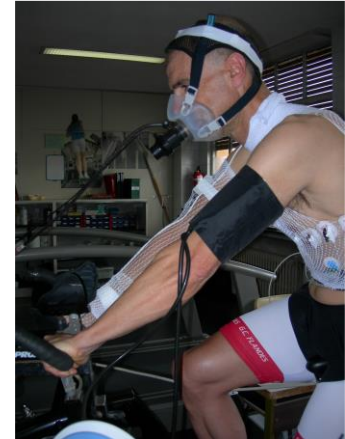


## Pulsioxímetro de precisión, medical device tipo IIB, con Bluetooth para estimar la saturación de oxígeno periférica de forma continua durante la realización de ejercicio físico y valido en pieles oscuras

### Breve descripción

Esta tecnología basada en pulsioximetría de pulso permite obtener parámetros fisiológicos (frecuencia cardiaca y saturación de oxígeno) en tiempo real y de forma continua, a partir de las señales del fotopleletismograma (PPG) obtenido por la emisión de varios LED a diferentes longitudes de onda.

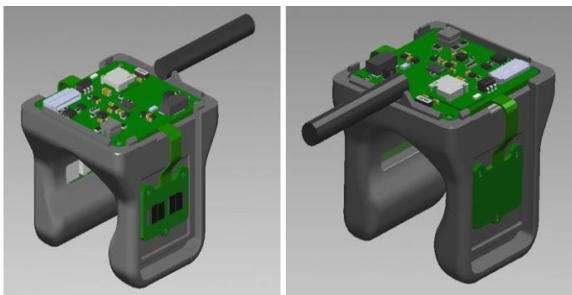
El grupo de investigación ha desarrollado un pulsioxímetro de pulso de transmisión, en forma de anillo con Bluetooth, que sirve para determinar el ritmo cardiaco y de la saturación de oxígeno de forma continua, a partir de esas señales fotopleletismográficas (PPG) incluso en situaciones extremas, tales como durante la realización continua de movimientos durante la práctica de ejercicio físico, en situaciones de hipoxia, en personas o deportistas con color de piel más oscura y en personas con enfermedades respiratorias con baja saturación de oxígeno.



*Figura 1. Paciente realizando prueba de esfuerzo con conjunto oximétrico.*

### ¿Cómo funciona?

La oximetría de pulso estima mediante el análisis del Fotopleletismograma (PPG), u onda de pulso generada por cada latido cardiaco, valores continuos de la saturación de oxígeno en la sangre (SpO<sub>2</sub>) y la frecuencia cardiaca (HR). Esta técnica analiza la señal pulsátil que se genera con la variación de flujo sanguíneo arterial con el pulso generado por cada latido del corazón. Se aplica de una manera continua como técnica no invasiva, en la monitorización de pacientes durante todo el proceso de anestesia y cuidados intensivos, en el control de neonatos, evaluación y seguimiento de trastornos pulmonares crónicos y nocturnos, y en medicina deportiva.



*Figura 2. Pulsioxímetro de dedo, diseño de la envolvente mecánica y encaje del hardware electrónico en la misma*

Estudios recientes han demostrado que con la utilización de los emisores clásicos en el rojo e infrarrojo infravaloran el valor de saturación de oxígeno en sangre, para niveles inferiores al 70%, en movimiento y en personas con altos niveles de melanina en la piel. La utilización de otras longitudes de onda mejora los resultados de medida en esos niveles ya que permite sortear estos artefactos. Este problema es importante en la monitorización fetal, en estudios de la apnea del sueño, en personas que realizan esfuerzo físico, donde se alcanzan estos valores y en personas de piel oscura donde los oxímetros comerciales dan valores infraestimados.

Esta técnica, aplicada a la evaluación del estado de forma física de los deportistas y combinada con la ergometría, complementa la prueba de esfuerzo y constituye un método apropiado para la determinación del límite de esfuerzo cardiopulmonar, caracterizado por una caída significativa de la saturación arterial de oxígeno.

