

# **EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO HIIT COMBINADO CON TERAPIA DE MINDFULNESS EN PERSONAS HIPERTENSAS**

## **DOBLE GRADO EN CAFYD Y EN FISIOTERAPIA**

**FACULTAD CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD  
FÍSICA Y EL DEPORTE**



Realizado por: Marta Ibarz Notario y Laura Lozoya González

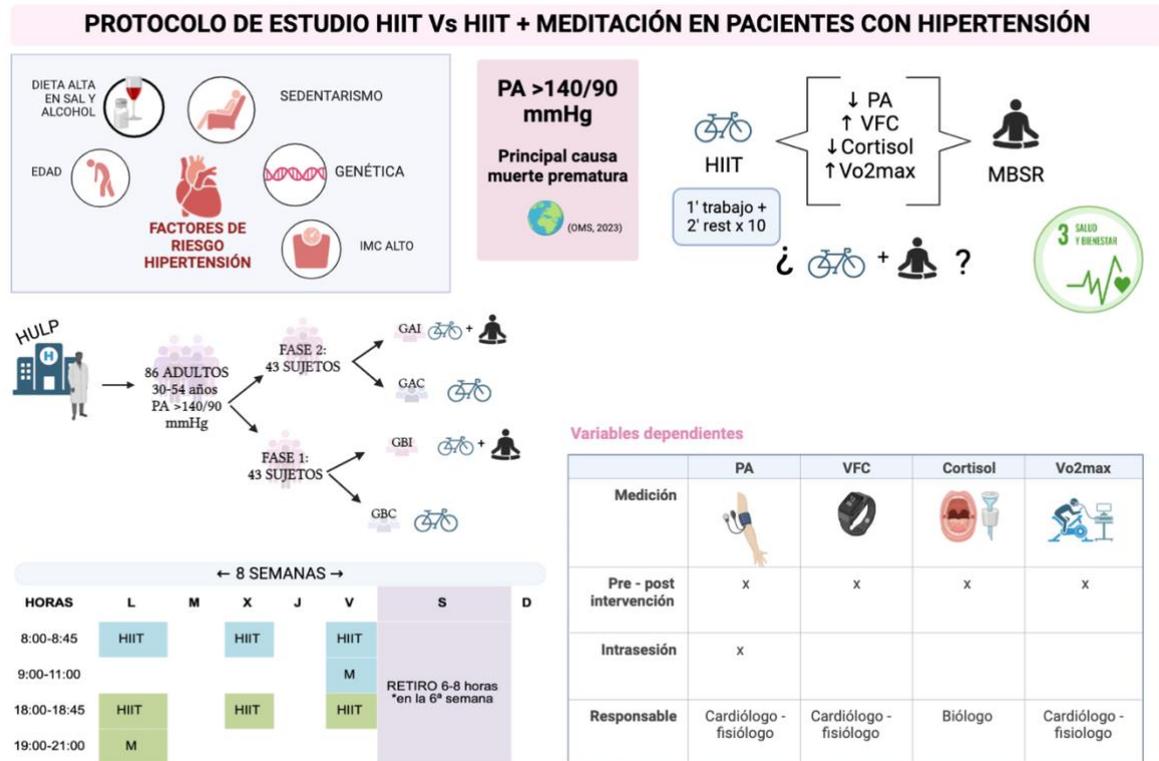
Año Académico: 2024-2025

Tutora: Tamara Iturriaga Ramírez

Área: Diseño de estudio experimental

**Figura 1**

Graphical Abstract



Nota. Graphical Abstract en castellano. Elaboración propia.

## Resumen

**Introducción:** Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la hipertensión arterial (HTA) es la enfermedad internacional no transmisible prioritaria para prevenir y tratar, y una de las principales causas de muerte prematura a nivel mundial. La actividad física (AF), concretamente el entrenamiento interválico a alta intensidad (HIIT) y la terapia mindfulness reducen la presión arterial (PA). El HIIT y el programa de reducción del estrés basado en la atención plena (MBSR) además contribuyen a una mejora en la variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC), consumo máximo de oxígeno ( $VO_2$ máx) y niveles de cortisol. Sin embargo, no se ha estudiado si al combinar ambas estrategias aumenta la eficacia.

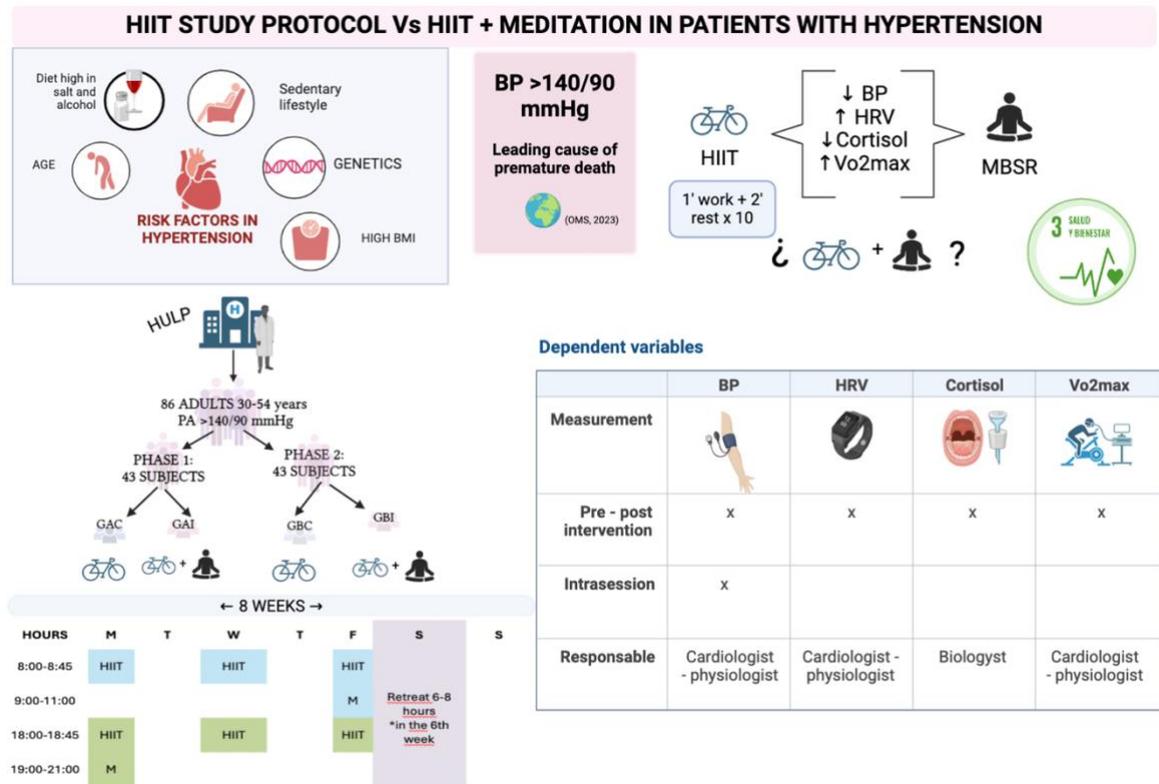
**Objetivo:** El objetivo principal es analizar el efecto del entrenamiento HIIT combinado con un programa de mindfulness de 8 semanas de duración sobre la PA en pacientes hipertensos en comparación con un programa de entrenamiento HIIT aislado.

**Metodología:** Se propone un estudio experimental con aleatorización estratificada,  $n=86$  adultos de 30-54 años con hipertensión diagnosticada. Se realiza una prueba de esfuerzo para valorar la condición física (CF) y dividir la muestra en dos, aquellos con CF alta en grupo A, y con baja en grupo B. Dentro de cada grupo se dividen en grupo control (GAC  $n=22$ ; GBC  $n=21$ ) y grupo intervención (GAI  $n=21$ ; GBI  $n=22$ ). Se tomarán las medidas de PA, la VFC, el cortisol y el  $VO_2$ máx al inicio y al final de la intervención. Se llevarán a cabo sesiones de entrenamiento HIIT en bicicleta estática y terapia de mindfulness impartidas por un instructor certificado en MBSR.

**Palabras clave:** Hipertensión, mindfulness, HIIT, adultos, actividad física, MBSR, enfermedades cardiovasculares.

**Figura 2**

*Graphical Abstract*



*Nota.* Graphical Abstract en inglés. Elaboración propia.

## **Abstract**

**Introduction:** According to the World Health Organization (WHO), high blood pressure is the priority non-communicable disease to prevent and treat, and one of the main causes of premature death worldwide. Physical activity (PA), specifically high-intensity interval training (HIIT) and mindfulness therapy, reduces blood pressure (BP). HIIT and the mindfulness-based stress reduction program (MBSR) also contribute to an improvement in heart rate variability (HRV), maximum oxygen consumption ( $VO_{2\text{máx}}$ ) and cortisol levels. However, it has not been studied whether combining both strategies increases efficacy.

**Objective:** The main objective is to analyze the effect of HIIT training combined with a mindfulness program during 8 weeks on BP in hypertensive patients compared to an isolated HIIT training program.

**Methodology:** An experimental study with stratified randomization is proposed,  $n=86$  adults aged 30-54 years with diagnosed hypertension. A test is performed to assess physical fitness (PF) and the sample is divided into two groups: those with high PF in group A and those with low PF in group B. Within each group, they are divided into a control group (GAC  $n=22$ ; GBC  $n=21$ ) and an intervention group (GAI  $n=21$ ; GBI  $n=22$ ). BP, HRV, cortisol and  $VO_{2\text{máx}}$  measurements will be taken at the beginning and at the end of the intervention. HIIT training sessions on a stationary bike and mindfulness therapy taught by a certified MBSR instructor will be carried out.

