

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ

VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN FISIOLOGÍA DEL EJERCICIO

**RELACIÓN DEL RENDIMIENTO FÍSICO CON LA TASA METABÓLICA EN
REPOSO, LA FUERZA Y MASA MUSCULAR EN LA SELECCIÓN
PANAMEÑA DE HALTEROFILIA, AÑO 2022 – 2023.**

ANGEL A. REYNA

**TESIS PRESENTADA COMO UNO DE LOS REQUISITOS PARA OPTAR AL
GRADO DE MAESTRO EN FISIOLOGÍA DEL EJERCICIO**

PANAMÁ, REPÚBLICA DE PANAMÁ

2025

DEDICATORIA

Esta tesis de maestría es el resultado de un recorrido académico y personal que no habría sido posible sin el apoyo, el amor y la guía de las personas que han sido fundamentales en mi vida. Dedico este trabajo, en primer lugar, a mi familia, quienes han sido mi mayor fuente de fortaleza y motivación. A mi Madre, Berlinda, por enseñarme el valor del esfuerzo, la perseverancia y la dedicación. Su amor incondicional, paciencia y sacrificio han sido el cimiento sobre el cual construí este logro. Cada palabra en estas páginas lleva consigo el eco de su apoyo y la inspiración brindada en cada etapa de este recorrido.

A mis profesores y mentores, dedico este trabajo como un homenaje a su incansable labor y dedicación. Ustedes despertaron en mí la curiosidad y el amor por el conocimiento, alentándome a superar mis propios límites y a explorar nuevas posibilidades. Su apoyo inquebrantable, su paciencia y su disposición para compartir sus experiencias fueron esenciales para el desarrollo de esta tesis.

Finalmente, dedico este trabajo a todas las personas que, de manera directa o indirecta, han influido en mi vida académica y personal. Esta tesis no solo es un logro personal, sino también un tributo a la red de personas que hicieron posible este proyecto.

Gracias por acompañarme en este viaje intelectual.

Con gratitud,

Angel Reyna

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han contribuido, de manera directa o indirecta, a la realización de esta tesis de maestría. En primer lugar, a las Profesoras Tutoras (Diana, Betsabé y Nereida) por su guía constante, su paciencia y su compromiso con mi desarrollo académico. Su experiencia y orientación fueron cruciales para que pudiera completar este trabajo, y sus palabras de ánimo me dieron la confianza para enfrentar los desafíos que surgieron en el camino.

A mis amigos y compañeros de clase, mi gratitud es igualmente profunda. Su compañía y apoyo hicieron que este camino fuera más llevadero y gratificante. Gracias por compartir ideas, preocupaciones, risas, y por recordarme que incluso en los momentos de mayor estrés, siempre hay espacio para las risas y la amistad sincera.

También quiero agradecer a mis colegas de investigación y colaboradores, quienes aportaron su tiempo, conocimiento y experiencia para enriquecer esta tesis. Juntos enfrentamos obstáculos, celebramos logros y compartimos un compromiso mutuo con la excelencia académica.

Con gratitud,

Angel Reyna

ÍNDICE

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTOS	3
INDICE DE TABLAS.....	7
INDICE DE FIGURAS.....	9
LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS.....	10
RESUMEN.....	12
INTRODUCCIÓN	13
OBJETIVOS	17
Objetivo General	17
Objetivos Específicos	17

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1 Rendimiento físico	19
1.1.1 Factores que influyen en el rendimiento físico	19
1.1.2 Factores para mejorar el rendimiento físico	24
1.2 Pruebas para medir el rendimiento físico del atleta	25
1.2.1 Evaluación de la fuerza muscular	27
1.2.1.1 Dinamometría isométrica	28
1.2.2 Evaluación de la resistencia muscular localizada	32
1.2.2.1 Resistencia abdominal	32
1.2.2.2 Flexión de brazos (Pechadas)	36

1.2.3 Valoración de la fuerza máxima	41
1.2.3.1 Levantamiento máximo de peso (1RM)	41
1.3 Antropometría	46
1.3.1 Composición corporal	47
1.3.2 Proporciones corporales	47
1.3.3 Distribución de grasa corporal	47
1.3.4 Dimensiones y perímetros musculares	47
1.4 Tasa Metabólica en Reposo (TMR)	49
1.4.1 Calorimetría indirecta	51
1.4.2 Cociente Respiratorio (RQ)	56

CAPÍTULO II: ASPECTOS METODOLÓGICOS

2.1 Diseño del estudio	61
2.2 Población y muestra	61
2.3 Hipótesis	62
2.4 Criterios de selección	63
2.4.1 Criterios de inclusión	63
2.4.2 Criterios de exclusión	64
2.5 Metodología y procedimiento	64
2.5.1 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	64
2.5.2 Preparación de los participantes y ética de la investigación	66
2.5.3 Medición de variables antropométricas	66
2.5.3.1 Peso corporal y talla	67
2.5.3.2 Análisis de Bioimpedancia Eléctrica (BIA)	70

2.5.3.3 Índice de Masa Corporal (IMC)	70
2.5.4 Protocolos de pruebas de rendimiento físico	71
2.5.4.1 Evaluación de resistencia abdominal	71
2.5.4.2 Evaluación de flexión de brazos (Pechadas)	72
2.5.4.3 Determinación de 1RM en Press de Banca	74
2.5.5 Evaluación de la fuerza muscular mediante dinamometría	77
2.5.6 Medición de la tasa metabólica en reposo	81
2.6 Análisis estadístico de los datos	87

CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultados generales de la muestra	93
3.2 Análisis y hallazgos fisiológicos	97
3.2.1 Análisis de asimetría bilateral	106
3.2.2 Correlación con la composición corporal	109
3.2.3 Fuerza explosiva y coordinación corporal	109
3.2.4 Diferencias en el desarrollo de la fuerza	109
3.2.5 Implicaciones en la disciplina de Halterofilia	114
3.2.6 Análisis correlacional entre las variables de estudio	127

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones	146
4.2 Recomendaciones	152
4.3 Limitaciones del estudio	155
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	156

ÍNDICE DE TABLAS

N°	Título de la tabla	Página
Tabla 1	Componentes neuromusculares que influyen en el rendimiento físico	21
Tabla 2	Componentes genéticos que afectan el rendimiento físico	23
Tabla 3	Factores clave para mejorar el rendimiento físico	25
Tabla 4	Valores normales de fuerza prensil por rango de edad (mano derecha e izquierda) mediante dinamometría manual	32
Tabla 5	Función de los músculos abdominales	33
Tabla 6	Características de la prueba de abdominales en un minuto	35
Tabla 7	Valores normales de abdominales	36
Tabla 8	Músculos abdominales utilizados en la prueba de pechadas	37
Tabla 9	Aspectos que influyen en el rendimiento físico mediante la prueba de pechadas en un minuto	39
Tabla 10	Valores normales de pechadas	40
Tabla 11	Indicadores fisiológicos evaluados en las pruebas de rendimiento	41
Tabla 12	Valores normales de 1 RM/kg de peso corporal generados por press francés en el sexo masculino	45
Tabla 13	Valores normales de 1 RM/kg de peso corporal generados por press francés en el sexo femenino	46
Tabla 14	Relación fisiológica y funcional de la antropometría	48
Tabla 15	Factores influyentes en la tasa metabólica en reposo (TMR)	50
Tabla 16	Valores normales promedio de la TMR en hombres y mujeres por grupos de edad	58
Tabla 17	Valores normales de abdominales	72
Tabla 18	Valores normales de pechadas	73
Tabla 19	Press francés (1 RM/kg de peso corporal) en el sexo masculino	76
Tabla 20	Press francés (1 RM/kg de peso corporal) en el sexo femenino	77
Tabla 21	Valores normales de fuerza prensil por rango de edad (mano derecha e izquierda) mediante dinamometría manual	80
Tabla 22	Criterios que deben cumplir los participantes para la medición de la tasa metabólica en reposo	84
Tabla 23	Valores normales promedio de la TMR en hombres y mujeres por grupos de edad	86
Tabla 24	Clasificación metabólica de los atletas de la Selección Panameña de Halterofilia	93
Tabla 25	Composición corporal y edad metabólica en atletas masculinos y femeninos de halterofilia	101
Tabla 26	Resultados de dinamometría en el sexo masculino	106
Tabla 27	Resultados de dinamometría en el sexo femenino	110
Tabla 28	Prueba de flexión de brazos en el sexo masculino	115
Tabla 29	Prueba de flexión de brazos en el sexo femenino	117
Tabla 30	Prueba de abdominales en el sexo femenino	122
Tabla 31	Prueba de abdominales en el sexo masculino	125
Tabla 32	Levantamiento de peso por repetición máxima (1 RM) en el sexo masculino	125

N°	Título de la tabla	Página
Tabla 33	Levantamiento de peso por repetición máxima (1 RM) en el sexo femenino	129
Tabla 34	VARIABLES RELACIONADAS CON LA FUERZA, EL RENDIMIENTO FÍSICO Y LA TASA METABÓLICA EN REPOSO EN ATLETAS DE LA SELECCIÓN PANAMEÑA DE HALTEROFILIA	132
Tabla 35	Correlaciones fuertes y moderadas positivas y correlaciones fuertes negativas según el enfoque del estudio en la Selección Panameña de Halterofilia (2022–2023)	139
Tabla 36	Correlaciones entre variables y la tasa metabólica en reposo según el enfoque del estudio en la Selección Panameña de Halterofilia (2022–2023)	142

ÍNDICE DE FIGURAS

N°	Título de la figura	Página
Figura 1	Estadímetro Seca 220	68
Figura 2	Analizador de composición corporal TANITA BC 601	69
Figura 3	Posición correcta para la prueba de pechadas	74
Figura 4	Dinamómetro manual marca Jamar	81
Figura 5	Distribución porcentual por sexo de los atletas de la Selección Panameña de Halterofilia	94
Figura 6	Distribución de edad por sexo de los atletas de la Selección Panameña de Halterofilia	94
Figura 7	Tasa metabólica en reposo por sexo en atletas de la Selección Panameña de Halterofilia	95
Figura 8	Clasificación de la tasa metabólica en reposo según el sexo en atletas de la Selección Nacional de Halterofilia	95
Figura 9	Índice de masa corporal de los atletas de la Selección Panameña de Halterofilia	96
Figura 10	Distribución del índice de masa corporal en los atletas de la Selección Panameña de Halterofilia	96
Figura 11	Resultados de dinamometría manual en atletas de la Selección Panameña de Halterofilia	106
Figura 12	Clasificación por categorías de la fuerza prensil mediante dinamometría manual en atletas de la Selección Panameña de Halterofilia	107
Figura 13	Resultados de dinamometría manual en el grupo femenino de la Selección Panameña de Halterofilia	110
Figura 14	Clasificación por categorías de la fuerza manual en el grupo femenino de la Selección Panameña de Halterofilia	111
Figura 15	Categorización de la prueba de flexión de brazos en atletas masculinos de la Selección Panameña de Halterofilia	116
Figura 16	Categorización de la prueba de flexión de brazos en atletas del grupo femenino de la Selección Panameña de Halterofilia	118
Figura 17	Categorización de la prueba de abdominales en el grupo masculino de la Selección Panameña de Halterofilia	120
Figura 18	Categorización de la prueba de abdominales en el grupo femenino de la Selección Panameña de Halterofilia	122
Figura 19	Mapa de calor de la correlación de Spearman aplicada a las variables estudiadas en la Selección Panameña de Halterofilia	138

