

Fisiología cardiovascular aplicada al ejercicio

Módulo 2 · Sistema cardiovascular · Lectura obligatoria

Tiempo de lectura estimado: 60–70 minutos (incluye tablas, ejemplos resueltos y glosario).

Antes de leer: mira los videos del módulo. Esta lectura amplía lo que viste y fija la versión científica actualizada que usaremos en el quiz y en el proyecto final.

Para qué te sirve esta lectura

El corazón es el motor del entrenamiento de resistencia, pero también manda en cada sesión de fuerza, en cada calentamiento y en cada decisión de "hoy vamos más suave". Un entrenador que entiende cómo responde el sistema cardiovascular al esfuerzo puede hacer tres cosas que el aficionado no: **dosificar la intensidad con un criterio objetivo, leer el progreso del cliente en números que no mienten y detectar a tiempo cuándo algo no está bien.**

Al terminar esta lectura podrás:

- 1 Explicar qué es el gasto cardíaco y cómo cambia del reposo al ejercicio máximo.
- 2 Medir la frecuencia cardíaca de reposo y **estimar la máxima con la fórmula de Tanaka**, entendiendo su margen de error.
- 3 Calcular la frecuencia cardíaca de reserva y las **zonas de intensidad** de un cliente.
- 4 Reconocer las adaptaciones que produce el entrenamiento aeróbico y usarlas como indicador de progreso.
- 5 Identificar las señales de alarma cardiovascular que obligan a detener la sesión y derivar.

1. El sistema cardiovascular en cinco minutos

El sistema cardiovascular es una red cerrada de transporte: una bomba (el corazón), tuberías (arterias, capilares y venas) y un fluido (la sangre). Su trabajo durante el ejercicio es simple de enunciar y enorme de ejecutar: **llevar oxígeno y nutrientes al músculo que trabaja, y retirar dióxido de carbono, calor y otros productos del metabolismo.**

El corazón tiene cuatro cámaras. Las dos aurículas reciben sangre; los dos ventrículos la expulsan. El ventrículo derecho envía sangre a los pulmones (circulación pulmonar) para que se cargue de oxígeno; el ventrículo izquierdo la envía al resto del cuerpo (circulación sistémica). Por eso el ventrículo izquierdo es la cámara más gruesa y potente: tiene que mover sangre contra la presión de todo el árbol arterial. Cuando hablemos de "el corazón se adapta al entrenamiento", casi siempre hablamos del ventrículo izquierdo.

La sangre transporta el oxígeno unido a la hemoglobina de los glóbulos rojos. Cuánto oxígeno llega al músculo depende de tres cosas: cuánta sangre bombea el corazón por minuto, cuánta hemoglobina lleva esa sangre y qué proporción del flujo se dirige al músculo activo.

Los vasos no son tubos pasivos. Las arteriolas se abren (vasodilatación) o se cierran (vasoconstricción) según la necesidad de cada tejido. En reposo, el músculo esquelético recibe alrededor del 15–20 % del flujo sanguíneo; en ejercicio intenso puede recibir el 80–85 %. Esa **redistribución del flujo** es una de las razones por las que no conviene entrenar fuerte justo después de una comida abundante: el sistema digestivo y el músculo compiten por la misma sangre.

2. Gasto cardíaco: la ecuación que lo explica casi todo

El **gasto cardíaco (Q)** es la cantidad de sangre que el corazón bombea en un minuto. Se calcula con una ecuación que debes saber de memoria:

Gasto cardíaco = Frecuencia cardíaca × Volumen sistólico

$Q = FC \times VS$

- **Frecuencia cardíaca (FC):** latidos por minuto (lpm).
- **Volumen sistólico (VS):** mililitros de sangre que expulsa el ventrículo izquierdo en cada latido.