**Keywords:** Hypertension, mindfulness, HIIT, adults, physical activity, MBSR, cardiovascular diseases.

## Índice

1	Introducción .....	8
2	Justificación .....	12
3	Objetivos e hipótesis .....	13
4	Metodología.....	14
4.1	Diseño.....	14
4.2	Muestra y formación de grupos .....	15
4.3	Variables y materiales de medida.....	18
4.4	Procedimiento.....	20
4.5	Análisis de datos .....	23
5	Equipo investigador.....	23
6	Viabilidad del estudio .....	25
6.1	Limitaciones.....	26
7	Contribución a los Objetivos de Desarrollo Sostenible.....	27
8	Referencias Bibliográficas .....	28
9	Anexos.....	34

## Índice de Figuras

Figura 1 .....	2
Figura 2.....	4
Figura 3.....	10
Figura 4.....	17
Figura 5.....	21
Figura 6.....	34
Figura 7.....	43
Figura 8.....	44
Figura 9.....	45

## Índice de Tablas

Tabla 1 .....	38
Tabla 2.....	39
Tabla 3.....	39
Tabla 4.....	41
Tabla 5.....	41
Tabla 6.....	46
Tabla 7.....	47

## 1 Introducción

La hipertensión arterial es una de las principales causas de muerte prematura a nivel mundial (OMS, 2023). Además, es el factor de riesgo más importante para padecer enfermedades coronarias (Al Ghorani et al., 2021). Según la OMS (2023), la hipertensión se diagnostica cuando la presión sanguínea alcanza o supera los valores 140/90 mmHg en un estado de reposo medido en días distintos. Los factores de riesgo para esta enfermedad son: edad, genética, Índice de Masa Corporal (IMC) alto, sedentarismo y dieta alta en sal y alcohol (OMS, 2023).

La presión arterial alta es la enfermedad internacional no transmisible prioritaria para prevenir y tratar (Loucks et al., 2019). Los tratamientos no farmacológicos son la disminución de la sal, alcohol y tabaco, seguir una alimentación saludable, la pérdida de peso y el ejercicio físico (Jordan et al., 2018). Las recomendaciones relacionadas con la actividad física para prevenir esta afección son de al menos 150 minutos de ejercicio moderado o 75 minutos a una intensidad alta, y realizar al menos dos días de fuerza a la semana, además de reducir y gestionar el estrés (OMS, 2023).

Se ha demostrado que el ejercicio físico reduce significativamente la presión arterial sistólica y diastólica como adaptación crónica del sistema cardiovascular tanto en personas normotensas como hipertensas, variando el efecto en magnitud y duración según el tipo, la intensidad y el volumen del ejercicio realizado (Olea et al., 2017). La actividad física tiene efectos positivos sobre el sistema cardiovascular, entre ellos, aumento de la distensibilidad vascular y por tanto una menor presión arterial, disminución de la actividad del Sistema Nervioso Autónomo (SNA) simpático y la inflamación sistémica por lo que ayuda a prevenir el endurecimiento arterial y disminuye el estrés crónico (Tucker et al., 2022).

Las principales opciones de ejercicio físico para el tratamiento y la prevención de la hipertensión son el entrenamiento interválico de alta intensidad o HIIT por sus siglas en inglés (*High Intensity Interval Training*) y entrenamiento continuo a intensidad moderada o MICT por sus siglas en inglés (*Moderate Intensity Continuous*

*Training*). El HIIT consiste en ejercicios repetidos a alta intensidad con cortos periodos de descanso (Alansare et al., 2018). Según Ramos et al. (2015), deriva en una mejora en la prevención de patologías cardíacas, obesidad e hipertensión. Leal et al. (2020) afirma que la disminución de la presión arterial diastólica es mayor ante un programa de ejercicio HIIT que en MICT. En el estudio de Kong et al. (2016) se concluye que un protocolo HIIT resulta más placentero y eficiente en cuanto a tiempo en la mejora de la capacidad cardiorrespiratoria en comparación con el MICT.

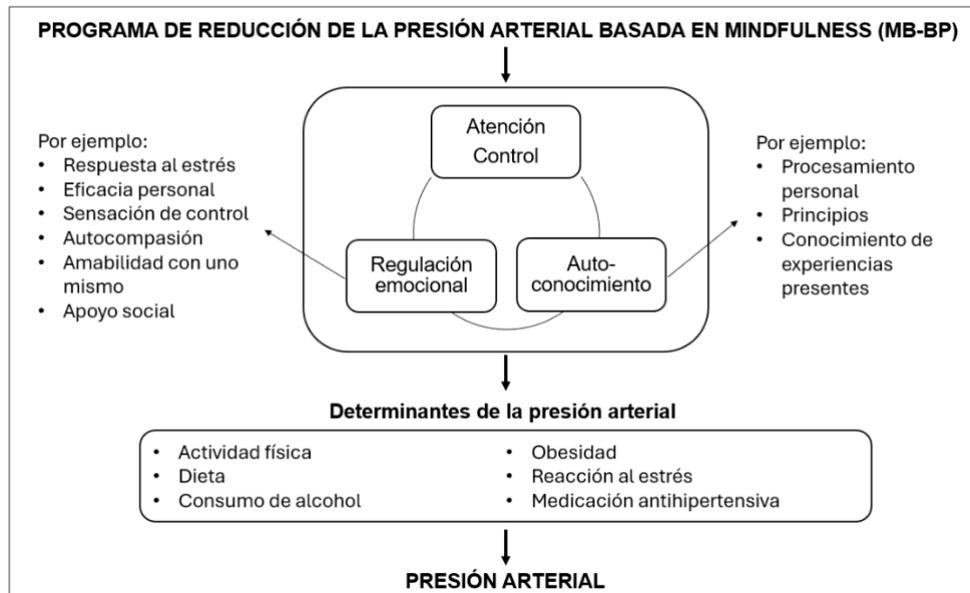
El estrés se ha convertido en un problema de salud a nivel global (Khoury et al., 2015). Las investigaciones indican que altos niveles de estrés pueden impactar de manera negativa tanto la salud física como mental, demostrando su relación con el desarrollo de enfermedades autoinmunes, migrañas, obesidad, dolor musculoesquelético, enfermedades coronarias e hipertensión (Khoury, B. et al., 2015). Aunque no produce hipertensión de manera directa, el estrés puede ocasionar subidas frecuentes de la presión arterial que, con el tiempo, podrían desencadenar hipertensión al estimular el sistema nervioso simpático y provocar una liberación de hormonas vasoconstrictoras (Kulkarni et al., 1998).

La meditación fomenta la observación desapegada de uno mismo, lo que ayuda a separar las sensaciones sensoriales de la reacción de alarma, reduciendo la experiencia de dolor mediante reevaluación cognitiva (Kabat-Zinn, 1982). La práctica más utilizada de atención plena es el programa de reducción del estrés basado en la atención plena o MBSR por sus siglas en inglés (*Mindfulness-Based Stress Reduction*) desarrollado por Jon Kabat-Zinn, técnica que ha sido demostrada tener resultados significativos en múltiples enfermedades tanto mentales como físicas, incluyendo la hipertensión (Khoury, B. et al., 2015). Al mejorar la regulación emocional, se reducen las conductas asociadas que elevan la presión arterial, como la activación del sistema nervioso simpático, la alimentación emocional y el consumo excesivo de alcohol (Loucks et al., 2019). Según Hughes et al. (2013), los cambios de la PA indican que los programas de atención plena tienen relevancia para la salud pública y, si se mantienen, pueden contribuir a disminuir el riesgo de infarto y accidente cerebrovascular. El programa MBSR cuando se combina con las

recomendaciones de un estilo de vida saludable, es un tratamiento complementario efectivo para la presión arterial alta, además de demostrar que el MBSR es una opción prometedora en este contexto (Hughes et al., 2013; Loucks et al., 2019).

**Figura 3**

*Programa de Reducción de la Presión Arterial Basada en Mindfulness (MB-BP)*



*Nota.* Marco teórico de los mecanismos a través de los cuales el programa de Reducción de la Presión Arterial Basada en Mindfulness (MB-BP) puede influir en la presión arterial. Modificada de Loucks et al., 2019.

Como se muestra en la Figura 3, la práctica de la atención plena puede influir en los factores conductuales de la hipertensión al favorecer la autorregulación, incluyendo el control de la atención, la autoconciencia y la regulación emocional (Loucks et al., 2019).

El corazón posee un sistema nervioso propio en el cual las divisiones simpática y parasimpática interactúan para regular la variabilidad de la frecuencia cardiaca (Tiwari et al., 2021). La variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC) indica una respuesta del corazón normal a distintos estímulos como el ejercicio físico, el estrés mental, las alteraciones hemodinámicas, la respiración o los cambios metabólicos (Aubert et al., 2003). La VFC permite conocer el equilibrio entre SNA simpático y parasimpático, en situaciones de estrés hay una activación del SNA simpático, y

una menor activación del SNA parasimpático, esto supone una disminución de valor de VFC (Castaldo et al., 2015). Si el SNA simpático se activa en exceso y el parasimpático tiene una capacidad reducida, se pierde la regulación autonómica normal del sistema cardiovascular y tendrá lugar una disfunción autonómica la cual supone un predictor de enfermedad coronaria, vascular y de muerte cardíaca súbita (Martínez, 2017).

La VFC es un método no invasivo para valorar la salud cardiovascular a través de la medición de tiempo entre el latido del corazón y la actividad cardíaca eléctrica (Alansare et al., 2018). La onda R se corresponde con la despolarización ventricular del ventrículo izquierdo, es la onda más grande y por tanto la más fácil de detectar (Draghici & Taylor, 2016). Para analizar el dominio de frecuencia, el HRV se divide en cuatro componentes, de alta frecuencia (HF), de baja frecuencia (LF), de muy baja frecuencia (VLF) y de frecuencia ultrabaja (ULF). También se utiliza el valor entre las oscilaciones de alta y de baja frecuencia (LH/HF), este dato da información del equilibrio simpático-vagal (Montano et al., 1994).

Tanto la VFC como la PA están regulada por el SNA, por tanto, hay una relación inversa entre la PA y la VFC, pues ante una menor VFC, la PA es más alta, por tanto, una baja VFC es un factor de riesgo cardiovascular (Saito et al., 2018).

En condiciones normales, aquellas personas con una mayor VFC presentan una mejor condición física, mientras que un valor de VFC disminuido supone un factor de riesgo para la mortalidad y morbilidad (Thayer et al., 2010). Según Cerda & Henríquez (2014), al hacer ejercicio se aumenta la frecuencia cardíaca debido a un aumento de la actividad simpática y una disminución de la parasimpática, mientras que, tras el ejercicio sucede lo contrario, disminuye la FC por una activación parasimpática y retirada de la simpática. Un programa HIIT aumenta el valor de la VFC en mayor medida que uno MICT en pacientes físicamente inactivos (Alansare et al., 2018).