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

Sigla	Término completo	Definición	Unidad de medida
1RM	Una repetición máxima	Máxima carga que un individuo puede levantar en una sola repetición	kg
ABS	Abdominales	Prueba de resistencia muscular del tronco	repeticiones
ACT %	Agua corporal total (%)	Porcentaje del agua total en el organismo respecto al peso corporal	%
ACT kg	Agua corporal total (kg)	Cantidad total de agua corporal en kilogramos	kg
Altura	Estatura	Medida de la talla del individuo	cm o m
ATP	Adenosin trifosfato	Principal molécula energética utilizada por las células	mmol o concentración relativa
IMC	Índice de masa corporal	Relación entre el peso y la estatura para evaluar el estado nutricional	kg/m ²
CantidadMale	Cantidad de sujetos masculinos	Número de participantes masculinos en el estudio	n
CantidadFemale	Cantidad de sujetos femenino	Número de participantes femeninos en el estudio	n
DD	Dinamometría derecha	Fuerza prensil medida en la mano derecha	kg o N
DI	Dinamometría izquierda	Fuerza prensil medida en la mano izquierda	kg o N
Edad	Edad cronológica	Tiempo de vida del individuo	años
EDADM	Edad metabólica	Estimación de la edad fisiológica basada en el metabolismo	años
EPOC	Consumo excesivo de oxígeno post-ejercicio	Incremento del consumo de oxígeno tras el ejercicio para restaurar el equilibrio fisiológico	ml O ₂ /min o L
FR	Fuerza relativa	Relación entre la fuerza máxima (1RM) y el peso corporal	adimensional
GH	Hormona de crecimiento	Hormona que estimula el crecimiento y el metabolismo	ng/mL
GV	Grasa visceral	Grasa acumulada alrededor de los órganos internos	nivel o escala
IGF-1	Factor de crecimiento similar a la insulina tipo 1	Hormona relacionada con el crecimiento muscular y la recuperación	ng/mL
IMC	Índice de masa corporal	Relación entre peso corporal y estatura	kg/m ²
kcal/día	Kilocalorías por día	Unidad de energía utilizada para medir el gasto energético diario	kcal/día
META_RQ	Cociente respiratorio	Relación entre CO ₂ producido y O ₂ consumido para	adimensional

		determinar el sustrato energético	
META_RRM	Tasa metabólica en reposo	Energía utilizada por el organismo en reposo para funciones vitales	kcal/día
MLG	Masa libre de grasa	Componente corporal sin tejido adiposo	kg
MO	Metabolismo oxidativo	Producción de energía mediante el uso de oxígeno	ml O ₂ /min o kcal/min
PGRASA	Porcentaje de grasa corporal	Proporción de grasa en el cuerpo respecto al peso total	%
Peso	Peso corporal	Masa total del cuerpo	kg
PesoUtili	Peso utilizado	Carga levantada en pruebas de fuerza	kg
PUSHUP	Prueba de pechadas	Evaluación de la fuerza-resistencia del tren superior	repeticiones
RM	Repetición máxima	Máxima carga que puede levantarse en una o más repeticiones	kg
RMkg	Repetición máxima relativa al peso corporal	Relación entre la carga máxima levantada y el peso corporal	kg/kg
RPM	Repeticiones por minuto	Número de repeticiones realizadas en un minuto	rep/min
RQ	Cociente respiratorio	Relación entre CO ₂ producido y O ₂ consumido	adimensional
TMR	Tasa metabólica en reposo	Energía mínima necesaria para funciones vitales en reposo	kcal/día
VCO ₂	Producción de dióxido de carbono	Cantidad de CO ₂ producido durante el metabolismo	ml/min
VE	Ventilación minuto	Volumen de aire inspirado o espirado por minuto	L/min
VO ₂	Consumo de oxígeno	Cantidad de oxígeno utilizado por el organismo	ml/kg/min o ml/min
VO ₂ MAX	Consumo máximo de oxígeno	Máxima capacidad del organismo para utilizar oxígeno durante el ejercicio	ml/kg/min

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo analizar la relación entre la tasa metabólica en reposo, la utilización de sustratos energéticos y el rendimiento físico en atletas de la selección panameña de halterofilia. Se empleó un enfoque cuantitativo con diseño correlacional de tipo transversal. La muestra estuvo conformada por atletas de ambos sexos pertenecientes a la selección nacional, a quienes se les evaluaron variables antropométricas, metabólicas y de rendimiento físico, incluyendo la composición corporal, la tasa metabólica en reposo, el consumo de oxígeno, la fuerza muscular mediante pruebas de repetición máxima (1RM), dinamometría manual, pruebas de flexión de brazos y abdominales.

Los resultados evidenciaron asociaciones significativas entre la masa muscular, la fuerza relativa y la tasa metabólica en reposo, así como correlaciones entre variables de composición corporal y rendimiento físico. Se observó que los atletas con mayor masa libre de grasa y mejor desarrollo de la fuerza presentan valores más elevados de gasto energético en reposo, lo cual sugiere una adaptación fisiológica al entrenamiento de fuerza. Asimismo, el análisis de correlación de Spearman permitió identificar relaciones positivas y negativas relevantes entre las variables estudiadas.

Se concluye que la tasa metabólica en reposo y la composición corporal están estrechamente relacionadas con el rendimiento físico en halterofilia, por lo que su monitoreo periódico constituye una herramienta fundamental para la planificación del entrenamiento, el control de la carga y la optimización del desempeño deportivo.

Palabras clave: tasa metabólica en reposo, rendimiento físico, halterofilia, composición corporal, fuerza muscular.

INTRODUCCIÓN

El deporte es uno de los fenómenos sociales más representativos de nuestro tiempo y constituye una de las actividades humanas con más protagonismo en las últimas décadas, fomentándose la adherencia a las prácticas deportivas (Elías y Dunning, 2021). Así, la vinculación entre la práctica deportiva y aspectos fisiológicos de interés ha ido cobrando mayor importancia, si bien principalmente se han realizado estudios sobre las características físicas, técnicas y tácticas que requieren las diferentes disciplinas deportivas, con el fin de potenciar habilidades en competición y, en menor medida, se ha abordado la relación estrecha y existente entre la fisiología y el deporte (Soto-Lagos et al., 2020). A pesar de esto, autores como Buceta (1998) ya afirmaban que la preparación del deportista no depende solo del entrenamiento específico de uno de los elementos que contribuyen al rendimiento, como son, físico, técnico, táctico-estratégico y psicológico, sino de la óptima interacción de todos ellos.

Otro de los constructos que ha promovido un mayor interés entre los investigadores en el contexto de la actividad física y deportiva de alto rendimiento es la motivación, un factor clave que determinará el rendimiento en diversas modalidades deportivas (Chang et al., 2017; Ramírez, 2021; Vázquez y López, 2019).

Una de las disciplinas que muestra auge en las competencias a nivel mundial y en Panamá es la Halterofilia; la cual es un deporte olímpico de alto impacto cuyo objetivo; es lograr levantar una barra con el máximo peso posible desde el suelo

hasta por encima de la cabeza, mediante un movimiento de triple extensión (rodilla, cadera, brazos) (Martínez - Rodríguez, et al. 2021).

En esta disciplina se destacan aspectos de relevancia como la fuerza, potencia, masa muscular, rendimiento físico y la tasa metabólica en reposo; las cuales son claves para la efectividad del atleta (Martínez - Rodríguez, et al. 2021).

La tasa metabólica en reposo (TMR) y el rendimiento físico son aspectos fundamentales en la vida de los atletas de halterofilia, ya que ambos juegan un papel crucial en la optimización del entrenamiento y el logro de resultados competitivos.

La TMR también conocida como metabolismo basal, representa la cantidad de energía que el cuerpo necesita en reposo para mantener funciones vitales como la respiración, la circulación sanguínea y la temperatura corporal. En atletas de Halterofilia, entender y gestionar la TMR es esencial, ya que una tasa metabólica eficiente puede influir en la composición corporal y en la capacidad de recuperación ((Martínez - Rodríguez, et al. 2021).

El rendimiento físico, por otro lado, se refiere a la capacidad de un atleta para ejecutar movimientos específicos con eficacia y potencia. En el caso de los Halterofilistas, la fuerza, la velocidad y la técnica son elementos críticos que contribuyen al éxito en competencia y, por ende, la relación entre la tasa metabólica en reposo y el rendimiento físico en Halterofilia radica en la necesidad de equilibrar la energía consumida y la gastada para mantener un peso corporal

adecuado sin comprometer la fuerza y la potencia muscular (Soto-Lagos et al., 2020).

La gestión de la Tasa Metabólica en Reposo (TMR) en atletas de halterofilia implica estrategias nutricionales y de entrenamiento específicas para asegurar un suministro adecuado de energía, y una recuperación efectiva. Además, entender la relación entre la TMR y el rendimiento físico puede influir en la planificación del entrenamiento, permitiendo a los atletas alcanzar y mantener niveles óptimos de fuerza y potencia (Elías y Dunning, 2021).

En Panamá, la Halterofilia ha mostrado un crecimiento sostenido gracias al esfuerzo de atletas que han alcanzado el podio en competencias internacionales. Sin embargo, la investigación en este ámbito sigue siendo limitada. Por ejemplo, atletas panameños como Juan Martínez y Ronnier Martínez han logrado medallas en eventos juveniles y panamericanos, destacándose por su dedicación y capacidad física. A pesar de estos logros, la falta de estudios específicos que analicen variables fisiológicas y su relación con el rendimiento limita la posibilidad de desarrollar programas de entrenamiento personalizados y basados en evidencia científica.