Situación	FC (lpm)	VS (ml)	Gasto cardíaco (L/min)
Reposo, adulto sedentario	~70	~70	~5
Reposo, adulto entrenado en resistencia	~50	~100	~5
Ejercicio máximo, sedentario	~190	~110	~20
Ejercicio máximo, entrenado en resistencia	~185	~180	~30–35

Fíjate en dos cosas. Primera: en reposo, sedentarios y entrenados bombean prácticamente lo mismo (el cuerpo necesita unos 5 litros por minuto para vivir), pero el entrenado lo consigue con **menos latidos y más volumen por latido**. Segunda: en ejercicio máximo la diferencia es enorme, y casi toda viene del volumen sistólico, no de la frecuencia. **El entrenamiento aeróbico mejora sobre todo cuánta sangre sale en cada latido.**

Cómo sube el gasto cardíaco cuando empiezas a moverte

Cuando la intensidad aumenta, la frecuencia cardíaca sube de forma casi lineal hasta el máximo. El volumen sistólico, en cambio, sube rápido al principio y en la mayoría de las personas se estabiliza alrededor del 40–60 % del esfuerzo máximo. A partir de ahí, casi todo el aumento del gasto cardíaco depende de la frecuencia cardíaca. Esta es la razón fisiológica por la que **la FC es un buen indicador de intensidad en el ejercicio aeróbico**: sube de manera proporcional al trabajo.

Dos mecanismos explican el aumento del volumen sistólico: llega más sangre al corazón (retorno venoso, ayudado por la contracción muscular de las piernas y la respiración) y el ventrículo se contrae con más fuerza (contractilidad, estimulada por el sistema nervioso simpático y la adrenalina).

3. La frecuencia cardíaca: reposo, máxima y de reserva

3.1 Frecuencia cardíaca de reposo

Es la FC medida en condiciones de reposo real: al despertar, acostado, antes de levantarse, sin café ni pantallas. El rango habitual en adultos es 60–100 lpm; en personas entrenadas en resistencia es común encontrar 40–60 lpm (**bradicardia del entrenado**, una adaptación normal, no una enfermedad).

Cómo medirla con tu cliente: tres mañanas consecutivas, 60 segundos completos en el pulso radial (muñeca) o con banda de pecho, y promedio de las tres. Una FC de reposo que sube 5–10 lpm por encima del promedio habitual de la persona, sostenida varios días, suele indicar recuperación incompleta, enfermedad incubándose o estrés. Es una de las herramientas más baratas de seguimiento que existen.

3.2 Frecuencia cardíaca máxima (FC_{máx})

Es la FC más alta que una persona puede alcanzar en un esfuerzo máximo. **Depende sobre todo de la edad y de la genética; el entrenamiento no la sube** (de hecho, en personas muy entrenadas puede ser ligeramente menor que la de un sedentario de la misma edad).

La forma exacta de conocerla es una prueba de esfuerzo máxima, que no es territorio del entrenador personal sin supervisión médica. En la práctica la **estimamos** con fórmulas, y aquí hay que ser honesto con lo que dice la evidencia:

Fórmula	Cálculo	Qué debes saber
Clásica "220 – edad"	220 – edad	La más conocida y la menos fiable. No viene de un estudio diseñado para eso y su error individual es amplio: ± 10 –12 lpm o más. Se enseña como referencia histórica, no como herramienta.
Tanaka (2001) — la que usamos	208 – (0.7 × edad)	Derivada de un metaanálisis con miles de sujetos. Sigue siendo una estimación (error típico ± 7 –10 lpm), pero es más precisa en adultos de mediana edad y mayores, donde 220 – edad subestima.

En este curso, la fórmula de referencia es Tanaka. Cuando veas 220 – edad en un video o en un libro, ya sabes que es la versión antigua. Y siempre que uses cualquier fórmula, recuerda: es una estimación con margen de error; **la respuesta real del cliente manda**. Si un cliente de 40 años alcanza 185 lpm en una cuesta y la fórmula te decía 180, la fórmula estaba equivocada, no el cliente.

Ejemplo resuelto. Cliente de 45 años.

$220 - 45 = 175$ lpm (clásica)

$208 - (0.7 \times 45) = 208 - 31.5 = 176.5 \rightarrow \sim 177$ lpm (Tanaka)

A los 45 años ambas coinciden casi exactamente. La diferencia crece en los extremos: a los 65 años, la clásica da 155 y Tanaka da 162.5; a los 20 años, la clásica da 200 y Tanaka 194.