Tanto la VFC como la Actividad Física (AF) se ven relacionados con el estrés. El estrés provoca activación simpática y retirada parasimpática, por tanto, las medidas de la VFC cambian notablemente durante el estrés mental (Castaldo et al., 2015).

A su vez, el estrés se relaciona de manera inversa con la AF, pues ante una mayor AF, el estrés percibido por las personas disminuye (Skurvydas et al., 2024).

El eje hipotálamo-hipofisario-suprarrenal (HHS) es un sistema fundamental para regular el estrés agudo y crónico, donde ante un estímulo estresante se liberan hormonas como corticotropina (CRH), adrenocorticotrópica (ACTH) y cortisol, desencadenando reacciones fisiológicas, pero si el estrés se cronifica, puede alterar este mecanismo de control, manteniendo elevados los niveles de cortisol, catecolaminas y marcadores inflamatorios, lo que implica efectos perjudiciales a largo plazo en el organismo (Joseph & Golden, 2017). Según Ortiz et al. (2022), los niveles elevados de cortisol afectan al endotelio de los vasos sanguíneos, lo que puede incrementar el riesgo de hipertensión.

Los niveles de cortisol siguen un patrón diurno, alcanzando su punto máximo entre 30 y 45 minutos después de despertar, y va disminuyendo a lo largo del día (Ortiz et al., 2022). Las mediciones de cortisol salival en varios momentos del día, cortisol suprimido con dexametasona y el volumen de la glándula suprarrenal son indicadores fiables del tono del eje HHS, útiles en estudios poblacionales para evaluar la carga crónica de cortisol (Golden et al., 2011).

## **2 Justificación**

A pesar de todos los tratamientos y prevención de la hipertensión arterial, sigue existiendo un gran número de personas con esta patología, por lo que se necesita estudiar nuevas estrategias para ayudar a controlar la hipertensión y reducir así el impacto de este factor de riesgo en la carga de enfermedades cardiovasculares, la mortalidad y la calidad de vida (Solano López, 2018).

Por un lado, según el estudio de Loucks et al. (2019) a través de la meditación, se mejora la regulación emocional y los valores de PA disminuyen. Concretamente, el programa MBSR es la práctica que presenta unos mejores resultados (Khoury et al., 2015). Por otro lado, el HIIT resulta ser una forma de entrenamiento muy eficiente que favorece la disminución de la presión arterial (Kong et al., 2016). Además, hay evidencia científica de que, tanto el entrenamiento HIIT como la

terapia mindfulness, provocan un aumento en la VFC ayudando así a la regulación autonómica de simpático y parasimpático (Alansare et al., 2018; Brown et al., 2021).

A día de hoy no hay estudios que combinen la meditación con el entrenamiento HIIT con el objetivo de valorar variaciones en la PA. Búsqueda realizada en octubre 2024 en las bases de datos MEDLINE Complete, Rehabilitation & Sports Medicine Source, SPORTDiscus y PubMed.

Por tanto, a pesar de que se conoce que tanto el HIIT como la meditación tienen resultados favorables para disminuir la PA, es necesario estudiar si la combinación de ambos tiene un mayor efecto en su regulación. De esta manera será posible en mayor medida la prevención enfermedades cardiovasculares en adultos hipertensos y reducir la hipertensión arterial.

### 3 Objetivos e hipótesis

#### Objetivo general

Analizar el efecto de un programa de entrenamiento HIIT combinado con un programa de mindfulness de 8 semanas de duración sobre la **presión arterial** en pacientes hipertensos en comparación con un programa de entrenamiento HIIT aislado.

#### Objetivos específicos

Evaluar el efecto de un programa de entrenamiento HIIT combinado con mindfulness de 8 semanas de duración sobre la **variabilidad de la frecuencia cardiaca** en pacientes hipertensos en comparación con un programa de entrenamiento HIIT aislado.

Analizar el efecto de un programa de entrenamiento HIIT combinado con mindfulness de 8 semanas de duración sobre los **niveles de cortisol** en pacientes hipertensos en comparación con un programa de entrenamiento HIIT aislado.

Valorar el efecto de un programa de entrenamiento HIIT combinado con mindfulness de 8 semanas de duración sobre la **condición física** en pacientes hipertensos en comparación con un programa de entrenamiento HIIT aislado.

**Hipótesis primaria:** un programa de entrenamiento HIIT combinado con mindfulness de 8 semanas de duración disminuye en mayor medida la PA en personas hipertensas que el programa de entrenamiento HIIT aislado.

**Hipótesis secundarias:**

- Un programa de entrenamiento HIIT combinado con mindfulness de 8 semanas de duración aumenta en mayor medida el HRV en personas hipertensas que el programa de entrenamiento HIIT aislado.
- Un programa de entrenamiento HIIT combinado con mindfulness de 8 semanas de duración disminuye los valores de cortisol en mayor medida en personas hipertensas que el programa de entrenamiento HIIT aislado.
- Un programa de entrenamiento HIIT combinado con mindfulness de 8 semanas de duración mejora la condición física en mayor medida en personas hipertensas que el programa de entrenamiento HIIT aislado.

## 4 Metodología

### 4.1 Diseño

Este estudio es propuesto como un diseño de estudio experimental aleatorizado (ECA), con aleatorización estratificada. Se realiza una intervención de terapia mindfulness combinado con entrenamiento HIIT para ver el efecto en pacientes hipertensos en función de su condición física. Los sujetos son asignados aleatoriamente a grupo control o grupo intervención.

## 4.2 Muestra y formación de grupos

### 4.2.1 Cálculo del tamaño muestral

El tamaño muestral óptimo para este estudio se basa en fórmulas estadísticas. Tal y como se muestra en la Figura 6 del Anexo I, el proceso que se ha seguido es el siguiente. En primer lugar, se ha obtenido a partir de una población grande, la población de España. Según el Instituto Nacional de Estadística (INE) (2024), a día 1 de julio 2024, la población española es de 48.797.875 habitantes.

Para el estudio se seleccionan sujetos que tengan entre 30 y 54 años de edad residentes en la comunidad de Madrid, 2.569.057 habitantes (INE, 2022). El 17,4% de la población presenta HTA, por tanto 447.016 son hipertensos (INE, 2020).

Se introduce este último valor en el Excel estadístico para determinar una proporción (López et al., 2010) con un nivel de confianza del 95% y una precisión del 5%, el tamaño muestral estimado es de 73 sujetos. A este dato hay que sumarle el 15% de posibles pérdidas, por lo que finalmente se obtiene un tamaño muestral total de 86 sujetos.

### 4.2.2 Criterios de inclusión y exclusión

Los criterios de inclusión son los siguientes:

- Adultos de entre 30-54 años con residencia en la Comunidad de Madrid.
- PA en consulta mayor a 140/90 mmHg durante al menos 6 meses antes del reclutamiento.
- Hipertensión controlada sin cambio en el tratamiento en los últimos 3 meses.
- Haber firmado el consentimiento informado (redactado en el Anexo II) y estar registrado en los hospitales de la Comunidad Autónoma de Madrid (CAM).

Los criterios de exclusión son:

- Lesión o limitación musculoesquelética.
- Enfermedad cardiovascular, respiratorias o metabólicas, enfermedad autoinmune.

- Fumadores o sujetos que abusen de alcohol u otras sustancias.
- Sujetos con ideación suicida o trastorno alimentario, así como con historial de trastornos bipolares o psicóticos o conductas autolesivas, excluidos por el riesgo de requerir un tratamiento adicional.
- Falta de disponibilidad para llevar a cabo las sesiones de entrenamiento o terapia, así como las valoraciones.
- Participantes de algún programa de ejercicio, meditación o nutrición.
- Sujetos que realicen ejercicio físico o meditación regularmente.

#### 4.2.3 Selección de la muestra

Los sujetos se localizarán en el Hospital Universitario La Paz (HULP). El médico propondrá la participación en a sus pacientes que cumplan con las características especificadas en el apartado anterior. Para aquellos sujetos que finalmente no cumplan con los criterios y deseen participar, podrán recibir el entrenamiento o la terapia de mindfulness de manera gratuita siempre que cuente con el consentimiento de su médico.

El protocolo se lleva a cabo de acuerdo con la declaración de Helsinki (Asociación Médica Mundial, 2024) y aprobado por el Comité Ético de la Investigación con medicamentos del Hospital Universitario La Paz ya que se encuentra entre los mejores hospitales para la cardiología a nivel mundial según la lista *World's Best Specialized Hospitals 2022* publicada por la revista *Newsweek* (Cooper, 2022).

#### 4.2.4 Formación de grupos

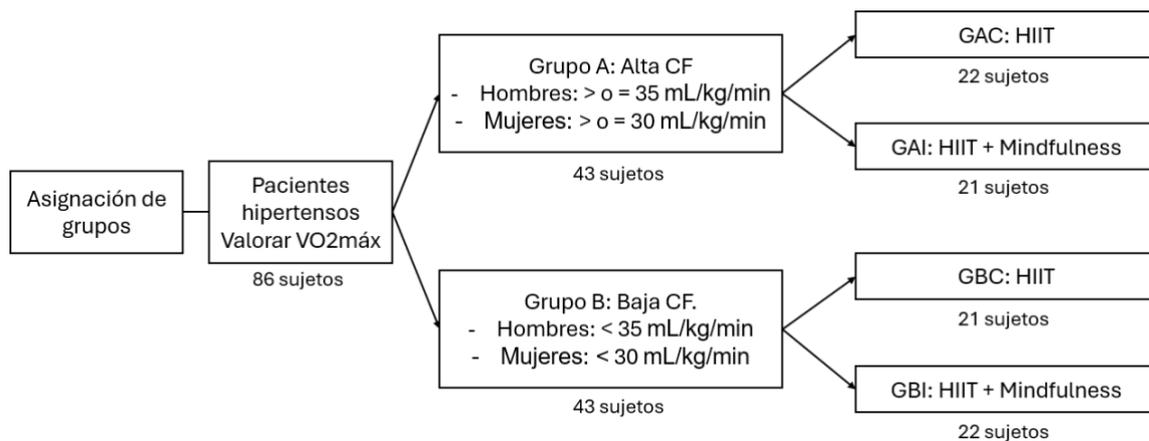
La muestra se divide en un total de cuatro grupos diferentes. Por un lado, dos grupos intervención (GI), entrenamiento HIIT combinado con terapia de mindfulness (MBSR). Por otro lado, dos grupos control (GC) que únicamente realizan el entrenamiento HIIT.