El presente estudio tiene como objetivo principal analizar la relación entre la TMR, la fuerza, la masa muscular y el rendimiento físico en los atletas de la selección panameña de Halterofilia. Para ello, se evaluará la composición corporal (% de grasa, masa libre de grasa (MLG), índice de masa corporal (IMC) y se medirá el consumo máximo de oxígeno (VO₂ Max), la producción de dióxido de carbono

(CO₂) y la utilización de sustratos energéticos en reposo. Ante lo expuesto y analizando las variables del estudio (rendimiento físico, tasa metabólica en reposo, fuerza y masa muscular) se plantea la pregunta ¿Cuál es la relación entre la tasa metabólica en reposo y la utilización de sustratos energéticos con el rendimiento físico, la fuerza y la masa muscular en los atletas de la selección panameña de halterofilia durante el periodo 2022 a 2023?

Estos datos permitirán establecer correlaciones significativas (quitar significativas) que puedan guiar la planificación del entrenamiento y las estrategias nutricionales para optimizar el desempeño de los atletas. La importancia de este estudio radica en generar datos cuantitativos para medir el rendimiento físico y correlacionarlo con la tasa metabólica en reposo, masa y fuerza muscular de cada atleta de Halterofilia. Este parámetro (TMR) está influenciado por múltiples factores, como la edad, el sexo, el peso, la estatura, especialmente, la masa libre de grasa (MLG), que es el tejido metabólicamente más activo del cuerpo (Moreno et al., 2023).

En los Halterofilistas, la TMR no solo afecta su capacidad de recuperación, sino también su capacidad para mantener un peso adecuado en categorías específicas, lo cual es esencial en un deporte donde las divisiones por peso corporal determinan la competencia (Fuentes-Barría et al., 2021).

OBJETIVO GENERAL:

- Determinar la relación entre el rendimiento físico y los indicadores fisiológicos de tasa metabólica en reposo, masa muscular y fuerza muscular en atletas de la selección panameña de halterofilia durante los años 2022–2023.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Describir el perfil antropométrico y metabólico del equipo nacional según sexo, categoría de peso y edad deportiva.
- Caracterizar los parámetros fisiológicos basales y el rendimiento físico de los atletas incluidos en el estudio.
- Analizar la asociación entre la composición corporal (IMC, masa magra y porcentaje de grasa) y la tasa metabólica en reposo.
- Establecer la relación entre el rendimiento físico y la tasa metabólica en reposo.
- Determinar la relación entre el rendimiento físico, la masa muscular y la fuerza muscular.
- Evaluar las diferencias en el rendimiento físico entre atletas con metabolismo basal lento, normal o acelerado.

CAPITULO I
MARCO TEÓRICO

1.1. RENDIMIENTO FÍSICO

El rendimiento físico, es el conjunto de capacidades que permiten a cualquier persona desempeñar actividades físicas de una manera eficiente. Es decir; obteniendo los mejores resultados con menos esfuerzo. Se trata de la relación que existe entre tus medios (habilidades, capacidades, genética, etc.), el trabajo y la disciplina para alcanzar un objetivo deportivo (Mechan, R. 2021).

El rendimiento físico describe los esfuerzos realizados por un deportista para lograr objetivos de rendimiento específicos durante un período de tiempo; en fases de entrenamiento; con la finalidad u objetivo de lograr una participación con excelencia (Ojeda et al., 2020).

Aunque su principal presencia se encuentra entre los atletas que buscan mejorar su desempeño en competiciones, en realidad este concepto está presente en varios contextos. Por ejemplo, las personas que practican una actividad física para disfrutar de un estilo de vida saludable tienen un determinado rendimiento físico. De manera general, al mejorar el rendimiento físico estarás aumentando la capacidad de realizar tareas del día a día, prevenir lesiones y mejorar la calidad de vida (Ojeda et al., 2020).

1.1.1. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL RENDIMIENTO FÍSICO

Los factores son aquellos que pertenecen a diversos ejes; ya sea el fisiológico, el cognitivo o el entorno natural; que pueden alterar el rendimiento hacia una excelencia o disminución de esta. Uno de los factores más importantes en el

rendimiento físico tiene que ver con la rapidez con la que un deportista puede volver al entrenamiento o a la rutina regular. Esto se debe a que la recuperación determinará cómo el deportista puede prepararse para el próximo evento (Rodríguez, E. 2022).

El rendimiento físico está determinado por las herramientas con las que cuentas y la manera en la que hagas uso de ellas. El estado físico es fundamental. Con la implicación de habilidades relevantes como fuerza, resistencia, velocidad, agilidad, flexibilidad, equilibrio y coordinación. Sin embargo, también es importante la participación de algunos aspectos relacionados con la composición corporal, la genética y las capacidades cardiorrespiratorias (Sabarit. Et al., 2022). El rendimiento físico tiene cuatro aspectos distintos y cuatro áreas que incluyen factores neuromusculares, factores psicológicos, condiciones ambientales; asesoramiento y apoyo externo al deportista; y factores genéticos (Sabarit. Et al., 2022). Dentro de estos factores, detallamos:

1.1.2. 1. Factores Neuromusculares (CORREGIR)

Los factores neuromusculares suelen ser los más completos y representan aquellos aspectos del rendimiento que ocupan el mayor grado de concentración y tiempo de preparación. El componente neuromuscular del rendimiento físico se subdivide en varios elementos (Tabla 1) que deben ser objeto de enfoques de entrenamiento específicos (Arteaga J. 2022).

Tabla 1. Componentes Neuromusculares que influyen en el Rendimiento Físico.

Componente	Correspondencia Fisiológica
Tipo de cuerpo o Somatotipo	Determinado por factores genéticos y medido a través de la clasificación de Sheldon (ectomorfo, mesomorfo, endomorfo). Influye en la composición corporal y el rendimiento deportivo (Arteaga J. 2022).
Fuerza muscular	Representa la capacidad del músculo para generar tensión. Está relacionada con el tamaño de la fibra muscular, el reclutamiento de unidades motoras y el tipo de fibras musculares (I, IIa, IIx) (Arteaga J. 2022).
Flexibilidad	Capacidad de los músculos y articulaciones para moverse a través de un rango completo de movimiento. Influida por la elasticidad muscular, ligamentos y tendones (Arteaga J. 2022).
Resistencia	Capacidad para mantener un esfuerzo físico prolongado. Se divide en aeróbica (uso eficiente del oxígeno) y anaeróbica (generación de energía sin oxígeno, como en carreras de velocidad) (Castañeda. M. 2021).
Respuestas a estímulos externos	Relacionadas con la rapidez y eficiencia del sistema nervioso central y periférico para procesar información y activar respuestas motoras específicas (Castañeda. M. 2021).
Agilidad	Capacidad para cambiar rápidamente de dirección sin pérdida de equilibrio. Relacionada con la fuerza explosiva, la coordinación y el tiempo de reacción (Castañeda. M. 2021).
Equilibrio	Capacidad para mantener la estabilidad del cuerpo, tanto en reposo como en movimiento. Depende de los sistemas vestibular, visual y propioceptivo (se integra a nivel del cerebelo) (Castañeda. M. 2021).
Coordinación	Integración eficiente entre sistemas sensoriales y motores para realizar movimientos precisos y sincronizados. Depende de la interacción entre el cerebro y el sistema muscular (Castañeda. M. 2021).
Velocidad	Capacidad para moverse rápidamente. Está influida por la potencia muscular, la elasticidad de los tejidos y la eficiencia neuromuscular (Castañeda. M. 2021).

1.1.2.2. Factores Psicológicos

El control mental y los factores psicológicos relacionados con el rendimiento físico son intangibles, y se reflejan en el resultado final del esfuerzo del deportista. En muchos aspectos, los elementos mentales del deporte son los más difíciles de dominar. Esto se debe a que, por lo general, requieren un alto nivel de experiencia y madurez (Castañeda. M. 2021) para la evaluar la percepción psicofísica del rendimiento.

1.1.2.3. Factores Ambientales

Los factores ambientales no suelen estar bajo el control del deportista. Por eso, su capacidad para adaptarse a factores ambientales inesperados suele ser determinante para su rendimiento. Hay factores ambientales importantes que pueden afectar el éxito, tanto positiva como negativamente. De ahí la importancia de prepararse y conocerse bajo diferentes condiciones ambientales (Castañeda. M. 2021).

1.1.2.4. Asesoramiento y apoyo externo

El rendimiento físico de los atletas se ve significativamente influenciado por el asesoramiento y apoyo externo en áreas clave como la nutrición, la psicología deportiva y las técnicas de recuperación. Una alimentación adecuada es fundamental para optimizar el rendimiento deportivo, ya que una ingesta energética apropiada asegura el funcionamiento óptimo del organismo y facilita el manejo de la composición corporal (Deakin, Kerr, & Boushey, 2015). Además, la

psicología deportiva ha demostrado ser esencial para mejorar tanto el rendimiento mental como físico de los atletas, proporcionando herramientas para gestionar la presión competitiva y desarrollar habilidades de concentración (Ursino, Cirami, & Barrios, 2018). Por último, la implementación de técnicas de recuperación, como la hidroterapia, el uso de prendas de compresión y el masaje, contribuye a reducir la fatiga y mejorar el rendimiento cuando se aplican de manera adecuada (Vega-Pérez, Ruiz-Hurtado, Macías-González, García-Peña, & Torres-Bugarín, 2022). La integración de estos apoyos externos en la preparación de los deportistas es crucial para alcanzar niveles óptimos de desempeño.

1.1.2.5. Genética

En la práctica deportiva los genes cumplen un papel esencial, al dotar de algunas potencialidades; ya que permiten responder de mejor manera a ciertos estímulos y a tener una condición física resistente (Tabla 2).

Tabla 2. Componentes genéticos que afectan el rendimiento físico.

Componente	Descripción
Capacidad física	Comprende los atributos esenciales como la fuerza, resistencia, velocidad, agilidad, flexibilidad, equilibrio y coordinación corporal. Estos elementos son fundamentales para un rendimiento deportivo óptimo.
Factores circunstanciales	Se relacionan con los medios y condiciones del entrenamiento, como el espacio físico accesible, materiales adecuados y un ambiente propicio que facilite el desarrollo de habilidades.
Estímulos psicológicos	Incluyen aspectos como la disciplina, y la motivación. Esta puede ser: Interna: Deseo de superación, reconocimiento. Externa: Apoyo familiar, patrocinadores, amigos.

1.1.2. FACTORES PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO FÍSICO:

El rendimiento físico está determinado por múltiples factores interrelacionados que impactan directamente en la capacidad del cuerpo para ejecutar actividades físicas de manera eficiente y sostenida. Estos factores incluyen componentes fisiológicos, como la producción de energía a nivel celular, la capacidad cardiorrespiratoria, la fuerza, elasticidad muscular y la respuesta neuromuscular (Olmedilla. Et al., 2021).