3.3 Frecuencia cardíaca de reserva y método de Karvonen

La **FC de reserva (FCR)** es el "margen de trabajo" del corazón: la diferencia entre lo máximo que puede latir y lo mínimo que late en reposo.

$$\text{FCR} = \text{FCmáx} - \text{FC de reposo}$$

Prescribir intensidad como porcentaje de la FCR (método de **Karvonen**) es más individualizado que usar solo el porcentaje de la FCmáx, porque tiene en cuenta el nivel de condición del cliente a través de su FC de reposo. Además, el porcentaje de FCR se aproxima bastante al porcentaje del VO₂máx (lo verás en el módulo 3), lo que lo hace muy útil para conectar intensidad con metabolismo.

$$\text{FC objetivo} = \text{FC de reposo} + (\% \text{ de intensidad} \times \text{FCR})$$

Ejemplo resuelto. Cliente de 45 años, FC de reposo 70 lpm.

FCmáx (Tanaka) = 177 lpm

FCR = 177 - 70 = **107 lpm**

Intensidad al 60 % de la FCR = 70 + (0.60 × 107) = 70 + 64 = **134 lpm**

Intensidad al 75 % de la FCR = 70 + (0.75 × 107) = 70 + 80 = **150 lpm**

Su "zona de trabajo moderado" queda entre 134 y 150 lpm.

Observa que el 60 % de la FCR (134 lpm) equivale a un 76 % de la FCmáx (134/177). Por eso las tablas de zonas dan dos columnas: **% de FCmáx y % de FCR no son intercambiables.**

4. Zonas de intensidad: para qué sirve cada una

Dividir el rango de frecuencia cardíaca en zonas es una forma práctica de hablar de intensidad con el cliente y de programar sesiones con un objetivo fisiológico claro. Existen varios modelos; el de cinco zonas es el más usado en fitness y el que aplicaremos en la actividad del módulo.

Zona	% FCmáx	% FCR (aprox.)	Sensación / talk test	Qué desarrolla	Ejemplo de uso
Z1 · Muy ligera	50–60 %	30–40 %	Muy cómodo; puedes cantar	Recuperación activa, calentamiento, vuelta a la calma, adherencia en sedentarios	Caminata suave de 20–30 min en la primera semana de un cliente sedentario
Z2 · Ligera	60–70 %	40–55 %	Cómodo; hablas con frases completas	Base aeróbica, uso de grasas como combustible, capilarización	Trote o bici a ritmo conversacional 30–60 min; la zona donde vive el volumen de la mayoría de los planes
Z3 · Moderada	70–80 %	55–70 %	Algo duro; hablas con frases cortas	Eficiencia aeróbica, tolerancia a esfuerzos sostenidos	Rodajes "tempo" de 20–40 min en clientes con base

Zona	% FCmáx	% FCR (aprox.)	Sensación / talk test	Qué desarrolla	Ejemplo de uso
Z4 · Intensa	80–90 %	70–85 %	Duro; solo palabras sueltas	Umbral, capacidad de sostener intensidades altas, mejora del VO ₂ máx	Intervalos de 3–8 min con recuperación incompleta
Z5 · Máxima	90–100 %	85–100 %	Muy duro; no puedes hablar	Potencia aeróbica máxima; en fitness se usa con dosis pequeñas	Intervalos cortos (30 s – 2 min) en clientes avanzados y sanos

Tres reglas para usar la tabla con criterio:

Primera: el principiante vive en Z1–Z2. La base aeróbica se construye con volumen a intensidad cómoda, no con sesiones que dejen al cliente destrozado. Un error frecuente del entrenador nuevo es programar todo en Z3, una "tierra de nadie" que cansa demasiado para hacerse todos los días y estimula demasiado poco para producir adaptaciones de alta intensidad.

Segunda: las zonas son orientación, no ley. La FC responde al calor, la humedad, la cafeína, la deshidratación, la falta de sueño, el estrés y varios medicamentos (los betabloqueadores, por ejemplo, la reducen y hacen inútil cualquier tabla). Por eso siempre combinamos la FC con la percepción subjetiva del esfuerzo y con el **talk test**, que verás en detalle en el módulo 3. Si la FC dice Z2 pero el cliente no puede hablar, hazle caso al cliente.

Tercera: la zona se elige por el objetivo, no al revés. Perder grasa, preparar un 10K o mejorar la salud general piden distribuciones distintas de tiempo por zona. En el módulo 8 conectarás cada zona con el sistema energético predominante, y en la metodología (módulos 14 y 15) con los métodos continuo, fraccionado e interválico.