Consiste en estudio con aleatorización estratificada, por tanto, se hace una separación de los grupos en función de la condición física. Para valorar la condición física se lleva a cabo una prueba de esfuerzo en bicicleta estática con analizador

de gases siguiendo el protocolo de incremento rampante, que determinará el consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub>máx) de cada sujeto. Según se puede observar en la Figura 4, aquellos que obtengan un resultado superior a 35 mL/kg/min para hombres y 30 mL/kg/min para mujeres se les incluirá en el Grupo A, dentro de ese grupo habrá una subdivisión, la mitad será grupo control y la otra mitad grupo intervención, GAC y GAI respectivamente. Por otro lado, los que obtengan en el test un resultado inferior al mencionado previamente, formarán el Grupo B, al igual que el otro grupo se subdividirán en 2, Grupo B Control (GBC) y Grupo B Intervención (GBI). A cada sujeto se le asignará un número identificatorio para evitar sesgos y mantener la privacidad de los sujetos.

**Figura 4**

*Diagrama de asignación de grupos*



*Nota.* Distribución de sujetos en grupos. VO<sub>2</sub>máx: Consumo Máximo de Oxígeno. CF: Condición Física. GAC: Grupo A Control. GAI: Grupo A Intervención. GBC: Grupo B Control. GBI: Grupo B Intervención. Elaboración propia.

La intervención se llevará a cabo en dos fases, 43 sujetos en cada una de ellas. En caso de que sujetos soliciten la participación una vez cubierto el número de participantes de la primera fase, se realizará un informe de valoración y se les invitará a participar en el segundo turno de intervención.

Para aleatorizar los grupos se utiliza la página web Research Randomizer.

### 4.3 Variables y materiales de medida

Las variables independientes de este estudio experimental son mindfulness y HIIT. En cuanto a variables dependientes, se van a medir la PA, la VFC, el cortisol y el  $VO_2$ máx.

Para dar respuesta al objetivo principal la variable a medir será la presión arterial. La PA es una variable dependiente cuantitativa continua. Se obtiene mediante un monitor automático de presión arterial (Omron HEM 7200™, Omron Healthcare Inc., Dalian, China) al comienzo del estudio y tras las 8 semanas de intervención. Se obtendrá la media de tres mediciones realizadas a cada sujeto, con un descanso de 3 minutos entre mediciones. Se llevarán a cabo en posición sentada, con el brazo apoyado a la altura del corazón, en una habitación silenciosa a una temperatura confortable, y sin hablar. Se tomará la medida pre y post a la prueba de esfuerzo en el laboratorio de la Universidad Europea. Esta variable también será medida intrasesión, en esta ocasión se realizará una única medición pre, intra y post entrenamiento.

Para dar respuesta al objetivo específico 1 la variable a medir será la VFC, que es una variable dependiente cuantitativa continua. Se obtiene a través de una correa de pecho H10 (Polar ©nc., Kempele, Finlandia) y se registra utilizando un monitor de frecuencia cardíaca Polar™ RS800CX (Polar Inc., Kempele, Finlandia). Para un registro confiable se coloca el dispositivo inalámbrico debajo de los músculos del pecho de los participantes. Posteriormente, se utilizará el software Kubios HRV (v.4.1.2) para preprocesar y analizar los datos de VFC. Los datos que se van a analizar son las baja frecuencias (LF), altas frecuencias (HF) y su relación (LF/HF). Se tomará la medida pre y post a la prueba de esfuerzo en el laboratorio de la Universidad Europea. Según el protocolo recogido de Stanley et al. (2013), para la medición pre-ejercicio el sujeto permanecerá 5 minutos en reposo, en posición supina o sentada en una habitación silenciosa a una temperatura confortable, y sin hablar; inmediatamente después de la prueba se volverá a medir, con seguimiento cada 5 minutos (idealmente 15-30 minutos), dependiendo de la recuperación autónoma del participante.

Para dar respuesta al objetivo específico 2 la variable a medir será el cortisol. Variable dependiente cuantitativa continua. La muestra será recogida a través del kit *Salivette* de *Sarstedt* con unidad de medida nanogramos por mililitro (ng/mL) y analizado con el ensayo inmunoquímico (ELISA). Se les entregará el kit a cada participante para que puedan recolectar la muestra desde casa. Deben tomar la muestra de saliva al despertarse, a los 30 minutos y 45 minutos tras levantarse de la cama, y antes de acostarse. Los participantes no pueden comer, fumar, hacer ejercicio ni beber 30 minutos antes de tomar las muestras. Para la recolección de la saliva se indicará a los sujetos que mastiquen suavemente unos 45-60 segundos el material absorbente, y lo transfieran al tubo indicando el número de muestra (1, 2, 3 o 4). Las muestras deben almacenarse en el congelador hasta que vayan a realizar la prueba de esfuerzo, donde se lo entregarán al profesor que analice los resultados en el laboratorio. Indicaciones adaptadas de Sørensen et al. (2023). El proceso de análisis de saliva queda detallado en el Anexo IV. Se realizará el mismo procedimiento post-intervención.

Para dar respuesta al objetivo específico 3 las variables a medir serán las siguientes variables dependientes cuantitativas continuas:

- El  $VO_2$ máx, medida en mililitros por kilogramo por minuto (mL/kg/min).
- La Frecuencia Cardíaca (FC), medida en pulsaciones por minuto (ppm).
- El primer y segundo umbral ventilatorio (VT1 y VT2 respectivamente), medido en litros por minuto (l/min).

Se medirá a través del test incremental de la rampa en bicicleta estática con analizador de gases Medical Graphic ya que es el más recomendado para medir la condición física, evaluar la respuesta cardiorrespiratoria de manera segura y obtener estimaciones precisas del  $VO_2$ máx en pacientes hipertensos (Fagundes et al., 2021). Protocolo de Prueba de Esfuerzo descrito en Anexo VI. Según la *American Heart Association* (2020), los valores de <35 mL/kg/min para hombres y <30 mL/kg/min para mujeres son indicativos de baja condición física para este rango de edad (30-54 años), mientras que valores superiores a estos límites indican una buena condición física.

También se tienen en cuenta las siguientes **variables control**:

- Edad: Cuantitativa discreta. Obtenida a través de la historia clínica realizada por el médico.
- Género: Cualitativa nominal. Obtenida a través de la historia clínica realizada por el médico.
- VO<sub>2</sub>máx: Cuantitativa continua. Medición descrita previamente.

#### 4.4 Procedimiento

Antes del comienzo de la intervención, se medirán las variables dependientes mencionadas previamente (PA, VFC, cortisol y VO<sub>2</sub>máx) y se anotarán en la Hoja de registro, detallada en Anexo III, Tabla 1.

Una vez tomados los datos, se procederá a la asignación de grupos. Posteriormente dará comienzo la intervención en función del grupo, entrenamiento HIIT o entrenamiento HIIT combinado con terapia Mindfulness.

Cuando terminen las intervenciones, se volverán a medir las variables dependientes que se anotarán en la Hoja de registro y se sacarán nuevas conclusiones. Todo el proceso de estudio queda sintetizado en Anexo VII, Figura 8.

##### 4.4.1 Entrenamiento HIIT

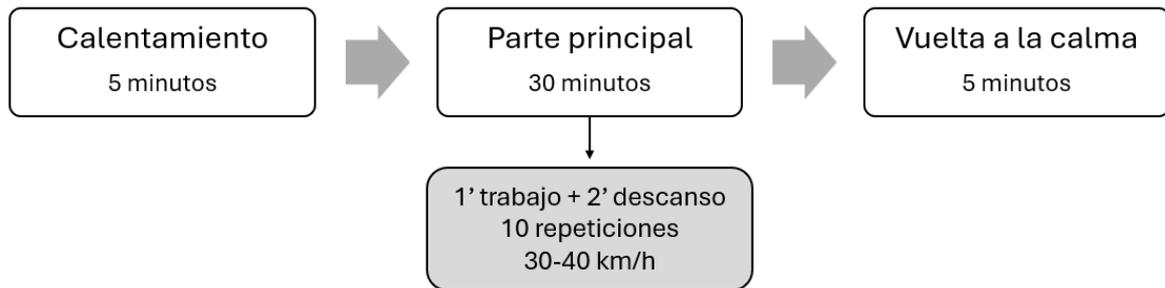
Los sujetos realizarán 8 semanas de entrenamiento con una frecuencia de 3 entrenamientos por semana (lunes, miércoles y viernes) en la sala de spinning de la Universidad Europea de Madrid. Según se puede observar en la Tabla 4 y Tabla 5, se ofrecerá la posibilidad de elegir horario de mañana (8:00-8:45 AM) o de tarde (18:00-18:45 PM).

El ejercicio se realizará en bicicleta estática *Lifefitness* con una resistencia que induzca al fallo muscular al cabo de 1 minuto, seguido de 2 minutos de descanso. Se repetirá la secuencia 10 veces de manera supervisada. La velocidad de pedaleo será entre 30-40 km/h, mantenida durante el minuto de trabajo activo. Según se

puede observar en Figura 5 se realizará un calentamiento y una vuelta a la calma de 5 minutos con una duración total del entrenamiento de 40 minutos. Protocolo tomado de Olea et al. (2017).

### Figura 5

#### Protocolo entrenamiento HIIT



Nota. Elaboración propia

#### 4.4.2 Terapia Mindfulness. Programa MBSR

Los participantes se reunirán una vez por semana durante 8 semanas (los lunes a las 19:00 o los viernes a las 9:00), también con formato online para ofrecer mayor posibilidad de asistencia. El programa incluye prácticas de meditación, conciencia corporal y yoga consciente, combinadas con tareas diarias que promueven la integración del mindfulness en la vida cotidiana. En la Tabla 5 se observan las opciones de horario de este grupo. Se reunirán en una clase de la Universidad Europea con la facilitación del *Microsoft Teams* y la pantalla para realizar la clase de forma online.