Para optimizar este rendimiento, es fundamental enfocarse en aquellos aspectos que pueden ser controlados y modificados mediante entrenamientos específicos, una alimentación adecuada, un descanso reparador y una correcta planificación. El sistema nervioso central y periférico, por ejemplo, desempeña un papel crucial en la coordinación y ejecución del movimiento, mientras que la integración de los sistema Respiratorio y Cardiovascular aseguran un suministro adecuado de oxígeno y nutrientes a los tejidos. Asimismo, el sistema muscular responde al estímulo del ejercicio, desarrollando adaptaciones como hipertrofia, mejora en la fuerza contráctil y eficiencia metabólica (Fernández – Barrada. Et al., 2023).

Centrarse en estas variables modificables (Tabla 3) permite no solo incrementar la capacidad de desempeño, sino también prevenir lesiones, mejorar la recuperación y alcanzar un equilibrio funcional óptimo para el desarrollo físico integral (Olmedilla. Et al., 2021).

Tabla 3. Factores claves para mejorar el rendimiento físico.

Factor	Descripción
Entrenamiento adecuado	El rendimiento físico depende de la capacidad de los músculos para generar energía. Un entrenamiento eficaz debe incluir ejercicios de fuerza, resistencia, velocidad y actividades cardiovasculares. La constancia, calidad y dedicación son claves para alcanzar objetivos (Olmedilla. Et al., 2021).
Mente y actitud	La mentalidad positiva permite superar el cansancio y la presión de los entrenamientos. La actitud adecuada impulsa la motivación, ayudando a entender que el principal reto es superar los propios límites personales (Olmedilla. Et al., 2021).
Alimentación equilibrada y saludable	Un plan alimenticio balanceado, rico en macronutrientes y acompañado de una adecuada hidratación, asegura la energía necesaria para un rendimiento eficiente, previniendo debilidad, calambres y fatiga (Olmedilla. Et al., 2021).
Descanso y recuperación	Fundamental para la regeneración muscular y la recarga de energía. Un descanso adecuado, tanto en calidad como en duración, es esencial para mantener el cuerpo activo y optimizar el rendimiento físico (Olmedilla. Et al., 2021).
Seguimiento a los avances	Evaluar regularmente el progreso físico ayuda a identificar mejoras y posibles áreas de oportunidad. Esto permite ajustar los entrenamientos y estrategias para maximizar los resultados (Olmedilla. Et al., 2021).

1.2. PRUEBAS PARA MEDIR EL RENDIMIENTO FÍSICO DEL ATLETA

El objetivo principal del entrenamiento es la mejora del rendimiento del deportista, que dependerá a su vez de una serie de factores o elementos. Cada uno de estos elementos puede contribuir de forma más o menos decisiva al rendimiento final, por lo que en el deportista de alto rendimiento siempre se hace necesario el

análisis pormenorizado de cada uno de ellos a la hora de planificar las estrategias de entrenamiento más convenientes en cada caso. Es importante el conocimiento de las diferentes posibilidades que existen para valorar de forma objetiva los diferentes elementos que contribuyen al rendimiento deportivo, para así poder diseñar programas de entrenamiento basado en datos técnicos que permiten un seguimiento de la evolución del deportista en cada fase del programa establecido (Hernández – Najera. Et al., 2022).

Para que el sistema funcione y se pueda obtener el máximo beneficio de los recursos existentes se deben tener claros tres aspectos:

- Conocer los elementos que intervienen en el rendimiento final.
- Definir los elementos sobre los que se quiere intervenir.
- Explorar los sistemas de valoración de estos elementos.

Discriminar las variables que proporcionen la información más adecuada para evaluar el programa de entrenamiento. De forma esquemática podemos decir que los elementos que intervienen en el Rendimiento físico son:

- Potencia y Capacidad Aeróbica
- Fuerza y Potencia Muscular
- Potencia y Capacidad Anaeróbica
- Composición Corporal
- Flexibilidad
- Estado de Salud (Hernández – Najera. Et al., 2022).

Los determinantes del rendimiento físico son: la máxima potencia aeróbica, la resistencia aeróbica, y la eficiencia mecánica; en donde se utilizan combustibles como fosfocreatina; glucógeno muscular y hepático; glucosa sanguínea y triglicéridos. No debemos olvidar la implicación de los factores psicológicos que permiten el uso de los diferentes sustratos energéticos. El glucógeno puede utilizarse por la vía aeróbica, anaeróbica, o mixta. La obtención de energía por la vía aeróbica es fundamental en actividades de resistencia y potencia. Aunque todos los sistemas fisiológicos del organismo humano van a participar, son fundamentalmente el Respiratorio y el Cardiovascular, además del Neuromuscular, los que tienen un papel prioritario en el rendimiento físico (González. Et al., 2019).

1.2.2. Pruebas para la Evaluación de la Fuerza Muscular

La fuerza muscular es la capacidad de un músculo o grupo muscular para generar tensión y producir una contracción, permitiendo superar una resistencia o contrarrestarla. Esta capacidad es esencial para la ejecución de movimientos y actividades físicas en la vida diaria y en el ámbito deportivo. El entrenamiento de fuerza se basa en el uso de resistencias específicas para inducir contracciones musculares, promoviendo la hipertrofia y el aumento de la fuerza muscular (Lloyd, R. S., y Oliver, J. L. 2020).

La importancia de la fuerza a lo largo de la vida es crucial para mejorar la calidad de vida en cada etapa. Desde la infancia hasta la vejez, la integración de actividades de fortalecimiento muscular en las rutinas diarias es esencial para promover una vida más saludable y activa; además, el fortalecimiento muscular

puede aumentar la densidad ósea, reducir el riesgo de osteoporosis, ayudar en el control del peso y mejorar la capacidad para realizar actividades cotidianas; Por lo tanto, la fuerza muscular no solo contribuye al rendimiento físico, sino que también desempeña un papel vital en la prevención de enfermedades y en la promoción de la independencia funcional (Faigenbaum, García-Hermoso, MacDonald, Mortatti, & Rial Rebullido, 2024).

Existen diversos equipos que nos posibilitan la realización de pruebas dirigidas al análisis de los diferentes tipos de fuerza muscular. Estas pruebas nos proporcionan datos objetivos que permiten una valoración aislada, así como un registro de su evolución en el tiempo; dentro ellas destacan la Dinamometría y el Levantamiento máximo de peso (Faigenbaum, García-Hermoso, MacDonald, Mortatti, & Rial Rebullido, 2024).

1.2.2.2. DINAMOMETRÍA

La dinamometría de presión manual es un parámetro que mide la fuerza muscular estática máxima. Refleja el componente magro, el contenido mineral de los huesos y sirve como estimador de la condición física y el estado nutricional de un individuo. Se ve afectada en diversas patologías de origen musculoesquelético, neurológico o cardiorrespiratorio y puede ser predictor de morbimortalidad (Cohen et al. 2019). Por todo ello, es importante conocer cómo evoluciona la fuerza manual durante el crecimiento para obtener valores de referencia que puedan utilizarse tanto para evaluar el rendimiento físico como el estado de salud del individuo (García et al. 2020). En esta prueba, el instrumento más utilizado es el Dinamómetro hidráulico (Rojas, 2015).

La fuerza muscular, evaluada comúnmente a través de la fuerza de prensión manual, es una técnica popular en estudios epidemiológicos debido a su alta confiabilidad, fácil aplicación y bajo costo, lo que la convierte en un valioso biomarcador de salud (Amaral et al., 2019). Este método se ha establecido como un marcador confiable de fuerza muscular en personas de todas las edades, y actualmente se utiliza para detectar riesgos de enfermedades musculoesqueléticas y como indicador de rendimiento físico en el deporte (Concha et al., 2022).

La medición de la fuerza de prensión se realiza comúnmente mediante la dinamometría, la que puede ser con un dinamómetro hidráulico o digital. La dinamometría hidráulica es la forma más común de evaluación, la cual se estima con el dinamómetro Jamar (JamarTM Hydraulic Hand Dynamometer, Preston, Jackson, Missouri. EE. UU.). Este es un procedimiento fácil de realizar y reproducible. Este instrumento mide la fuerza isométrica y presenta cinco posiciones diferentes para el agarre. Su uso es apropiado, ya que es el propio sujeto el que controla su fuerza, en ausencia de intervenciones externas (ejercidas por el examinador). La American Society of Hand Therapist (ASHT) recomienda la posición II para la medición de la fuerza máxima. Esta posición es el criterio recomendado para estudios donde se busca obtener datos normativos (Romero et al. 2019).

La aplicación de esta tecnología en el contexto de la Halterofilia ha permitido un enfoque más preciso y científico en el análisis de la fuerza, la velocidad y otros

parámetros claves que influyen en el desempeño de los levantadores de pesas panameños (Romero et al. 2019).

En Panamá, la introducción de tecnologías de dinamometría ha sido significativa con la creación de centros de entrenamiento y la implementación de equipos especializados para evaluar la fuerza y la potencia de los levantadores de pesas; por ende, se ha convertido en una herramienta valiosa para evaluar y mejorar el rendimiento de los atletas, así como para prevenir lesiones y optimizar la eficiencia del entrenamiento.

Los beneficios de la dinamometría manual en levantadores de pesas son los siguientes:

- Capacidad de evaluar la técnica.
- Capacidad de evaluar la biomecánica de los levantamientos.
- Esencial en la personalización de programas de entrenamiento. Con datos precisos sobre la fuerza máxima, la velocidad y la potencia de un levantador de pesas, los entrenadores pueden adaptar los programas de entrenamiento para abordar áreas específicas de mejora. Esta individualización del entrenamiento es crucial, ya que cada levantador tiene fortalezas y debilidades únicas que pueden ser identificadas y optimizadas a través de la dinamometría.
- La prevención de lesiones es otro aspecto importante de la dinamometría en levantadores de pesas. Al monitorear la distribución de fuerzas durante los levantamientos, los entrenadores pueden identificar patrones de

movimiento que podrían aumentar el riesgo de lesiones. Esto permite la implementación de correcciones técnicas y ajustes en el programa de entrenamiento para minimizar el riesgo de lesiones, garantizando que los levantadores puedan mantener una carrera atlética prolongada y exitosa.

