardíaca en tiempo real, se coloca en los sujetos de prueba al momento de la grabación de video y se contrastan los resultados. Para el caso de este estudio se obtiene un primer video donde los participantes se encuentran en reposo y con una frecuencia cardíaca normal y luego se someten a realizar actividad aeróbica intensa en una bicicleta fija por 10 minutos y se procede nuevamente a la grabación de video.

En la figura 2 se pueden observar los resultados obtenidos para uno de los participantes, comparando el pulso arrojado por el método bajo estudio y el obtenido mediante el reloj inteligente, utilizando éste como pulso de referencia. Estos resultados muestran que se obtienen valores satisfactorios en el caso de un pulso normal y también cuando el pulso es elevado por la realización de actividad física. La frecuencia cardíaca cuando el pulso es elevado tiene mayor variabilidad respecto al pulso de

referencia, en comparación con la variabilidad del pulso cardíaco en reposo, esta situación puede atribuirse a que en este caso existe una mayor corrupción de ruido en las imágenes que se atribuye a efectos de movilidad, dado que el sujeto se encuentra con un alto grado de agitación al momento de la grabación producto de la actividad física.

Obtenidos estos resultados puede comprobarse que la adaptación resulta igualmente útil para la obtención de pulso cardíaco cuando el estado del sujeto en estudio varía.

## TRABAJOS FUTUROS

Se planifica la continuidad de este trabajo estudiando cómo mejorar el pre-procesamiento de las imágenes intentando eliminar las variaciones de luz y movimiento, las cuales disminuyen la calidad de los resultados obtenidos. Por otro lado, se pretende explorar mejoras de los resultados, definiendo un método de selección para la componente de salida que ofrece el algoritmo de análisis de componente independiente.

## FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

Se planifica la finalización de la carrera de grado Licenciatura en Sistemas de Información de la alumna Eugenia Cespedes (31 materias aprobadas). La incorporación de docentes auxiliares y estudiantes en actividades de investigación, fomentando la publicación de artículos en Congresos Científicos – Tecnológicos.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Poh, M. Z., McDuff, D. J., Picard, R. W. Non-contact, automated cardiac pulse measurements using video imaging and blind source separation. *Optics express*, 2010, vol. 18, no 10, p. 10762-10774.
- [2] Página web de la Organización Mundial de la Salud (OMS), “Las 10 principales causas de defunción”. <http://www.who.int/mediacentre/factsheet/fs310/es/> (Consultada: Enero 2017).
- [3] Bourlai, T., Buddharaju, P., Pavlidis, I., Bass, B. On enhancing cardiac pulse measurements through thermal imaging. En *Information Technology and Applications in Biomedicine*, 2009. ITAB 2009. 9th International Conference on. IEEE, 2009. p. 1-4.
- [4] Garbey, M., Sun, N., Merla, A., Pavlidis, I. Contact-free measurement of cardiac pulse based on the analysis of thermal imagery. *IEEE transactions on Biomedical Engineering*, 2007, vol. 54, no 8, p. 1418-1426.
- [5] Melchor Rodríguez A., Ramos Castro J. J. Análisis de la Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca mediante Fotopletismografía por imagen. En *Libro de Actas del CASEIB 2014 XXXII Congreso Anual de la Sociedad Española de Ingeniería Biomédica*. 26-28 Noviembre, Barcelona. 2014. p. 1-4.
- [6] Valencia Urbina, C. E. Fotopletismografía basada en realidad aumentada con aplicaciones al monitoreo funcional en pediatría. 2016. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Cuyo.
- [7] Balakrishnan, G., Durand, F., Guttag, J. Detecting pulse from head motions in video. En *Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2013 IEEE Conference on. IEEE, 2013. p. 3430-3437.
- [8] Viola, P., Jones, M. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features. En *Computer Vision and Pattern Recognition*, 2001. CVPR 2001. Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on. IEEE, 2001. p. I-I.
- [9] Hyvärinen, A., Oja, E. Independent component analysis: algorithms and applications. *Neural networks*, 2000, vol. 13, no 4-5, p. 411-430.
- [10] Zijlstra W. G., Buursma A., Meeuwse-Van der Roest W. P. Absorption spectra of human fetal and adult oxyhemoglobin, de-oxyhemoglobin, carboxyhemoglobin, and methemoglobin. *Clinical chemistry*, 1991, vol. 37, no 9, p. 1633-1638.