Estructura del programa:

- Duración: 8 semanas.
- Sesiones grupales: Una sesión semanal de 2 horas, impartida por un instructor certificado en MBSR.
- Día de retiro intensivo: En la sexta semana, se llevará a cabo una jornada de práctica intensiva de mindfulness de 6-8 horas.
- Práctica diaria en casa: Los participantes realizarán entre 30-45 minutos diarios de ejercicios guiados con apoyo de audios y manuales.

Componentes principales del protocolo MBSR:

1. Meditación de atención plena: Técnicas de respiración y observación de pensamientos y emociones sin juicio.
2. Body Scan: Atención a diferentes partes del cuerpo para mejorar la conciencia somática.
3. Yoga consciente: Movimientos y posturas suaves que promueven la conexión cuerpo-mente.
4. Meditación caminando: Atención plena durante el movimiento, centrada en las sensaciones y el contacto con el suelo.
5. Reflexión y discusión grupal: Compartir experiencias y reflexionar sobre la práctica.

#### **4.4.3 Mediciones**

Se recogerán las muestras y mediciones antes y después de la intervención. En ambos casos las condiciones en que se tomen estos datos deben ser las mismas para reducir el sesgo al máximo.

Las tres primeras semanas serán destinadas a hacer las mediciones de PA, VFC, cortisol y VO<sub>2</sub>máx. A excepción del cortisol, la medición del resto de variables tendrá lugar en la Facultad de Deportes de la Universidad Europea de Madrid (UEM). El horario será de lunes a viernes por la mañana (de 10 a 14 horas) o por la tarde (de 16 a 20 horas), se concretará la fecha y hora con el sujeto en función de la disponibilidad.

Cuando el sujeto llegue a la universidad, tras 5 minutos de reposo total se le medirá la PA y la VFC. Posteriormente tendrá lugar la prueba de esfuerzo, y una vez finalizada esta, se volverá a medir la VFC.

Por último, el cortisol es necesario medirlo a primera hora de la mañana, por tanto, a cada sujeto se les entregará un kit para que puedan tomar muestras desde casa. Posteriormente lo entregarán al responsable en la Universidad Europea cuando vayan para realizarse las mediciones.

La PA también será medida a lo largo de las sesiones de intervención como variable control. En el entrenamiento HIIT se realizarán un total de 3 mediciones, precalentamiento, otra en mitad del entrenamiento (en los minutos de recuperación), y la última tras la vuelta a la calma. Esta variable es variable control para monitorizar la PA y realizar de forma segura el entrenamiento.

#### **4.5 Análisis de datos**

Para el análisis estadístico de este estudio se utilizará el software *IBM SPSS Statistics* para Windows, versión 29.0. (IBM Corp., Armonk, NY, USA). Se excluirán los datos de los sujetos que hayan faltado al 10% de las sesiones y de aquellos que hayan abandonado el estudio y no acepten el uso de sus datos. Se considerará un índice de confianza de un 95% y un nivel de significancia ( $p$ ) de 0,05.

En primer lugar, se llevará a cabo un análisis descriptivo de las variables, en este caso, todas las dependientes son cuantitativas continuas (PA, la VFC, el cortisol y el  $VO_2$ máx). Para su análisis, se calculará la media, como medida de tendencia central, y la desviación típica, como medida de la variabilidad.

En segundo lugar, se analizará la distribución de las variables. En este caso, como la muestra es superior a 50, se empleará la prueba de *Kolmogorov Smimov*. Una vez realizada esta prueba se conocerá la normalidad de la distribución, se utilizarán test paramétricos o no paramétricos, respectivamente.

Para finalizar, se compararán los resultados obtenidos entre los grupos de control y los grupos intervención, para ello se llevará a cabo la estadística inferencial. Al ser las cuatro variables dependientes cuantitativas continuas, se utilizará el test ANOVA (en caso de ser paramétricas) o *Kruskal Wallis* (en caso de ser no paramétricas).

## **5 Equipo investigador**

El equipo investigador está compuesto por dos investigadoras principales, Marta Ibarz Notario y Laura Lozoya González, graduadas en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte (CCAFYD) y en Fisioterapia.

Contará con la participación del actual Jefe de Servicio de Cardiología del HULP, Doctor Raúl Moreno Gómez. El cardiólogo será el responsable de reclutar a los pacientes proponiéndoles el proyecto a aquellos que cumplan con los criterios previamente expuestos, así como de diagnosticar la hipertensión. Antes de llevar a cabo la intervención, el médico debe dar su consentimiento para la realización de actividad física para garantizar la salud del paciente.

Investigador secundario 1. Graduado en Medicina, con especialidad en cardiología y máster en fisiología del ejercicio. Profesor adjunto de la Universidad Europea de Madrid. Es el encargado de realizar la prueba de esfuerzo y medición de PA y VFC.

Investigador secundario 2. Graduado en biología y profesor adjunto de la Universidad Europea de Madrid. Es el encargado de recolectar y analizar las muestras de cortisol en saliva en el laboratorio del Hospital Universitario La Paz.

Investigador secundario 3 y 4. Graduados en CAFYD y expertos en entrenamiento para personas con enfermedades cardiovasculares. Profesores adjuntos de la Universidad Europea de Madrid. Contarán con apoyo de 11 alumnos para los entrenamientos. Todos los sujetos tendrán un seguimiento individualizado en las sesiones de entrenamiento llevado a cabo por los estudiantes, supervisado por el graduado en CAFYD. Cada alumno estará a cargo de 2 sujetos. El organigrama está detallado en Anexo VIII, Figura 9.

Antes de comenzar con la intervención, tendrán lugar dos sesiones de formación llevadas a cabo por Marta Ibarz y Laura Lozoya. En la primera sesión se les explicará en qué consiste el proyecto, los objetivos, cómo es el protocolo de intervención y los distintos grupos que se van a formar. Además, se explicará cómo llevar los registros de los datos, detallado en el Anexo III, Tabla 1 y

Tabla 2. En la segunda sesión, una vez tengan asignados los grupos se les explicará cómo serán las sesiones de entrenamiento y cómo rellenar los registros (Anexo III, Tabla 3).

En cuanto a la terapia de mindfulness, contarán con la participación de un psicólogo que tenga una certificación en MBSR. El momento de participación de cada persona del equipo está descrito en el Anexo VIII, Tabla 6.

Todos los colaboradores serán nombrados en el estudio.

## **6 Viabilidad del estudio**

Según se puede observar en el cronograma (Anexo VII, Figura 8), la duración total del estudio será de 1 año y 7 meses. Los 6 primeros meses tendrán lugar las fases conceptual y metodológica, serán destinados a la preparación, presentación y aprobación del protocolo del estudio ante el comité ético de HULP. En los 8 meses siguientes se realizarán las mediciones y las intervenciones (fase empírica). Por último, los últimos 5 meses, tendrá lugar la última fase del método científico, la fase analítica, se llevará a cabo la estructuración de datos y se obtendrán las conclusiones finales del estudio además de la redacción de la publicación como artículo científico.

La viabilidad del proyecto depende de los recursos humanos y el material y espacios necesarios. La Universidad Europea de Madrid facilitará las instalaciones, el uso de las bicicletas estáticas y el analizador de gases. En cuanto al material, se analizan los costes en Anexo IX, Tabla 7. El resultado total del gasto de material es de 2.323,60 euros.

El cardiólogo clínico, encargado de detectar e incluir a los pacientes, será remunerado con 60 euros por reclutamiento completo, incluyendo consulta y obtención de datos, integrando su participación dentro de su jornada laboral habitual. Las investigadoras principales, responsables de coordinar y supervisar el protocolo, recibirán un salario de 25 euros la hora durante los meses del estudio (19 meses).

Los entrenadores, apoyados por alumnos, liderarán las sesiones de ejercicio y serán retribuidos con un sueldo de 60 euros la hora, mientras que los alumnos obtendrán incentivos no monetarios como experiencia documentada y apoyo en su

formación académica. El biólogo encargado del análisis de muestras será remunerado con 80 euros la hora. El psicólogo que implementará el programa de reducción de estrés, tanto en modalidad presencial como online, tendrá un sueldo de 80 euros la hora. El fisiólogo del ejercicio y cardiólogo, quien realizará las pruebas de esfuerzo y recogerá datos de variabilidad de frecuencia cardíaca y presión arterial, recibirá 100 euros la hora de sueldo. El gasto total en salarios es de 103.250€.

El gasto total del proyecto es 105.573,60€. Para afrontar el coste del proyecto se cuenta con la colaboración de la siguiente entidad que realizará un aporte económico para asumir los costes del proyecto.

- Fundación la Caixa: Convocatoria CaixaResearch de investigación en salud. Ayudas económicas para proyectos de investigación e innovación en biomedicina y salud de hasta 3 años de duración. La propuesta puede recibir un máximo de 500.000 euros, por lo tanto, el proyecto de investigación estaría dentro del marco de financiación, garantizando la viabilidad económica del estudio.

## **6.1 Limitaciones**

En la planificación del estudio, se han detectado las siguientes limitaciones. Los sujetos pueden encontrar dificultades en el cumplimiento del programa ya que supone mucho tiempo de intervención entre el entrenamiento HIIT y la terapia mindfulness, por lo que cabe la posibilidad de que abandonen la investigación. Además, el rango de edad seleccionado (30-54 años) comprende a su vez el rango de actividad laboral, por lo que es posible que no tengan tiempo para dedicarlo a la investigación, aunque se les plantean 2 posibles horarios de mañana y tarde y posibilidad de hacer la meditación en formato online. Se han planteado otras terapias mindfulness que no fuera de 2 horas de duración, pero según la evidencia, la eficacia es menor.

En cuanto a las mediciones, las condiciones en que se toman las medidas pueden suponer un sesgo ya que cualquier cambio ambiental o de procedimiento puede

alterar el resultado. No se tiene en cuenta el descanso de cada sujeto previo a realizar la prueba de esfuerzo. Al igual que, los participantes tienen un desplazamiento hasta la universidad antes de que se les tome la PA y, a pesar de estar en reposo unos minutos, el dato no va a ser basal. Sucede lo mismo con el cortisol, al ser una prueba que están tomando en casa, el equipo investigador debe confiar en que cada sujeto lo ha hecho correctamente siguiendo las indicaciones que se les ha indicado, pero no hay nadie verificándolo para corroborarlo.