- Ha contribuido a la optimización de la progresión del entrenamiento. Con mediciones precisas de la fuerza y la potencia, los entrenadores pueden establecer metas específicas y monitorear el progreso de los levantadores a lo largo del tiempo. Esto no solo motiva a los atletas al ver mejoras tangibles, sino que también permite ajustes oportunos en el programa de entrenamiento para garantizar un desarrollo continuo.
- Permiten un análisis detallado de cada fase de un levantamiento, desde el inicio hasta la fase de arranque y el levantamiento final.
- Esto no solo brinda información valiosa para los entrenadores, sino que también ofrece a los atletas una comprensión más profunda de su propio rendimiento técnico (Casillas. Et al., 2021).

En el contexto de la competición internacional, donde la halterofilia panameña busca destacarse, la dinamometría; de acuerdo con sus valores normales de referencia (Cuadro 4); proporciona una ventaja estratégica. Al comprender las capacidades y limitaciones individuales de los levantadores de pesas panameños, los entrenadores pueden desarrollar estrategias específicas para optimizar el rendimiento en eventos específicos; por medio de este biomarcador de rendimiento físico (Federación Panameña de Levantamiento de Pesas. 2022).

Tabla 4. Valores Normales de Fuerza Prensil; por rango de edad (derecho e izquierdo) utilizando Dinamometría manual.

Edad	Masculino			Femenino		
	DÉBIL	NORMAL	FUERTE	DÉBIL	NORMAL	FUERTE
20 - 24	<36.8	36.8 - 56.6	>56.6	<21.5	21.5 - 35.3	>35.3
25 - 29	<37.7	37.7 - 57.5	>57.5	<25.6	25.6 - 41.4	>41.4
30 - 34	<36.0	36.0 - 55.8	>55.8	<21.5	21.5 - 35.3	>35.3
35 - 39	<35.8	35.8 - 55.6	>55.6	<20.3	20.3 - 34.1	>34.1
40 - 44	<35.5	35.5 - 55.3	>55.3	<18.9	18.9 - 32.7	>32.7
45 - 49	<34.7	34.7 - 54.5	>54.5	<18.6	18.6 - 32.4	>32.4
50 - 54	<32.9	32.9 - 50.7	>50.7	<18.1	18.1 - 31.9	>31.9
55 - 59	<30.7	30.7 - 48.5	>48.5	<17.7	17.7 - 31.5	>31.5
60 - 64	<30.2	30.2 - 48.0	>48.0	<17.2	17.2 - 31.0	>31.0
65 - 69	<28.2	28.2 - 44.0	>44.0	<15.4	15.4 - 27.2	>27.2
70 - 99	<21.3	21.3 - 35.1	>35.1	<14.7	14.7 - 24.6	>24.6

Fuente: American College of Sports Medicine. Second Edition. 2017.

1.2.3. PRUEBA PARA EVALUAR RESISTENCIA MUSCULAR

1.2.3.2. ABDOMINALES

Los abdominales son un grupo de músculos que forman parte de la pared abdominal. Esta región muscular cumple funciones clave en el soporte del tronco, la protección de los órganos internos, y la generación de fuerza para movimientos y actividades del cuerpo. Desde un punto de vista anatómico, los músculos abdominales se extienden desde la caja torácica hasta la pelvis, y desde un punto de vista fisiológico, tienen un papel crucial en la estabilización del cuerpo y la regulación de la presión intraabdominal (Hall.et al., 2021).

Este conjunto de músculos (Cuadro 5) tiene la función de sostener el cuerpo, mantenerlo estable, equilibrado, encargarse de la flexión-extensión del tronco, sostener los órganos y regular la presión abdominal interna (Massuca. Et al., 2023).

En las rutinas de ejercicios se pueden incluir diferentes tipos de abdominales ya que pueden ser dinámicos, isométricos o hipopresivos. Los primeros incluyen movimiento y suelen ser los tradicionales en los que produce la flexión del tronco. Pueden realizarse elevando las piernas, elevando el tronco o ambas partes (Hall. Et al., 2021).

Tabla 5. Función de los Músculos Abdominales.

Función	Descripción	Ejemplo práctico
Estabilización del tronco	Mantienen la postura erguida y proporcionan soporte al tronco durante movimientos complejos.	Mantener equilibrio al levantar un objeto pesado.
Movilidad del tronco	Permiten flexión, extensión, rotación y flexión lateral de la columna vertebral.	Girar el torso para alcanzar un objeto o realizar un abdominal.
Presión intraabdominal	Generan presión para asistir en funciones corporales como respiración, defecación y parto.	Esfuerzo al levantar pesas o al expulsar aire durante una respiración forzada.
Protección de los órganos	Forman una barrera muscular que resguarda las vísceras abdominales frente a impactos y lesiones.	Resistencia ante impactos en deportes como artes marciales o fútbol.
Respiración forzada	Ayudan a expulsar aire de los pulmones durante la espiración activa al comprimir la cavidad abdominal.	Soplar un globo o realizar ejercicios respiratorios durante actividades físicas intensas.

La prueba de abdominales en un minuto es una evaluación física diseñada para medir la resistencia muscular y la fuerza del recto abdominal, así como la capacidad funcional de los músculos estabilizadores del tronco. Consiste en realizar la mayor cantidad de contracciones completas del músculo recto abdominal (comúnmente conocidas como abdominales) en un lapso de 60 segundos (Tabla 7), siguiendo una técnica específica para garantizar la validez de los resultados y minimizar el riesgo de lesiones (Pérez – Diaz. Et al., 2023).

Desde un punto de vista fisiológico, esta prueba evalúa principalmente la resistencia anaeróbica muscular de los abdominales (Cuadro 6), ya que los movimientos repetitivos realizados en un período breve dependen del metabolismo anaeróbico para generar energía. Además, involucra otros músculos estabilizadores, como los oblicuos internos y externos, el transverso del abdomen y, en menor medida, músculos de la región lumbar y de la cadera (Pérez – Diaz. Et al., 2023).

Esta prueba es ampliamente utilizada en programas de acondicionamiento físico, educación física y evaluaciones deportivas para medir la capacidad funcional del tronco, fundamental para la estabilidad corporal y la prevención de lesiones (Pérez – Diaz. Et al., 2023).

Tabla 6. Características de la Prueba de Abdominales en un minuto.

Categoría	Descripción
Objetivos de la prueba	
Medir la fuerza-resistencia muscular	Esta prueba permite evaluar la capacidad funcional del recto abdominal y otros músculos estabilizadores del tronco para mantener un rendimiento continuo y eficiente durante una actividad repetitiva de alta intensidad en un período corto de tiempo (Pérez – Diaz. Et al., 2023).
Determinar el estado físico general	Los resultados obtenidos en la prueba ofrecen un indicador clave del nivel de acondicionamiento físico relacionado con la fuerza y estabilidad del tronco. Un mejor rendimiento suele estar asociado con un mayor nivel de acondicionamiento físico general (Pérez – Diaz. Et al., 2023).
Monitorear el progreso	Es una herramienta útil para registrar cambios en la fuerza-resistencia muscular a lo largo del tiempo. Esto lo convierte en una prueba adecuada para evaluar la efectividad de programas de entrenamiento o rehabilitación en la mejora del rendimiento físico (Pérez – Diaz. Et al., 2023).
Identificar desequilibrios musculares	Proporciona información sobre posibles debilidades en los músculos abdominales, así como desbalances entre los músculos estabilizadores del tronco, lo que puede ser relevante en la prevención de lesiones o la planificación de programas de fortalecimiento muscular (Pérez – Diaz. Et al., 2023).
Ventajas de la prueba	
Simplicidad	La prueba es fácil de realizar, ya que no requiere equipamiento especializado, lo que lo hace accesible tanto en contextos recreativos como clínicos o deportivos (Pérez – Diaz. Et al., 2023).
Rapidez	Su duración breve lo convierte en una herramienta eficiente para evaluar a individuos de manera rápida, incluso en grupos grandes, optimizando el tiempo disponible en evaluaciones físicas (Pérez – Diaz. Et al., 2023).
Aplicabilidad	Es un método adecuado para diversas poblaciones, incluyendo atletas, personas en programas de rehabilitación o individuos interesados en medir y mejorar su condición física general (Pérez – Diaz. Et al., 2023).
Limitaciones	
Técnica dependiente	La técnica de ejecución influye significativamente en los resultados. Los movimientos incorrectos pueden generar resultados no representativos de la verdadera fuerza-resistencia abdominal del participante (Pérez – Diaz. Et al., 2023).

Focalización muscular	Aunque se enfoca principalmente en el recto abdominal, la participación de músculos estabilizadores y secundarios, como los flexores de cadera, puede variar según la técnica utilizada, lo que afecta la especificidad de la prueba (Pérez – Diaz. Et al., 2023).
Riesgo de compensación	Si el participante no realiza el movimiento de forma controlada, existe el riesgo de que otros músculos, como los flexores de cadera, compensen el trabajo, disminuyendo la validez de la prueba como medida exclusiva de la fuerza-resistencia abdominal (Pérez – Diaz. Et al., 2023).

Tabla 7. Valores Normales de Abdominales.

Abdominales	Hombres	Mujeres
Pobre	15-11	13-5
Regular	20-16	17-14
Bueno	24-21	24-18
Excelente	≥ 25	25

Fuente: American College of Sports Medicine. Second Edition. 2017.

1.2.3.3. PECHADAS

Las pechadas son un ejercicio de peso corporal ampliamente utilizado para desarrollar fuerza, resistencia muscular y estabilidad. Consiste en elevar y descender el cuerpo desde una posición de plancha, utilizando los brazos como principal fuente de movimiento. Este ejercicio es versátil y puede ser realizado en diferentes variantes para ajustar el nivel de dificultad o focalizar diferentes grupos musculares (Mayer – Bandala. Et al., 2020).

En términos biomecánicos, la pechada implica movimientos de flexión y extensión del codo combinados con una estabilización activa del tronco, los hombros y la cadera. Es un ejercicio de cadena cinética cerrada, lo que significa que las manos están en contacto fijo con una superficie durante el movimiento (Mayer – Bandala. Et al., 2020).

El movimiento involucra múltiples grupos musculares (Cuadro 8), trabajando de manera integrada para lograr una ejecución adecuada. A continuación, se describen los principales músculos involucrados:

Tabla 8. Músculos Abdominales utilizados en una pechada.