Sobre la llamada "zona quemagrasa"

En Z2 el cuerpo usa una **proporción** mayor de grasa como combustible, y de ahí viene la idea de una "zona quemagrasa". Pero a intensidades más altas el gasto energético total por minuto es mayor, y lo que determina la pérdida de grasa es el balance energético sostenido en el tiempo, no de dónde salen las calorías de una sesión concreta. Z2 es valiosa por otras razones: es sostenible, permite volumen, construye base y favorece la adherencia. No la vendas como "la zona que quema grasa": véndela como la zona donde el cliente puede entrenar mucho sin romperse. El módulo 17 profundiza en esto.

5. Presión arterial y ejercicio: lo que el entrenador debe vigilar

La **presión arterial** es la fuerza de la sangre contra la pared de las arterias. Se expresa con dos cifras: la sistólica (cuando el corazón se contrae) y la diastólica (cuando se relaja). Un valor de referencia en reposo es alrededor de 120/80 mmHg.

Durante el ejercicio aeróbico, la sistólica sube de forma proporcional a la intensidad (es normal ver 160–200 mmHg en esfuerzos intensos) mientras la diastólica se mantiene o baja ligeramente porque las arteriolas del músculo están dilatadas. **Durante el ejercicio de fuerza**, especialmente con cargas altas y si el cliente bloquea la respiración (maniobra de Valsalva), tanto la sistólica como la diastólica pueden subir mucho de forma transitoria. Por eso enseñamos a exhalar en la fase de

esfuerzo y evitamos las apneas prolongadas en clientes con presión elevada.

Después del ejercicio es habitual una bajada de presión que puede durar horas (hipotensión post-ejercicio). Es beneficiosa, pero explica por qué un cliente que se detiene en seco tras un esfuerzo intenso puede marearse: la sangre se queda "estancada" en las piernas. La **vuelta a la calma** de 5–10 minutos en Z1 no es un adorno: mantiene la bomba muscular activa y evita ese mareo.

Nota de alcance. Un cliente con hipertensión diagnosticada puede y suele beneficiarse del ejercicio, pero **necesita aval médico antes de empezar** y tú nunca ajustas ni opinas sobre su medicación. Si en la evaluación inicial detectas cifras altas de presión en reposo, no entrenas fuerte "a ver qué pasa": lo derivas a valoración médica. Trabajar dentro del alcance (módulo 1) aquí no es burocracia, es seguridad.

6. Adaptaciones al entrenamiento aeróbico

Aquí está la recompensa de programar bien. El entrenamiento de resistencia produce cambios medibles en semanas y meses, y varios de ellos son **indicadores de progreso que puedes seguir sin laboratorio**.

En el corazón

- **Aumenta el volumen sistólico.** Es la adaptación central. En las primeras 1–2 semanas se explica en gran parte por un aumento del volumen de plasma (más sangre disponible para llenar el ventrículo); a largo plazo, por un ventrículo izquierdo con mayor capacidad y una contracción más eficaz.
- **Baja la FC de reposo** (bradicardia del entrenado). El corazón bombea lo mismo con menos latidos.
- **Baja la FC a una misma carga submáxima.** Este es el indicador que más vas a usar: si en enero tu cliente trotaba a 8 km/h con 150 lpm y en marzo lo hace con 138 lpm, su corazón está haciendo el mismo trabajo con menos esfuerzo. Ha mejorado, aunque la báscula no se haya movido.
- **La FCmáx no sube.** Se mantiene o desciende levemente. No esperes verla cambiar con el entrenamiento.
- **Se acelera la recuperación de la FC.** Un descenso de 12 lpm o más en el primer minuto tras un esfuerzo es un buen signo; cuanto más entrenado, más rápido baja.

En los vasos y la sangre

- **Aumenta la capilarización** del músculo: más capilares por fibra significa más superficie de intercambio de oxígeno.
- **Mejora la función del endotelio** (la capa interna de los vasos), lo que se traduce en mejor vasodilatación y en un efecto protector cardiovascular a largo plazo.
- **Aumenta el volumen sanguíneo** y la cantidad total de hemoglobina, con lo que se transporta más oxígeno por minuto.