## **7 Contribución a los Objetivos de Desarrollo Sostenible**

Este estudio experimental permite contribuir a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en una dimensión social y económica.

En primer lugar, este estudio experimental pretende encontrar una forma de impactar en la salud de la población y favorecer el acceso a tratamientos, por tanto, contribuye al objetivo 3.B., el cual apoya actividades de investigación y pretende favorecer la accesibilidad a tratamientos.

Por otra parte, contribuye al objetivo 3.D. Gestión De Riesgos Sanitarios ya que, según lo comentado previamente, una disminución de la PA y un aumento de la VFC ayuda a reducir el riesgo de padecer un accidente cardiovascular o infarto. Por tanto, este estudio busca encontrar una forma de mejorar la calidad de vida y la salud de la población. Además, pretende contribuir a la economía del país ya que un menor número de pacientes con patología cardíaca supone un menor número de personas hospitalizadas, lo que conlleva una menor saturación del sistema sanitario y la posibilidad de reducir costes, así como atender a pacientes con otras patologías.

Por último, contribuye al objetivo 3.4 Enfermedades No Transmisibles y Salud Mental debido a que la intervención planteada se ve involucrada en la salud mental ya que ayuda a disminuir el estrés y con ello un mayor bienestar del paciente.

## 8 Referencias Bibliográficas

- Al Ghorani, H., Götzinger, F., Böhm, M., & Mahfoud, F. (2022). Arterial hypertension - Clinical trials update 2021. *Nutrition, metabolism, and cardiovascular diseases: NMCD*, 32(1), 21–31. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2021.09.007>
- Alansare, A., Alford, K., Lee, S., Church, T. & Jung, H.C. (2018). The Effects of High-Intensity Interval Training vs. Moderate-Intensity Continuous Training on Heart Rate Variability in Physically Inactive Adults. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 15(7), 1508. <https://doi.org/10.3390/ijerph15071508>
- American Heart Association. (2020). *Slow, steady increase in exercise intensity is best for heart health—Much more is not always much better*. American Heart Association. <https://newsroom.heart.org>
- Asociación Médica Mundial. (2024). *Declaración de Helsinki de la AMM - Principios Éticos para las investigaciones médicas en Seres Humanos*. Asociación Médica Mundial. <https://www.wma.net/es/policias-post/declaracion-de-helsinki-de-la-amm-principios-eticos-para-las-investigaciones-medicas-en-seres-humanos/>
- Aubert, A.E., Seps, B. & Beckers, F. (2003). Heart Rate Variability in Athletes. *Sports Med* 33, 889–919. <https://doi.org/10.2165/00007256-200333120-00003>
- Brown, L., Rando, A.A., Eichel, K., Van Dam, N.T., Celano, C.M., Huffman, J.C. & Morris, M.E. (2021) The Effects of Mindfulness and Meditation on Vagally Mediated Heart Rate Variability: A Meta-Analysis. *Psychosom Med.*, 83(6), 631-640. <https://doi.org/10.1097/PSY.0000000000000900>
- Castaldo, R., Melillo, P., Bracale, U., Caserta, M., Triassi, M., & Pecchia, L. (2015). Acute mental stress assessment via short term HRV analysis in healthy adults: A systematic review with meta-analysis. *Biomedical Signal*

*Processing and Control*, 18, 370-377.  
<https://doi.org/10.1016/j.bspc.2015.02.012>

Cerda, H. & Henríquez, C. (2014). Variabilidad del ritmo cardiaco y ejercicio físico. *Revista Horizonte: Ciencias de la Actividad Física*, 5(2), 122-140.  
<https://revistahorizontecaf.ulagos.cl/index.php/revhorizonte/article/view/2725/3663>

Cooper, N. (2022). *World's Best Specialized Hospitals 2022*. *Cardiology*.  
Newsweek. <https://www.newsweek.com/worlds-best-specialized-hospitals-2022>

Draghici, A.E. & Taylor, J.A. (2016). The physiological basis and measurement of heart rate variability in humans. *Journal of Physiological Anthropology*, 35(22). <https://doi.org/10.1186/s40101-016-0113-7>

Fagundes, T. T. S., Mizzaci, C. C., Buglia, S., Wohnrath, F. C., Medina, F., França, J., Buchler, R. D. D., Mastrocola, L. E., & Meneghelo, R. S. (2021). Comparison between Bruce and Ramp Protocols for Exercise Testing in the Diagnosis of Myocardial Ischemia. *Int. J. Cardiovasc. Sci.*, 35(1), 28-36.  
<https://doi.org/10.36660/ijcs.20200403>

Golden, S. H., Wand, G. S., Malhotra, S., Kamel, I., & Horton, K. (2011). Reliability of hypothalamic-pituitary-adrenal axis assessment methods for use in population-based studies. *European journal of epidemiology*, 26(7), 511–525. <https://doi.org/10.1007/s10654-011-9585-2>

Hughes, J. W., Fresco, D. M., Myerscough, R., van Dulmen, M. H., Carlson, L. E., & Josephson, R. (2013). Randomized controlled trial of mindfulness-based stress reduction for prehypertension. *Psychosomatic medicine*, 75(8), 721–728. <https://doi.org/10.1097/PSY.0b013e3182a3e4e5>

Instituto Nacional de Estadística. (2020). *Encuesta Europea de Salud 2020: Problemas o Enfermedades Crónicas o de Larga Evolución Padecidas en los Últimos 12 Meses y Diagnosticadas por un Médico según Sexo y Comunidad*

Autónoma. INE.  
<https://www.ine.es/jaxi/Tabla.htm?path=/t15/p420/a2019/p04/I0/&file=02016.px&L=0>

Instituto Nacional de Estadística. (2022). *Población por sexo, municipios y edad (grupos quinquenales)*. INE. <https://www.ine.es/jaxiT3/Datos.htm?t=33842>

Instituto Nacional de Estadística. (2024, 7 de agosto). *Estadística Continua de Población (ECP)*. INE. <https://www.ine.es/dyngs/Prensa/es/ECP2T24.htm>

Jordan, J., Kurschat, C., & Reuter, H. (2018). Arterial Hypertension. *Deutsches Arzteblatt international*, 115(33-34), 557–568.  
<https://doi.org/10.3238/arztebl.2018.0557>

Joseph, J. J., & Golden, S. H. (2017). Cortisol dysregulation: the bidirectional link between stress, depression, and type 2 diabetes mellitus. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1391(1), 20–34.  
<https://doi.org/10.1111/nyas.13217>

Kabat-Zinn, J. (1982). An outpatient program in behavioral medicine for chronic pain patients based on the practice of mindfulness meditation: Theoretical considerations and preliminary results. *General Hospital Psychiatry*, 4(1), 33–47. [https://doi.org/10.1016/0163-8343\(82\)90026-3](https://doi.org/10.1016/0163-8343(82)90026-3)

Khoury, B., Sharma, M., Rush, S. & Fournier, C. (2015). Mindfulness-based stress reduction for healthy individuals: A meta-analysis. *Journal of Psychosomatic Research*, 78(6), 519-528. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychores.2015.03.009>

Kong, Z., Fan, X., Sun, S., Song, L., Shi, Q. & Nie, J. (2016). Comparison of High-Intensity Interval Training and Moderate-to-Vigorous Continuous Training for Cardiometabolic Health and Exercise Enjoyment in Obese Young Women: A Randomized Controlled Trial. *PLoS ONE* 11(7).  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158589>

- Kulkarni, S., O'Farrell, I., Erasi, M., & Kochar, M. S. (1998). Stress and hypertension. *WMJ: official publication of the State Medical Society of Wisconsin*, 97(11), 34–38. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9894438/>
- Leal, J.M., Galliano, L.M. & Del Vecchio, F.B. (2020). Effectiveness of High-Intensity Interval Training Versus Moderate-Intensity Continuous Training in Hypertensive Patients: a Systematic Review and Meta-Analysis. *Curr Hypertens Rep* 22, 26. <https://doi.org/10.1007/s11906-020-1030-z>
- Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales. *Boletín Oficial del Estado*, 294, 6 de diciembre de 2018. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2018-16673&p=20230509&tn=1>
- López, B., Pita, S., Pértega, S. & Seoane, T. (2010). *Determinación del tamaño muestral*. Fisterra. <https://www.fisterra.com/formacion/metodologia-investigacion/determinacion-tamano-muestral/#sectb4>
- Loucks, E. B., Nardi, W. R., Gutman, R., Kronish, I. M., Saadeh, F. B., Li, Y., Wentz, A. E., Webb, J., Vago, D. R., Harrison, A., & Britton, W. B. (2019). Mindfulness-Based Blood Pressure Reduction (MB-BP): Stage 1 single-arm clinical trial. *PloS one*, 14(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223095>
- Martínez, A. (2017). *Biofeedback de la variabilidad de la frecuencia cardiaca*. [Tesis doctoral]. Universidad de Almería, Almería, España.
- Montano, N., Ruscone, T. G., Porta, A., Lombardi, F., Pagani, M., & Malliani, A. (1994). Power spectrum analysis of heart rate variability to assess the changes in sympathovagal balance during graded orthostatic tilt. *AHA Journals*, 90(4). <https://doi.org/10.1161/01.CIR.90.4.1826>
- Naciones Unidas. (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Naciones Unidas. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

- Olea, M. A., Mancilla, R., Martínez, S., & Díaz, E. (2017). Effects of high intensity interval training on blood pressure in hypertensive subjects. *Revista médica de Chile*, 145(9), 1154-1159. <https://dx.doi.org/10.4067/s0034-98872017000901154>
- Organización Mundial de la Salud. (2023). *Hipertensión*. Organización Mundial de la Salud. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/hypertension>
- Ortiz, R., Kluwe, B., Lazarus, S., Teruel, M. N., & Joseph, J. J. (2022). Cortisol and cardiometabolic disease: a target for advancing health equity. *Trends in endocrinology and metabolism: TEM*, 33(11), 786–797. <https://doi.org/10.1016/j.tem.2022.08.002>
- Ramos, J. S., Dalleck, L. C., Tjonna, A. E., Beetham, K. S. & Coombes, J. S. (2015). The Impact of High-Intensity Interval Training Versus Moderate-Intensity Continuous Training on Vascular Function: a Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med* 45, 679–692. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0321-z>
- Saito, I., Takata, Y., Maruyama, K., Eguchi, E., Kato, T., Shirahama, R., Tomooka, K., Kawamura, R., Sano, M., Tabara, Y., Osawa, H., & Tanigawa, T. (2018). Association Between Heart Rate Variability and Home Blood Pressure: The Toon Health Study. *American journal of hypertension*, 31(10), 1120-1126. <https://doi.org/10.1093/ajh/hpy100>
- Skurvydas, A., Istomina, N., Dadeliene, R., Majauskiene, D., Strazdaite, E., Lisinskiene, A., Valanciene, D., Uspuriene, A. B., & Sarkauskiene, A. (2024). Leisure-time physical activity improves happiness, health, and mood profile better than work-related physical activity. *PloS one*, 19(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0307744b>
- Solano López, A. L. (2018). Effectiveness of the Mindfulness-Based Stress Reduction Program on Blood Pressure: A Systematic Review of Literature.