Músculo	Función durante la pechada
Pectoral mayor	Es el músculo principal implicado en la pechada. Su función es realizar la aducción horizontal y la flexión del brazo (Mayer – Bandala. Et al., 2020).
Tríceps braquial	Responsable de la extensión del codo, permitiendo la elevación del cuerpo durante la fase concéntrica (Mayer – Bandala. Et al., 2020).
Deltoides anterior	Participa en la flexión del hombro, asistiendo al pectoral mayor durante la fase ascendente (Mayer – Bandala. Et al., 2020).
Serrato anterior	Estabiliza la escápula y facilita el movimiento del hombro, especialmente durante la fase descendente (Mayer – Bandala. Et al., 2020).
Músculos del core	Incluyen al recto abdominal, los oblicuos y el transverso del abdomen, que estabilizan el tronco y evitan que la cadera se hunda o se eleve excesivamente durante el movimiento (Mayer – Bandala. Et al., 2020).
Dorsal ancho	Actúa como estabilizador durante el ejercicio, evitando movimientos excesivos de la escápula (Mayer – Bandala. Et al., 2020).
Erectores espinales	Mantienen la alineación de la columna vertebral y ayudan a estabilizar el tronco durante el movimiento (Mayer – Bandala. Et al., 2020).
Glúteos (mayor y medio)	Asisten en la estabilización de la pelvis, evitando que esta se incline hacia adelante o hacia atrás (Mayer – Bandala. Et al., 2020).
Músculos de la cadera	Los flexores de la cadera y el tensor de la fascia lata participan en el mantenimiento de la postura adecuada (Mayer – Bandala. Et al., 2020).

Las pechadas tienen los siguientes beneficios corporales, los cuales son:

- **Desarrollo de fuerza funcional:** Las flexiones de brazos (pechadas) son un ejercicio altamente eficiente para desarrollar fuerza funcional. Al involucrar múltiples grupos musculares de manera simultánea, como los pectorales, tríceps, deltoides, músculos del core e incluso músculos estabilizadores, este movimiento mejora la coordinación intermuscular y promueve un fortalecimiento equilibrado de todo el cuerpo. Esto resulta especialmente relevante para las actividades cotidianas, ya que incrementa la capacidad de realizar movimientos funcionales con mayor facilidad y eficiencia (Bustos – Viviescas. Et al., 2021).
- **Estabilidad del tronco:** Uno de los beneficios más significativos de las flexiones es su impacto en el fortalecimiento del core, que incluye músculos como los abdominales, oblicuos y la musculatura profunda de la espalda. Este fortalecimiento mejora significativamente la estabilidad del tronco, lo cual es esencial para mantener una postura adecuada durante actividades físicas y estáticas. Además, al aumentar la estabilidad del core, se optimiza el equilibrio general del cuerpo, reduciendo el riesgo de caídas y lesiones (Bustos – Viviescas. Et al., 2021).
- **Versatilidad y adaptabilidad:** Las flexiones son un ejercicio extremadamente versátil que puede adaptarse a diferentes niveles de condición física y entornos. Pueden realizarse en cualquier lugar sin necesidad de equipamiento adicional, lo que las convierte en una opción accesible para la mayoría de las personas. Además, su dificultad puede modificarse fácilmente: desde variantes más simples, como las flexiones con apoyo en las rodillas, hasta versiones avanzadas, como flexiones con carga adicional, lo que permite un desafío progresivo acorde a las necesidades del practicante (Bustos – Viviescas. Et al., 2021).
- **Prevención de lesiones:** El movimiento controlado y repetitivo de las flexiones contribuye a mejorar la estabilidad de las articulaciones, especialmente en los hombros y la escápula. Esto no solo fortalece los

músculos y ligamentos que rodean estas áreas, sino que también mejora su funcionalidad. Al realizar flexiones con una técnica adecuada, se reduce el riesgo de lesiones relacionadas con la debilidad muscular o la falta de estabilidad en estas zonas críticas, lo cual es crucial tanto para atletas como para personas en actividades cotidianas (Bustos – Viviescas. Et al., 2021).

La prueba de rendimiento físico de pechadas (Cuadro 9) en un minuto es una prueba ampliamente utilizada para medir la fuerza-resistencia muscular de la parte superior del cuerpo, específicamente los músculos del pecho, brazos y hombros. Consiste en realizar el mayor número posible de pechadas correctamente ejecutadas en un período de 60 segundos. Es una herramienta sencilla y eficaz que se emplea en ámbitos deportivos, militares, educativos y clínicos para evaluar el nivel de acondicionamiento físico relacionado con la fuerza (Velarde. Et al.2024).

Tabla 9. Aspectos que influyen en el rendimiento físico por medio de la prueba de pechadas en un minuto.

Aspecto	Descripción
Características de la prueba	
Objetivo principal	Medir la fuerza-resistencia muscular del tren superior, evaluando contracciones repetidas en un tiempo limitado.
Ámbito de aplicación	- Evaluaciones deportivas.
	- Entrenamientos militares.
	- Selección de personal físico.
	- Rehabilitación física.

Simetría y estandarización	Realizada bajo condiciones controladas para obtener resultados consistentes y comparables entre personas.
Simplicidad	No requiere equipamiento especializado y puede realizarse en cualquier lugar.
Rapidez	Permite una evaluación breve, ideal para grupos grandes.
Estandarización	Resultados consistentes y reproducibles gracias a protocolos definidos.
Aplicabilidad	Útil para atletas, procesos de selección y programas de rehabilitación.
Dependencia de la técnica	La ejecución incorrecta puede invalidar los resultados.
Focalización muscular	El rendimiento puede depender de otros grupos musculares, como el core o estabilizadores.
Riesgo de fatiga	Menos representativa en personas con baja resistencia muscular o sin experiencia previa.

Tabla 10. Valores normales de pechadas.

Pechadas	Hombres	Mujeres
Pobre	17 – 21	10 – 14
Regular	22- 28	15 – 20
Bueno	29 – 35	21 – 29
Excelente	>35	>30

Fuente: American College of Sports Medicine. Second Edition. 2017.

1.2.4. PRUEBA DE FUERZA MUSCULAR

1.2.4.2. LEVANTAMIENTO MÁXIMO DE PESO

La prueba de fuerza muscular por levantamiento máximo de peso, también conocida como 1RM (One Repetition Maximum), es un método utilizado para medir la fuerza máxima que una persona puede generar en un levantamiento de peso en un solo esfuerzo. Esta prueba evalúa la capacidad máxima de un individuo para levantar un peso determinado en un ejercicio específico, generalmente en levantamientos de fuerza como el press de banca, sentadillas o peso muerto (Aasa. Et al., 2024).

A nivel fisiológico, esta prueba proporciona una medida directa de la fuerza máxima de contracción muscular y la capacidad neuromuscular de un individuo. Es fundamental en el ámbito deportivo para evaluar el nivel de fuerza, planificar programas de entrenamiento y monitorear el progreso del rendimiento físico (Aasa. Et al., 2024).

Tabla 11. Indicadores Fisiológicos Evaluados en la prueba.

Aspecto Evaluado	Descripción
Fuerza máxima	Mide la capacidad de los músculos para generar la máxima tensión durante un esfuerzo único, reflejada en el peso máximo levantado.
Capacidad neuromuscular	Evalúa la eficiencia del sistema nervioso para activar las fibras musculares y coordinar contracciones, esencial para levantar cargas altas.
Potencial de adaptación	Indica la capacidad del cuerpo para levantar pesos más altos con el tiempo, reflejando la respuesta adaptativa al entrenamiento de fuerza.
Resistencia muscular local	Aunque se mide principalmente la fuerza máxima, también evalúa la capacidad de los músculos para soportar cargas altas durante intentos repetidos.

Fuente: Stratton et al., 2024 — “A Comparison of Three Protocols for Determining Barbell Bench-press 1RM. Takei et al., 2024 — “Portions of the force–velocity relationship targeted by weightlifting exercises” (Sci Rep, 2024). Ribeiron et al., 2024 — “Accuracy of 1RM Prediction Equations Before and After Resistance Training in Three Different Lifts” (2024).

La prueba de Levantamiento Máximo de Peso (1RM) tiene las siguientes ventajas: Medición precisa de la fuerza máxima: Ofrece una medición directa y precisa de la capacidad de fuerza muscular de un individuo, lo cual es útil para diseñar programas de entrenamiento de fuerza y para evaluar el progreso.

- **Evaluación de la fuerza funcional:** Esta prueba proporciona información sobre la fuerza funcional de los músculos implicados en actividades cotidianas y deportivas, lo que lo hace relevante en muchos contextos, desde la rehabilitación hasta el entrenamiento de alto rendimiento.
- **Aplicabilidad a diversos ejercicios:** Se puede aplicar a una variedad de ejercicios de levantamiento, lo que permite evaluar diferentes grupos musculares y patrones de movimiento (por ejemplo, piernas, torso, espalda).

La prueba de Levantamiento Máximo de Peso (1RM), tiene las siguientes limitaciones:

- **Riesgo de lesión:** Debido a que involucra levantar cargas extremadamente altas, existe el riesgo de lesiones musculares o articulares, especialmente si la técnica no es adecuada o si el evaluado no tiene experiencia.
- **Dependencia de la técnica:** La validez de la prueba depende de la capacidad de mantener una técnica adecuada. El uso de una mala técnica puede conducir a un rendimiento subóptimo y aumentar el riesgo de lesión.
- **Necesidad de supervisión:** Esta prueba debe ser realizada bajo la supervisión de un profesional calificado para asegurar que se mantenga la seguridad durante el levantamiento y para garantizar que la técnica sea correcta.
- **Fatiga:** La prueba puede llevar a la fatiga muscular, lo que puede afectar el rendimiento en intentos sucesivos si no se da un descanso adecuado entre los levantamientos.

La Prueba de Press francés por levantamiento de peso máximo también conocida como extensiones de tríceps, es un ejercicio de levantamiento de peso que se enfoca principalmente en el desarrollo de la fuerza muscular de los tríceps braquiales, los músculos ubicados en la parte posterior del brazo. Aunque no es uno de los ejercicios más comunes en pruebas de fuerza máxima como el 1RM (levantamiento máximo de peso), puede ser utilizado en algunas evaluaciones de fuerza específica de los músculos del brazo, especialmente los tríceps (Méndez – Carranza. Et al., 2018).

Los músculos involucrados en la Prueba de Press francés son los siguientes:

- **Tríceps braquial:** Es el músculo principal que se trabaja durante el press francés. Este músculo tiene tres cabezas (larga, lateral y medial) que se activan principalmente durante la extensión de los codos.
- **Anteriores del hombro (deltoides):** Aunque no es el foco principal, las fibras anteriores del deltoides también se activan para estabilizar el hombro durante el movimiento.
- **Músculos estabilizadores:** El core y los músculos del tronco (como los músculos abdominales y la parte baja de la espalda) se activan para mantener la postura durante la ejecución. (Méndez – Carranza. Et al., 2018).

La fuerza máxima de los tríceps es la principal capacidad evaluada en esta prueba. Al ser un ejercicio de aislamiento de los tríceps, es útil para medir el potencial de fuerza en este músculo específico, sin la intervención de otros grupos musculares grandes como el pectoral mayor o los dorsales. (Méndez – Carranza. Et al., 2018).