El estudio de la evolución de la saturación de oxígeno en el esfuerzo máximo mediante este tipo de oxímetro junto con el análisis de la correlación con las variables ergo espirométricas en distintos deportes permite el conocimiento de la evolución de la saturación de oxígeno durante el ejercicio como parámetro para mejorar el rendimiento deportivo. Se puede extrapolar y aplicar para la prescripción de ejercicio pautado en personas con enfermedades cardiopulmonares.

## ¿Qué problema resuelve?

Los productos actuales, comercializados, con oximetría de pulso tienen muchas limitaciones y poca precisión porque:

- No miden bien niveles bajos de saturación de oxígeno (< 90%) generalmente observados en enfermedades respiratorias.
- No miden bien en frecuencias cardíacas (FC) elevadas o superiores a (> 150 lpm)
- No miden bien la frecuencia cardíaca durante movimientos intensos.
- Los colores de piel más oscuras interfieren en la precisión de la medida.
- Incapacidad para medir continuamente la saturación de oxígeno: los estudios muestran que, en pacientes con enfermedades respiratorias, necesitan un control continuo para monitorización de los valores de saturación de oxígeno.

Este sistema resuelve el problema de precisión de estos oxímetros comerciales y al obtener los datos de forma continua y se pueden usar durante la realización de ejercicio y en programas de rehabilitación respiratoria y cardiovascular.

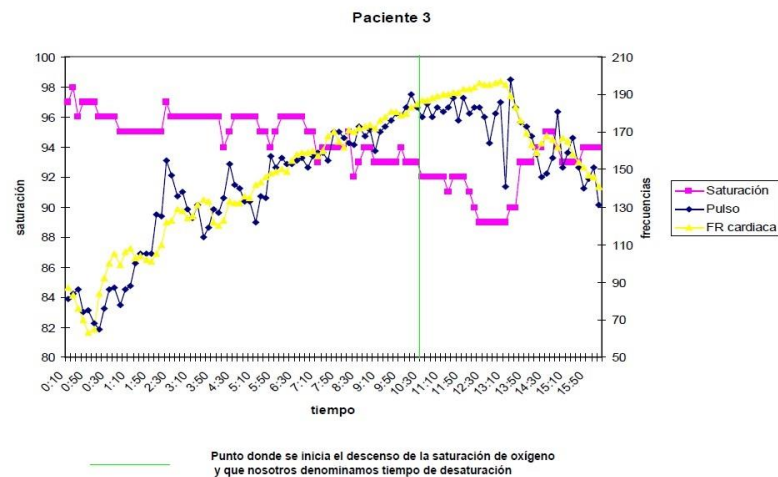


Figura 3. Datos obtenidos del atleta realizando la prueba de esfuerzo y los valores de saturación de oxígeno obtenidos.

## ¿Qué productos futuros resultarán?

Resultará una nueva gama de oxímetros de pulso medical devices tipo IIb, que tendrá como principal ventaja la mejora de su precisión y aplicable a pacientes y personas de cualquier color de piel, en movimiento y cuando están en condiciones de baja hipoxia tales como entrenamientos en hipoxia, subidas a grandes ascensiones en montaña, entrenamiento en aviones de combate, etc.

## Ventajas competitivas frente a otras investigaciones

Las ventajas competitivas que presenta este dispositivo con respecto a otros productos similares del mercado:

1. Precisión mejorada en las mediciones a bajas saturaciones de oxígeno.
2. Precisión mejorada en las mediciones a frecuencias cardíacas altas > 150 latidos por minuto (lpm).
3. Precisión mejorada en mediciones con movimientos intensos, incluso con ejercicios realizados a más de 16 km/h.
4. Precisión mejorada en mediciones con tonos de piel más oscuros, donde claramente sobrestiman los valores de saturación de oxígeno.
5. Medición continua durante la realización de ejercicios físicos para detectar potencialmente caídas repentinas de saturación de oxígeno y de utilidad en pautas de prescripción de ejercicio y para ayudar en la rehabilitación de pacientes con enfermedades pulmonares y cardíacas
6. Conexión Bluetooth evitando limitaciones de movimiento por conexiones por cables u otro sistema de obtención de resultados (sondas).