*Worldviews on Evidence-Based Nursing*, 15(5), 344-352.  
<https://doi.org/10.1111/wvn.12319>

Sørensen, S. O., Pedersen, J., Rasmussen, M. G., Kristensen, P. L., & Grøntved, A. (2021). Feasibility of home-based sampling of salivary cortisol and cortisone in healthy adults. *BMC research notes*, 14(1), 406.  
<https://doi.org/10.1186/s13104-021-05820-4>

Stanley, J., Peake, J. M., & Buchheit, M. (2013). Cardiac parasympathetic reactivation following exercise: implications for training prescription. *Sports Medicine*, 43(12), 1259-1277. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0083-4>

Thayer, J. F., Yamamoto, S. S., & Brosschot, J. F. (2010). The relationship of autonomic imbalance, heart rate variability and cardiovascular disease risk factors. *International Journal of Cardiology*, 141(2), 122-131.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2009.09.543>

Tiwari, R., Kumar, R., Malik, S., Raj, T., & Kumar, P. (2021). Analysis of Heart Rate Variability and Implication of Different Factors on Heart Rate Variability. *Current cardiology reviews*, 17(5).  
<https://doi.org/10.2174/1573403X16999201231203854>

Tucker, W.J., Fegers-Wustrow, I., Halle, M., Haykowsky, M.J., Chung, E.C. & Kovacic, J.C. (2022). Exercise for Primary and Secondary Prevention of Cardiovascular Disease. *Journal of the American College of Cardiology*, 80(11), 1091-1106. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2022.07.004>

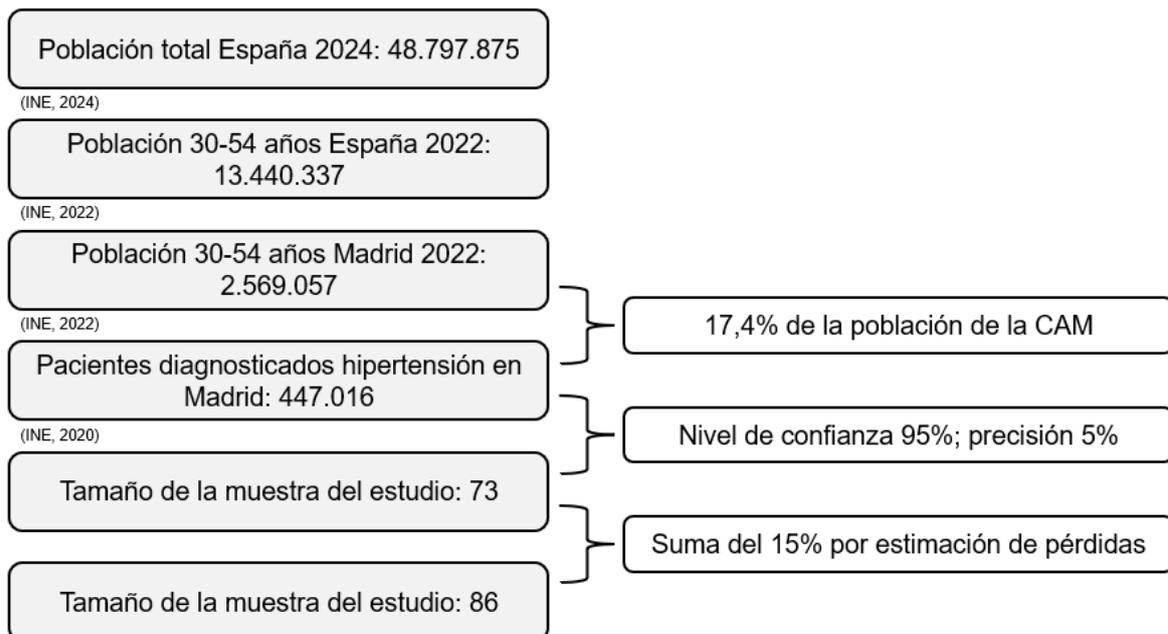
Urbaniak, G. C. & Plous, S. (2013). *Research Randomizer (Version 4.0)*. Research Randomizer. <http://www.randomizer.org/>

## 9 Anexos

### Anexo I. Tamaño muestral

**Figura 6**

*Diagrama de flujo del tamaño muestral*



*Nota.* Elaboración propia

## **Anexo II. Consentimiento informado**

### *Hoja de información*

#### Motivo de estudio

La hipertensión arterial es una de las principales causas de muerte prematura a nivel mundial. Se diagnostica cuando la presión sanguínea alcanza o supera los valores 140/90 mmHg en un estado de reposo en días distintos.

Para prevenir y reducir esta afectación es recomendable realizar actividad física, además de disminuir y gestionar el estrés. Por ello, en este proyecto se pretende combinar los dos tratamientos, entrenamiento HIIT y terapia de mindfulness, para obtener los beneficios sobre el control de la presión arterial y compararlo con solo el entrenamiento HIIT.

#### Resumen del protocolo

La participación de los sujetos será durante un total de 8 semanas y dará comienzo una vez recogidos sus datos personales y su historial. A cada participante se le asignará un grupo, entrenamiento HIIT o entrenamiento HIIT combinado con mindfulness. Se realizarán 3 entrenamientos por semana.

Las sesiones de HIIT se llevan a cabo en bicicleta estática y tendrán una duración total de 45 minutos. Consiste en realizar 10 repeticiones de pedaleo durante 1 minuto a una velocidad mantenida de 30-40 km/h y 2 de descanso.

Las sesiones de mindfulness incluyen prácticas de meditación, conciencia corporal y yoga consciente, combinadas con tareas diarias que promueven la integración del mindfulness en la vida cotidiana. Son sesiones grupales de 2 horas de duración impartidas por un instructor certificado en MBSR. Hay un día de retiro intensivo en la sexta semana de intervención de 6-8 horas de duración. También dispondrán de práctica diaria en casa en que los participantes realizarán entre 30-45 minutos diarios de ejercicios guiados con apoyo de audios y manuales.

## Riesgos y beneficios de participar en el proyecto

Al participar en este proyecto cada sujeto recibirá los beneficios de la actividad física y de la meditación. La participación en el estudio no conlleva ningún desembolso económico, únicamente el coste del desplazamiento de su lugar de residencia al centro donde se llevarán a cabo los entrenamientos.

No obtendrá ningún beneficio económico por la participación en el proyecto.

Consiste en un entrenamiento supervisado por expertos, para prevenir cualquier lesión musculoesquelética provocada por una mala ejecución. Siempre se cuenta con el consentimiento de un médico para prevenir cualquier riesgo que pueda perjudicar la salud del participante.

Este proyecto ha sido aprobado por el Comité de Ética en Investigación con medicamentos del Hospital Universitario la Paz y el protocolo se lleva a cabo de acuerdo con la Declaración de Helsinki para garantizar la seguridad de los sujetos durante la intervención.

La participación en el proyecto es voluntaria, por tanto, puede decidir no participar o retirarse en cualquier momento siempre que informe a los investigadores. Los datos que se hayan recogido hasta su retirada, según lo que desee el sujeto, pueden ser eliminados o ser usados en la investigación.

## Protección de datos personales

Los datos personales de los participantes serán tratados de acuerdo a lo establecido según la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales.

Las únicas personas con acceso a los datos recogidos del paciente serán el equipo investigador, el médico y el comité de ética. Los datos quedan cifrados, para separar los datos personales de la historia clínica y así ocultar la identidad de cada sujeto salvo que sea necesario revelarla por alguna urgencia.

*Consentimiento informado*

D. / Dña. ....,  
de ..... años de edad, con DNI ..... y domicilio en  
.....

Manifiesto haber leído y entendido la hoja de información facilitada por el equipo, haber resuelto mis dudas sobre el estudio y haber sido informado/a sobre los riesgos y beneficios del mismo.

He sido también informado/a de que mis datos personales están protegidos según lo establecido en la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales.

Presto libremente mi conformidad para participar en el Proyecto de Investigación titulado, con el conocimiento de que mi participación es voluntaria y tengo la posibilidad de retirarme, en caso de así desearlo informando sobre mi decisión al equipo.

En Madrid, a día ..... de ..... de .....

Firma del investigador

Firma y DNI del participante

*Nota.* Elaboración propia

*Revocación del consentimiento*

Yo, .....  
revoco el consentimiento de participación en el proceso

Firma y fecha de revocación

*Nota.* Elaboración propia

**Anexo III. Registro de datos**
**Tabla 1**
*Hoja de registro de datos personales*

<b>DATOS PERSONALES</b>			
Nombre			
Iniciales		N.º de registro	
Teléfono de contacto		Fecha de nacimiento	
Nacionalidad		Sexo	
Edad		Masa corporal	
Altura		Medicación habitual	
Antecedentes personales médicos		Valoración condición física (VO <sub>2</sub> máx)	
Tipo de protocolo		Grupo asignado	

*Nota.* Elaboración propia

**Tabla 2**
*Registro de variables dependientes*

Sujeto	Día 1	Hora 1	VO2max <sub>1</sub>	FC	VT1	VT2	VFC (LF)	VFC (HF)	VFC (LF/HF)	PA Día 1 (Medicio n)	PA Día 1 (Media)	Día 2	Hora 2	VO2max <sub>2</sub>	FC	VT1	VT2	PA Día 2 (Medicio n)	PA Día 2 (Media)	
Sujeto 1																				
Sujeto 2																				
Sujeto 3																				

Nota. En rojo el registro del primer día. En morado el registro del segundo día. Elaboración propia.