Las Ventajas y Limitaciones del Press francés para Evaluar Fuerza Máxima son las siguientes:

Ventajas:

- **Aislamiento de los tríceps:** Permite evaluar específicamente la fuerza de los tríceps sin que otros músculos (como los pectorales o los dorsales) influyan significativamente en el movimiento.
- **Desarrollo muscular específico:** Ideal para atletas que necesitan desarrollar fuerza en los tríceps, como culturistas, levantadores de pesas y atletas de deportes de combate.

Limitaciones:

- **No involucra grandes grupos musculares:** A diferencia de otros levantamientos como el **peso muerto** o **sentadillas**, que trabajan varios grupos musculares simultáneamente, el press francés se enfoca solo en los tríceps.
- **Riesgo de lesiones:** Si no se realiza con la técnica adecuada, existe el riesgo de lesiones en los codos o los hombros, especialmente si se usan pesos excesivos.

Los valores de 1-RM deben de expresarse como valores de fuerza relativa. Para poder evaluar estos resultados de manera adecuada hay que dividirlos por el peso corporal de la persona (un individuo que levanta 70 kg en press de banca está levantando el 100% de su peso corporal si pesa 70 kg y tiene más fuerza relativa respecto a otro que también levanta 75 kg en este ejercicio cuando su peso corporal es de 100 kg y su 1-RM sólo representa el 75% del peso de su cuerpo). También es conveniente tener en cuenta el sexo y la edad de la persona. Las mujeres, con menos masa muscular, tienen valores de 1-RM de referencia

más bajos que los hombres y con el avance de los años, por esa mencionada pérdida de masa muscular, bajan también estos valores para ambos sexos. (Méndez – Carranza. Et al., 2018).

**Tabla 12. Valores normales de 1 RM/Kg peso generados por PRESS
FRANCES, sexo masculino.**

Categoría	menos de 30 años	30 a 39 años	40 a 49 años	50 a 60 años	más de 60 años
EXCELENTE	1,26	1,08	0,97	0,86	0,78
BUENO +	1,25	1,07	0,96	0,85	0,77
BUENO -	1,17	1,01	0,91	0,81	0,74
NORMAL +	1,16	1	0,9	0,8	0,73
NORMAL -	0,97	0,86	0,78	0,7	0,64
REGULAR +	0,96	0,85	0,77	0,69	0,63
REGULAR -	0,88	0,79	0,72	0,65	0,6
MALO	0,87	0,78	0,71	0,64	0,59

Fuente: American College of Sports Medicine. Second Edition. 2017.

**Tabla 13. Valores normales de 1RM/Kg de peso, generados por PRESS
FRANCES. sexo femenino.**

categoria	menos de 30 años	30 a 39 años	40 a 49 años	50 a 60 años	más de 60 años
Excelente	0,78	0,66	0,61	0,54	0,55
Bueno +	0,77	0,65	0,6	0,53	0,54
Bueno -	0,72	0,62	0,57	0,51	0,51
Normal +	0,71	0,61	0,56	0,5	0,5
Normal -	0,59	0,53	0,48	0,43	0,41
Regula +	0,58	0,52	0,47	0,42	0,4
Regular -	0,53	0,49	0,44	0,4	0,37
Malo	0,52	0,48	0,43	0,39	0,36

Fuente: American College of Sports Medicine. Second Edition. 2017.

1.3. ANTROPOMETRÍA

La antropometría es la ciencia que se encarga de medir las dimensiones físicas del cuerpo humano, incluyendo su tamaño, forma, proporciones y composición. A nivel fisiológico, la antropometría se centra en cómo estas características corporales están relacionadas con las funciones biológicas, el desempeño físico y la salud general (León. Et al., 2019).

Desde un punto de vista fisiológico, la antropometría permite evaluar aspectos como la composición corporal (porcentaje de masa grasa, masa muscular, masa ósea y agua corporal), el estado nutricional y el rendimiento físico. Estos parámetros son esenciales para comprender cómo las características anatómicas influyen en la capacidad funcional del cuerpo y su adaptación a diferentes

demandas, como el ejercicio, el trabajo físico o los cambios en el entorno. (León. Et al., 2019).

Componentes Fisiológicos Evaluados en la Antropometría

Dentro de los componentes Fisiológicos evaluados en la antropometría, están los siguientes:

1.3.2. Composición corporal:

Relación entre la masa magra (músculos, huesos, órganos) y la masa grasa. Indicadores como el índice de masa corporal (IMC), el porcentaje de grasa corporal y el somatotipo son útiles para evaluar la salud metabólica y el riesgo de enfermedades.

1.3.3. Proporciones corporales:

Relación entre las diferentes partes del cuerpo, como la longitud de las extremidades y el tronco, que puede influir en el rendimiento físico y biomecánico.

1.3.4. Distribución de grasa corporal

Evaluada mediante mediciones como el perímetro de cintura y cadera, que están asociadas con el riesgo de enfermedades metabólicas (por ejemplo, diabetes tipo 2 o enfermedad cardiovascular).

1.3.5. Dimensiones musculares:

El perímetro muscular mide la masa muscular en diferentes regiones del cuerpo, proporcionando información sobre la fuerza potencial y el rendimiento físico.

Tabla 14. Relación Fisiológica y Funcional de la Antropometría.

Aspecto	Descripción
Metabolismo energético	
Tamaño y composición corporal	El tamaño y la composición afectan las necesidades calóricas y el gasto energético basal.
Masa muscular	Las personas con mayor masa muscular suelen tener un metabolismo basal más alto.
Capacidades biomecánicas	
Proporciones corporales	Influyen en la eficiencia de movimientos y la fuerza mecánica, siendo clave en deportes y actividades físicas.
Adaptación al esfuerzo	
Antropometría	Permite determinar cómo el cuerpo se adapta a diferentes actividades físicas, como deportes o tareas cotidianas.
Indicadores de salud	
Mediciones antropométricas	Utilizadas para diagnosticar y monitorear enfermedades relacionadas con el peso corporal, como obesidad o desnutrición.
Importancia de la Antropometría Fisiológica	
Evaluación de la salud	Ayuda a detectar desequilibrios en la composición corporal, como exceso de grasa visceral o pérdida de masa muscular.
Control del desarrollo humano	Facilita el monitoreo del crecimiento y desarrollo físico en diferentes etapas de la vida.
Optimización del rendimiento físico	Se utiliza para identificar perfiles corporales óptimos en deportes y planificar programas de entrenamiento.
Prevención de lesiones	Las características antropométricas, como las proporciones entre extremidades y tronco, pueden influir en la predisposición a lesiones musculoesqueléticas.

1.4. TASA METABÓLICA EN REPOSO

La Tasa Metabólica en Reposo (TMR) puede ser definida como la cantidad mínima de energía necesaria para el mantenimiento de las funciones fisiológicas de la persona, como son los procesos de transporte activo, las funciones cardiorrespiratorias, los mecanismos de excreción, el mantenimiento del tono muscular y los procesos de biosíntesis; está relacionada con factores como la grasa corporal, la edad, el género, la frecuencia cardíaca y, principalmente, la masa magra, que supone un 50-75% de su variación individual (Melo – Cazala. Et al., 2019).

La variación en la TMR también se ha relacionado con parámetros fisiológicos como las hormonas tiroideas, los niveles plasmáticos de insulina y de leptina, y en la actividad del sistema nervioso simpático. La TMR constituye el principal componente del gasto energético diario, siendo responsable 60 y 75% del gasto energético diario total. De esta manera, pequeños aumentos en la TMR pueden generar un desequilibrio del balance energético, y ser beneficiosos para la pérdida de peso y, consecuentemente, para la prevención y tratamiento de la obesidad a largo plazo. La práctica de actividad física tiene gran importancia para el aumento del gasto energético, en el aumento de la TMR y en la mejora de la composición corporal. Por este motivo, la influencia del ejercicio físico en la TMR en atletas ha sido tratada en muchos estudios (Melo – Cazala. Et al., 2019).

La TMR está determinada por factores intrínsecos como la composición corporal, la edad, el sexo y las hormonas, y se ve modulada por la actividad física a través

del efecto inmediato del ejercicio y las adaptaciones a largo plazo. Combinar un entrenamiento aeróbico y de fuerza es clave para optimizar el metabolismo basal y el gasto energético total. (Melo – Cazala. Et al., 2019).

Tabla 15. Factores influyentes en la TMR (Tasa Metabólica en Reposo).

Factor	Descripción	Explicación Fisiológica
Composición corporal	La masa muscular aumenta la TMR.	El músculo consume más energía incluso en reposo debido al mantenimiento de proteínas contráctiles y procesos como la síntesis de ATP. El tejido adiposo, por el contrario, requiere menos energía para su mantenimiento (Melo – Cazala. Et al., 2019).
	El tejido adiposo tiene menor actividad metabólica.	
Edad	La TMR disminuye con la edad debido a la pérdida de masa muscular y cambios hormonales.	La sarcopenia (pérdida de músculo) reduce la actividad metabólica. Además, con la edad, hay una disminución en la producción de hormonas como la hormona del crecimiento y las catecolaminas, que impactan en el metabolismo basal (Melo – Cazala. Et al., 2019).
Sexo	Los hombres suelen tener una TMR más alta que las mujeres debido a una mayor proporción de masa muscular.	Los niveles más altos de testosterona en hombres promueven el desarrollo muscular, lo que eleva la TMR. Las mujeres, en cambio, tienen mayor porcentaje de grasa corporal y menor masa magra, reduciendo su gasto energético basal (Melo – Cazala. Et al., 2019).
Genética	Las diferencias genéticas afectan la eficiencia metabólica y el gasto energético basal.	La genética influye en la actividad de las mitocondrias, la eficiencia en el uso de energía y las tasas de metabolismo celular, afectando directamente la TMR. (Melo – Cazala. Et al., 2019).
Hormonas tiroideas	T3 y T4 regulan la velocidad metabólica basal.	Estas hormonas aumentan la actividad mitocondrial y la síntesis de ATP, acelerando el metabolismo. Alteraciones en la función tiroidea (hipotiroidismo o hipertiroidismo) pueden disminuir o aumentar significativamente la TMR. (Melo – Cazala. Et al., 2019).
Catecolaminas	La adrenalina y la noradrenalina elevan temporalmente la TMR.	Estas hormonas activan el sistema nervioso simpático, aumentando la tasa cardíaca, la respiración y la movilización de sustratos energéticos (como grasas y glucosa), lo que incrementa el gasto energético basal y durante la actividad física. (Melo – Cazala. Et al., 2019).