## **¿Dónde se ha desarrollado?**

---

Este pulsioxímetro es el resultado de muchos años de investigaciones realizadas en la Escuela de Medicina de la Educación Física y el Deporte. Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid. El nuevo modelo de oxímetro de pulso diseñado para aplicar esta metodología ha sido desarrollado por un grupo de investigación consolidado de la UCM 950056 - APLICACIÓN DE LA OXIMETRÍA DE PULSO EN EL DEPORTE Y EN LA AYUDA DIAGNÓSTICA, este grupo ha trabajado con Ingenieros y con otros investigadores tales como el Servicio de Neumología del Hospital Clínico San Carlos, Instituto de microelectrónica del CSIC, Universidad Pontificia de Comillas (ICAI), Universidad Politécnica de Madrid. En la actualidad esta investigación ha dado lugar al desarrollo de una Start-up tecnológica afincada en la Comunidad de Madrid.

## **Y además...**

---

Los clientes potenciales podríamos segmentarlos en tres grandes grupos:

### a.- Usuarios que utilizarían el dispositivo para finalidad médica:

1. *Prescripción de ejercicio para personas con problemas cardiacos y respiratorios* (especialmente secuelas postcovid 19), estas personas una vez recuperadas de su enfermedad, deben realizar ejercicio de forma pautada y precisa y sería de gran ayuda, el uso de estos dispositivos, como seguimiento integral de su rehabilitación posterior, adecuación del ejercicio a su patología y como herramienta de ayuda a telemedicina
2. *Seguimiento médico de pacientes con apnea del sueño y otras patologías respiratorias.* Cada vez es necesario un seguimiento puntual, preciso y en situación tanto de reposo como de movimiento de las personas afectadas o aquejadas de procesos respiratorios que requieren de un seguimiento especial para optar de una opción terapéutica determinada.

### b.- Usuarios que utilizarían el dispositivo con fines deportivos:

1. *Clientes que pueden utilizar el dispositivo para entrenamiento deportivo amateur y profesional,* cuyo volumen de usuario está incrementando espectacularmente en estos últimos años.
2. *Entrenamiento en altitud, himalayismo. Entrenamiento en hipoxia.* Es de extraordinaria ayuda el seguimiento del nivel de oxigenación (saturación de oxígeno) para las personas o deportistas que realizan ejercicios a elevada altitud a mayor de 5000 metros de altitud. Este seguimiento de la saturación de oxígeno periférico nos ayuda a conocer si es necesario la suplementación de oxígeno a determinado nivel de altitud o como elemento previsor de la aparición del mal de altura.
3. *Entrenamiento en hipoxia,* cada vez más los deportistas acuden a este sistema de entrenamiento con el ánimo de mejorar sus resultados deportivos. Este entrenamiento consiste en entrenar en condiciones hipóxicas con el fin de aumentar sus glóbulos rojos de una manera fisiológica

c.- Usuarios que utilizarían el dispositivo con fines profesionales: En este caso nos estamos refiriendo a su uso en aviones de combate donde necesitan implementar oxímetros precisos que salvaguarden la seguridad del piloto en aviones de combate, al tener que pilotar en condiciones de hipoxia.

## **Responsable de la investigación**

---

**Pilar Martín Escudero**, [pmartinescudero@med.ucm.es](mailto:pmartinescudero@med.ucm.es)

Departamento: **Radiología, Rehabilitación y Fisioterapia. Escuela de Medicina de Educación Física y el Deporte**

**Facultad: Medicina**

---