**Tabla 3**
*Registro PA durante el entrenamiento HIIT*

Fecha	Hora	PA Pre (mmHg)	PA Intra (mmHg)	PA Post (mmHg)	Observaciones

Nota. Elaboración propia

## Anexo IV. Análisis de saliva

### *Protocolo ELISA*

El protocolo ELISA utilizando el kit Salivette de Sarstedt sigue estos pasos:

1. Recolección de la muestra:
  - a. El dispositivo Salivette recoge la saliva al ser masticado o frotado en la boca.
  - b. Después, la muestra se centrifuga para extraer la saliva de la esponja absorbente.
2. Preparación de la placa ELISA:
  - a. Los pozos de la placa ELISA se recubren con anticuerpos específicos que se unen al cortisol.
3. Adición de la muestra:
  - a. La muestra de saliva se diluye si es necesario y se coloca en los pozos de la placa, donde interactuará con el anticuerpo anti-cortisol.
4. Incubación y lavado:
  - a. Se deja incubar para permitir que el cortisol presente en la muestra se una al anticuerpo.
  - b. Luego, se lavan los pozos para eliminar sustancias no unidas.
5. Adición de anticuerpo secundario y sustrato:
  - a. Se añade un anticuerpo secundario conjugado con una enzima que se unirá al complejo anticuerpo-cortisol.
  - b. Después, se añade un sustrato que, al reaccionar con la enzima, produce un cambio colorimétrico.
6. Lectura del resultado:
  - a. La intensidad del color producido se mide con un espectrofotómetro, y la concentración de cortisol se determina comparando con una curva estándar.

**Anexo V. Semana tipo según el protocolo asignado**
**Tabla 4**
*Semana tipo GAC y GBC*

HORAS	L	M	X	J	V	S	D
8:00-8:45	HIIT		HIIT		HIIT		
18:00-18:45	HIIT		HIIT		HIIT		

*Nota.* Azul: opción de mañana. Verde: opción de tarde. Elaboración propia.

**Tabla 5**
*Semana tipo GAI y GBI*

HORAS	L	M	X	J	V	S	D
8:00-8:45	HIIT		HIIT		HIIT	RETIRO 6-8 horas *en la 6 <sup>a</sup> semana	
9:00-11:00					M		
18:00-18:45	HIIT		HIIT		HIIT		
19:00-21:00	M						

*Nota.* M: Mindfulness. Azul: opción de mañana. Verde: opción de tarde. Elaboración propia.

## Anexo VI. Protocolo Prueba de Esfuerzo

### *Descripción del test de la rampa incremental*

El test de la rampa incremental consiste en un ejercicio progresivo con el objetivo de evaluar el  $VO_2$ máx, la respuesta cardiovascular y la tolerancia al ejercicio monitorizando la presión arterial, la frecuencia cardíaca y la capacidad aeróbica.

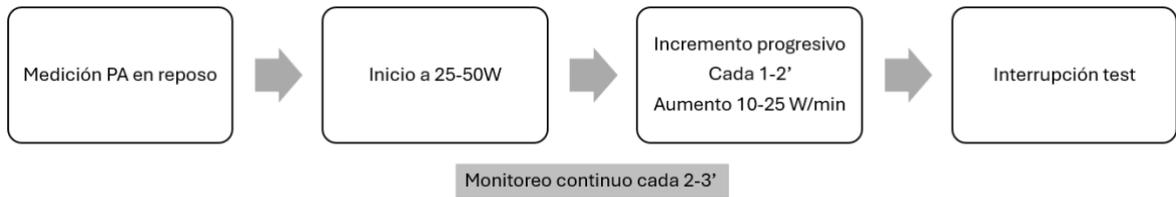
Para comenzar el test, el sujeto se coloca en bicicleta estática correctamente ajustada para asegurar una postura adecuada. Antes de comenzar, en reposo, se toman las mediciones de la PA y frecuencia cardíaca.

Las fases de la prueba, sintetizadas en la Figura 7, son las siguientes:

- Inicio del test: La prueba comienza con una carga inicial baja (25-50 W) para asegurarse de que el paciente se adapta al esfuerzo.
- Incremento progresivo: Cada 1-2 minutos, la carga de trabajo se incrementa de forma progresiva (entre 10-25 W por minuto) en función de las capacidades del paciente. El aumento de la carga se realiza en etapas de rampa para que el aumento sea gradual y constante de la intensidad del ejercicio.
- Monitoreo continuo: Durante la prueba, se monitorean la PA, la frecuencia cardíaca, y la respuesta subjetiva del paciente (escala de Borg para medir el esfuerzo percibido). Se realizarán pausas breves cada 2-3 minutos para medir la PA en intervalos regulares.
- Interrupción del test: Cuando el paciente alcanza un umbral de fatiga, disnea, o si los parámetros cardiovasculares (presión arterial y frecuencia cardíaca) alcanzan valores demasiado altos o no seguros, la prueba puede ser detenida por el paciente. En casos de síntomas adversos como dolor en el pecho, mareos, o problemas de ritmo cardíaco se interrumpe la prueba.

**Figura 7**

*Fases de la prueba de esfuerzo*



**Anexo VII. Cronograma del proyecto**

**Figura 8**

*Cronograma*

AÑO	AÑO 1												AÑO 2												
MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Preparación y planificación	█	█	█																						
Aprobación por comité				█	█	█																			
Comunicación y reclutamiento							█				█														
Evaluación inicial y recogida de datos							█				█														
Intervención								█	█			█	█												
Evaluación final										█				█											
Estructuración de datos															█	█									
Extracción de conclusiones																	█	█	█						

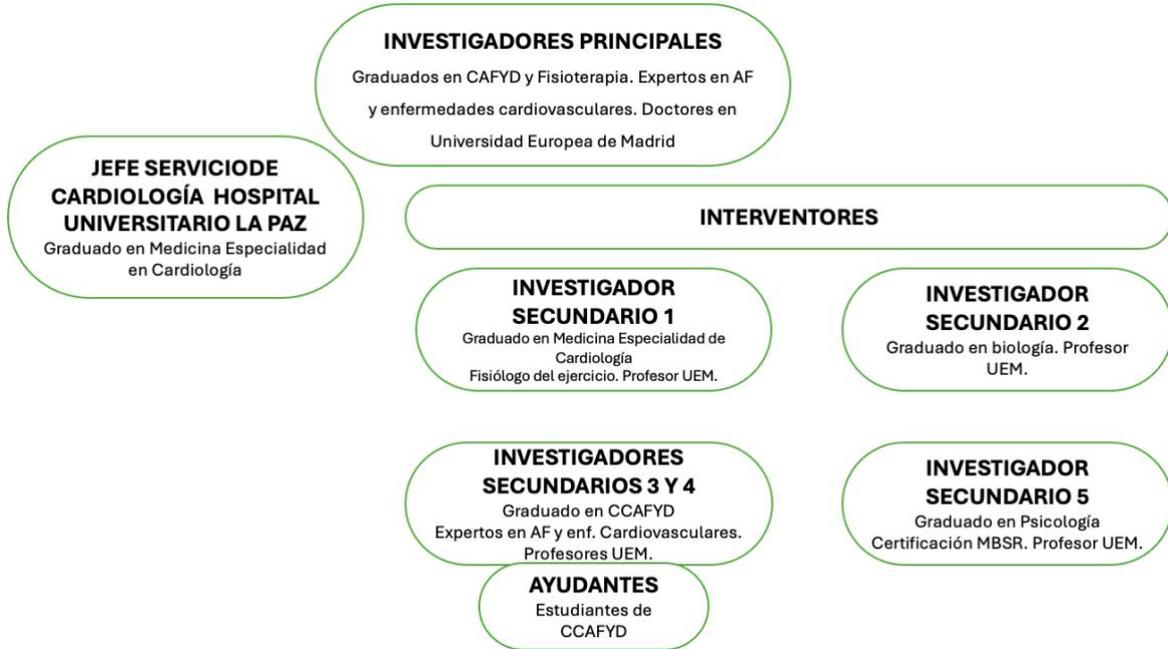


*Nota.* Elaboración propia

## Anexo VIII. Estructura y funciones del equipo investigador

**Figura 9**

*Organigrama del equipo investigador*



*Nota.* Elaboración propia

**Tabla 6**
*Distribución de funciones*

PERSONA RESPONSABLE	FASE CONCEPTUAL Y METODOLÓGICA	FASE EMPÍRICA			FASE ANALÍTICA
	6 meses	3 semanas	8 semanas		5 meses
	Preparación	Mediciones	Entto	Mindfulness	Inferencias y estadísticas
<b>Marta</b>	++++	++	+	+	++++
<b>Laura</b>	++++	++	+	+	++++
<b>Cardiólogo</b>	++++				
<b>Fisiólogo del ejercicio</b>		++++			
<b>Psicólogo /instructor</b>				++++	
<b>Entrenadores</b>			++++		
<b>Fisiólogo del ejercicio</b>		++++			
<b>Biólogo</b>		++++			

*Nota.* Elaboración propia

**Anexo IX. Gastos del proyecto**
**Tabla 7**

Gastos del proyecto

MATERIAL	Producto	Unidades	Coste /ud		Coste Total
	Omron HEM 7200™	10	72,00 €		720,00 €
	Polar™ RS800CX	2	399,30 €		798,60 €
	Sistema Kubios	1	645,00 €		645,00 €
	Correa de pecho H10	2	80,00 €		160,00 €
<b>TOTAL MATERIAL</b>					<b>2.323,60 €</b>
SALARIOS	Trabajador	Nº.	Horas	€/h	
	Investigadoras ppals.	2	1647	25,00 €	82.350,00 €
	Cardiólogo clínico	1	86	60,00 €	5.160,00 €
	Entrenadores	2	40	60,00 €	4.800,00 €
	Alumnos	11	32	0,00 €	- €
	Biólogo	1	43	80,00 €	3.440,00 €
	Psicólogo	1	40	80,00 €	3.200,00 €
	Fisiólogo y cardiólogo	1	43	100,00 €	4.300,00 €
<b>TOTAL SALARIOS</b>					<b>103.250,00 €</b>
<b>TOTAL</b>					<b>105.573,60 €</b>

Nota. Elaboración propia