Cuánto tardan

El aumento del volumen plasmático y la mejora en la FC submáxima se notan en **2–4 semanas** de entrenamiento consistente. Los cambios estructurales del corazón y la capilarización necesitan **meses**. Y todas estas adaptaciones son **reversibles**: con 2–4 semanas de inactividad, el volumen plasmático y el VS vuelven a bajar. Este principio (reversibilidad) lo verás formalizado en los módulos 11 y 13; aquí ya tienes su base fisiológica.

7. Del laboratorio al gimnasio: cómo lo usa el entrenador

Antes de empezar. Aplica un cuestionario de aptitud (como el PAR-Q+) y registra FC de reposo y, si tienes tensiómetro, presión arterial. Cualquier "sí" en las preguntas de riesgo cardiovascular o cifras de presión elevadas significan aval médico antes de programar. No es desconfianza: es el estándar profesional.

Para prescribir. Elige la zona según el objetivo y el nivel, calcula el rango de FC con Tanaka y Karvonen, y dale al cliente un rango, no un número exacto ("entre 134 y 150"). Para salud general, la referencia de la OMS es acumular **150–300 minutos semanales de actividad moderada (Z2–Z3) o 75–150 de actividad vigorosa (Z4)**, o una combinación, más fuerza dos días. Para un sedentario, empezar por debajo de esa cifra y progresar es más inteligente que cumplirla desde la primera semana.

Para progresar. Mueve una variable a la vez con el esquema **FITT**: Frecuencia (días por semana), Intensidad (zona), Tiempo (minutos) y Tipo (caminar, bici, nadar...). Una regla práctica y conservadora: no aumentar el volumen semanal más de un 10 % de una semana a otra, y subir la intensidad solo cuando el volumen ya se tolera bien. En el módulo 12 verás el concepto de carga con más detalle.

Para monitorear. Banda de pecho (la más precisa), reloj con sensor óptico (aceptable en esfuerzos continuos, menos fiable en intervalos y fuerza), pulso manual de 15 segundos × 4 durante las pausas, y siempre el talk test. Anota la FC a una carga fija cada 3–4 semanas: esa cifra bajando es tu mejor argumento de progreso con el cliente.

Para detener y derivar. Detén la sesión de inmediato y deriva a valoración médica si el cliente presenta **dolor u opresión en el pecho, mareo o desmayo, dificultad para respirar desproporcionada al esfuerzo, palpitaciones o latidos irregulares, o una FC que no baja durante la recuperación**. No "bajas la intensidad y sigues": paras. Un episodio así puede no ser nada, pero decidirlo no es tu trabajo.

8. Errores frecuentes que ya no vas a cometer

- 1 **Usar 220 – edad como si fuera exacta.** Es la menos fiable; usa Tanaka y ajusta con la respuesta real del cliente.
- 2 **Programar todo en Z3.** La base se construye en Z1–Z2 y las adaptaciones de alta intensidad en Z4–Z5, con dosis pequeñas. Z3 permanente cansa sin desarrollar.
- 3 **Ignorar la FC de reposo.** Es gratis, tarda un minuto y te avisa de fatiga o enfermedad antes que cualquier otra señal.
- 4 **Medir en el momento equivocado.** La FC en un semáforo, tras subir escaleras o después del café no es "de reposo".
- 5 **Confundir FC alta con progreso.** Si hoy tu cliente marca 10 lpm más a la misma velocidad, mira el calor, el sueño y el estrés antes de pensar que mejoró o empeoró.
- 6 **Saltarse la vuelta a la calma.** Cinco minutos en Z1 previenen el mareo por acumulación de sangre en las piernas.
- 7 **Entrenar a un hipertenso sin aval.** El ejercicio le va a ayudar, pero primero el médico.

Resumen en ocho ideas

- 1 Gasto cardíaco = FC × volumen sistólico. En reposo todos bombeamos ~5 L/min; en el máximo, el entrenado bombea mucho más gracias al volumen por latido.
- 2 La FC sube de forma casi lineal con la intensidad; por eso es un buen indicador en el ejercicio aeróbico.
- 3 FC de reposo: se mide al despertar, tres días, y sirve para seguir la recuperación.
- 4 FCmáx se **estima** con Tanaka ($208 - 0.7 \times \text{edad}$); 220 – edad es la versión antigua y menos fiable. Toda fórmula tiene error; la respuesta real manda.
- 5 FC de reserva = FCmáx – FC de reposo; con Karvonen prescribes intensidades individualizadas.
- 6 Cinco zonas: Z1–Z2 base y recuperación, Z3 eficiencia, Z4 umbral, Z5 potencia. El principiante vive en Z1–Z2.
- 7 El entrenamiento aeróbico aumenta el volumen sistólico, baja la FC de reposo y la FC submáxima, y mejora los vasos; la FCmáx no cambia. Todo es reversible.
- 8 Dolor de pecho, mareo, disnea desproporcionada, palpitaciones o FC que no baja: se detiene la sesión y se deriva.

Glosario

Término	Definición
Gasto cardíaco (Q)	Volumen de sangre que bombea el corazón por minuto. $Q = FC \times VS$.
Volumen sistólico (VS)	Cantidad de sangre que expulsa el ventrículo izquierdo en cada latido.
Frecuencia cardíaca de reposo	Latidos por minuto en reposo real (al despertar). Baja con el entrenamiento aeróbico.
Frecuencia cardíaca máxima (FCmáx)	FC más alta alcanzable en un esfuerzo máximo. Depende de edad y genética; no sube con el entrenamiento.
Fórmula de Tanaka	$FCmáx \approx 208 - (0.7 \times \text{edad})$. Estimación de referencia en este curso.
Frecuencia cardíaca de reserva (FCR)	$FCmáx - FC$ de reposo. Margen de trabajo del corazón.
Método de Karvonen	$FC \text{ objetivo} = FC \text{ reposo} + (\% \text{ intensidad} \times FCR)$. Prescripción individualizada.
Zonas de intensidad	Rangos de FC (o de % FCR) asociados a sensaciones y adaptaciones distintas.
Bradicardia del entrenado	FC de reposo baja (40–60 lpm) como adaptación normal al entrenamiento de resistencia.
Retorno venoso	Sangre que regresa al corazón; aumenta con la contracción muscular y la respiración.
Redistribución del flujo	Desvío de sangre hacia el músculo activo durante el ejercicio (del 15–20 % al 80–85 %).
Presión arterial	Fuerza de la sangre contra la pared arterial; sistólica/diastólica, en mmHg.
Maniobra de Valsalva	Exhalación forzada con la glotis cerrada (bloquear la respiración); eleva bruscamente la presión arterial.
Hipotensión post-ejercicio	Descenso de la presión arterial tras el ejercicio; explica el mareo si se para en seco.
Capilarización	Aumento del número de capilares por fibra muscular; mejora el intercambio de oxígeno.
Recuperación de la FC	Velocidad a la que baja la FC tras el esfuerzo; ≥ 12 lpm en el primer minuto es buen signo.
FITT	Frecuencia, Intensidad, Tiempo y Tipo: las variables para progresar el ejercicio aeróbico.

Conecta con el resto del curso

- **Módulo 3 · Sistema respiratorio:** VO_2 máx, umbral ventilatorio y el talk test como método de campo.
- **Módulo 8 · Energía:** qué sistema energético predomina en cada zona.
- **Módulo 10 · Capacidades físicas:** la resistencia como capacidad y su relación con la fuerza.
- **Módulo 12 · La carga:** FC como medida de carga interna.
- **Módulo 18 · Proyecto final:** la evaluación inicial de tu cliente incluye FC de reposo y zonas de trabajo.

Referencias

- Tanaka, H., Monahan, K. D., & Seals, D. R. (2001). Age-predicted maximal heart rate revisited. *Journal of the American College of Cardiology*, 37(1), 153–156.
- American College of Sports Medicine. *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription* (11.ª ed., 2021).
- Organización Mundial de la Salud. *Directrices de la OMS sobre actividad física y hábitos sedentarios* (2020).
- Kenney, W. L., Wilmore, J. H., & Costill, D. L. *Fisiología del deporte y el ejercicio* [verificar edición vigente].
- Hall, J. E. *Guyton y Hall. Tratado de fisiología médica* [verificar edición vigente].

Deportika Online · Universidad del Deporte Cancún S.C. · Curso Entrenador Personal Online: Fitness Profesional · Nivel 1 · Fundamentos · Lectura M2 v1.