Consumo de oxígeno (EPOC)	Después del ejercicio, el metabolismo permanece elevado durante varias horas.	Este efecto, conocido como consumo excesivo de oxígeno post-ejercicio (EPOC), se debe a la necesidad de reponer oxígeno en los músculos, eliminar el lactato acumulado y restaurar las reservas de energía como el glucógeno. (Melo – Cazala. Et al., 2019).
Intensidad del ejercicio	Cuanto mayor es la intensidad, mayor es el gasto energético durante y después del ejercicio.	La alta intensidad requiere una mayor activación de fibras musculares de contracción rápida (tipo II), que son metabólicamente más costosas de mantener y utilizan más glucosa y oxígeno durante la actividad. (Melo – Cazala. Et al., 2019).
Duración del ejercicio	Ejercicios prolongados elevan el gasto energético total, pero el efecto EPOC es menor que en ejercicios de alta intensidad.	Durante ejercicios aeróbicos prolongados, el cuerpo depende principalmente de la oxidación de grasas y glucosa, lo que consume energía, pero genera un menor EPOC en comparación con actividades anaeróbicas intensas. (Melo – Cazala. Et al., 2019).
Masa muscular y actividad física	La actividad física regular incrementa la masa muscular y, con ello, la TMR a largo plazo.	La hipertrofia muscular aumenta el número de mitocondrias y la síntesis de proteínas, lo que eleva el gasto energético en reposo y mejora la capacidad de oxidación de sustratos energéticos. (Melo – Cazala. Et al., 2019).
Estado fisiológico	Enfermedades como fiebre o hipertiroidismo aumentan la TMR, mientras que el hipotiroidismo o la desnutrición la reducen.	La fiebre incrementa el gasto energético debido al aumento de las demandas metabólicas para combatir infecciones. En el hipertiroidismo, la producción excesiva de T3 y T4 acelera el metabolismo celular, mientras que en el hipotiroidismo ocurre lo contrario. (Melo – Cazala. Et al., 2019).

1.4.2. TASA METABÓLICA EN REPOSO POR CALORIMETRÍA

INDIRECTA

La calorimetría forma parte de la Termología y es un proceso mediante el cual se puede medir la cantidad de calor producido por un organismo, esta puede ser medida de forma directa o indirecta (Londoño – Londoño. Et al., 2023).

La calorimetría indirecta es el cálculo de la producción de calor a partir de la medición del intercambio de gases pulmonares, específicamente la medición del

VO₂ –Consumo de Oxígeno- y la producción de VCO₂ –Dióxido de Carbono (Londoño – Londoño. Et al., 2023). Es un método no invasivo que permite estimar la producción de energía equivalente a la TMR y la tasa de oxidación de los sustratos energéticos. La denominación de indirecta señala que el gasto metabólico se determina por medio de los equivalentes calóricos del oxígeno (O₂) consumido y del dióxido de carbono (CO₂) producido, cuyas cantidades difieren según el sustrato energético que esté siendo utilizado. La producción de energía corresponde a la conversión de la energía química contenida en los nutrientes en energía química almacenada como ATP y, en la energía disipada como calor, durante el proceso de oxidación. Si se admite que todo el O₂ consumido se utiliza para oxidar los sustratos energéticos (proteínas, carbohidratos y lípidos) y que todo el CO₂ producido se elimina por la respiración, es posible calcular la energía total producida por los nutrientes (Moreno. Et al., 2023).

Las mediciones de VO₂ y VCO₂ son convertidas a gasto energético –kcal/día- utilizando la ecuación de Weir: Gasto Energético de Reposo = (VO₂) (3.941) – (VCO₂) (1.11) 1440; donde VO₂ y VCO₂ están expresados en l/min y 1440 es igual al número de minutos en un día (Londoño – Londoño. Et al., 2023).

Branson (1990) menciona que la calorimetría indirecta puede realizarse por el método de circuito abierto o circuito cerrado. En el primero el consumo de oxígeno se determina por la medición de la diferencia entre las concentraciones de gas inspirado y espirado y el VE –ventilación por minuto-. En el segundo, el consumo de oxígeno se determina por la medición del intercambio volumétrico de una

reserva de oxígeno sobre el tiempo y se utilizan las técnicas de pérdida o recuperación volumétrica.

Las técnicas utilizadas por la calorimetría Indirecta de Circuito Abierto son las siguientes:

- La técnica de respiración por respiración –breath by breath-, que es la medición de las concentraciones de oxígeno y dióxido de carbono durante cada inspiración y/o espiración por minuto. Se utiliza un sensor de flujo con boquilla o una máscara (Método utilizado con el carro metabólico).
- Técnica del Bolsón de Douglas que consiste en recolectar el aire espirado dentro de una bolsa grande y hermética para analizar posteriormente el volumen de ventilación y las fracciones de oxígeno y dióxido de carbono. Este método es considerado uno de los más precisos para mediciones metabólicas porque permite obtener muestras integradas de varios minutos, reduciendo la variabilidad respiración a respiración. Aunque es altamente confiable, su uso se ha limitado en investigaciones modernas por requerir equipamiento voluminoso y por no permitir mediciones continuas en tiempo real durante ejercicios prolongados (Cunnington et al., 2020; Macfarlane & Wong, 2012).
- Espirómetros metabólicos computarizados; Los sistemas metabólicos modernos emplean analizadores electrónicos de gases y sensores de flujo para medir en tiempo real el VO_2 , VCO_2 y el gasto energético. Estos equipos utilizan celdas galvánicas, infrarrojos y turbinas digitales para analizar cada respiración con alta precisión. Su principal ventaja es la

capacidad de proporcionar datos instantáneos y continuos, lo que los convierte en la herramienta estándar para pruebas cardiopulmonares y deportivas. La exactitud depende de la calibración adecuada y de la estabilidad de los sensores, elementos que han sido optimizados en los equipos actuales.

(Bassett & Howley, 2020; Robergs et al., 2017)

- Técnica de Mezcla de Aire Dilucional, el sujeto respira dentro de un sistema donde el aire espirado se mezcla con un flujo fijo de aire ambiental. Al analizar la mezcla resultante, se pueden calcular las concentraciones de O_2 y CO_2 y estimar el intercambio gaseoso sin necesidad de recolectar todo el volumen espirado. Este método es útil cuando se requiere una medición metabólica con menos interferencia para el sujeto y menos equipamiento voluminoso. Su precisión depende del control del flujo dilucional y de la respuesta rápida de los sensores. (Wilmore, Costill & Kenney, 2018; Forster et al., 2012)
- Técnica Breath-by-Breath (Aliento a Aliento). El análisis aliento a aliento utiliza sensores de flujo de respuesta rápida y analizadores electrónicos que evalúan cada inspiración y espiración de manera individual. Esta técnica es actualmente la más utilizada en pruebas de ejercicio incremental y VO_2 máx debido a su capacidad para detectar cambios instantáneos en ventilación, consumo de oxígeno y producción de CO_2 . Aunque es muy sensible, requiere algoritmos de filtrado para corregir variaciones respiratorias naturales y artefactos. Su principal fortaleza es la capacidad

de registrar la dinámica cardiorrespiratoria en tiempo real. (Prieur et al., 2020; Keir et al., 2016)

- Analizadores portátiles de intercambio gaseoso. Los sistemas portátiles de calorimetría indirecta permiten evaluar el consumo de oxígeno durante actividades de campo como carreras, ciclismo o deportes al aire libre. Funcionan con microanalizadores integrados y baterías livianas que facilitan la movilidad del atleta sin afectar significativamente la mecánica del ejercicio. Aunque su precisión es ligeramente menor que la de los sistemas de laboratorio, han demostrado validez aceptable para estudios aplicados en deporte y fisiología del ejercicio. (Grosicki et al., 2022; Brehm et al., 2019)
- Sistemas de Integración del Aire Espirado. Estos sistemas combinan mediciones continuas de flujo con muestreos discretos de gases para generar un análisis más estable del intercambio gaseoso. La integración permite suavizar la variabilidad respiratoria y producir valores promedio más confiables durante esfuerzos prolongados o irregulares. Son útiles en investigaciones donde se necesita exactitud sin recurrir al método tradicional de bolsas de recolección, pero manteniendo un análisis meticuloso del patrón respiratorio. (Nolan & Bezzina, 2021; Meyer et al., 2005)

1.4.3. Cociente Respiratorio (RQ)

El Cociente Respiratorio (RQ) es la relación entre el CO_2 producido (VCO_2) y el O_2 consumido (VO_2) durante el metabolismo celular, expresada como $\text{RQ} = \text{VCO}_2 / \text{VO}_2$. Este parámetro refleja el sustrato energético predominante que utiliza el organismo en reposo, ya que cada macronutriente tiene una relación específica de intercambio gaseoso durante su oxidación. Un RQ cercano a 0.7 indica oxidación predominante de grasas, un RQ cercano a 1.0 indica oxidación predominante de carbohidratos, mientras que valores cerca de 0.82 señalan una mezcla metabólica típica de reposo. Debido a que el metabolismo energético determina el gasto calórico, el RQ es un componente fundamental para el cálculo preciso del gasto energético en reposo mediante calorimetría indirecta. (McClave & Snider, 2020; Hutchison et al., 2023; Ferrannini, 1988)

El Cociente Respiratorio (RQ) está determinado por múltiples variables fisiológicas y metabólicas, siendo la principal el tipo de sustrato energético oxidado, ya que la oxidación de grasas produce un RQ cercano a 0.70, la de proteínas alrededor de 0.80 y la de carbohidratos aproximadamente 1.00, lo que refleja cómo la selección de combustibles depende de la dieta, el estado hormonal y la intensidad del ejercicio previo (Frayn, 1983; Wolfe, 2021). El estado nutricional previo también modifica el RQ: una ingesta alta en carbohidratos lo eleva al aumentar el uso de glucosa, mientras que el ayuno prolongado o la restricción calórica lo reducen hacia valores lipídicos (Jeukendrup & Wallis, 2005). La actividad del sistema nervioso simpático influye al incrementar la lipólisis, promoviendo mayor oxidación de grasas y reducciones del RQ (Brehm et al.,

2019). Además, la termogénesis inducida por ejercicio previo altera el valor del RQ en atletas, ya que el entrenamiento reciente aumenta el uso de glucógeno y puede modificar el perfil de sustratos por varias horas (D'Souza et al., 2020). Finalmente, diversas condiciones fisiológicas o clínicas, como fiebre, hiperventilación o estrés metabólico, incrementan la producción de CO_2 y pueden elevar falsamente el RQ, afectando la interpretación del estado metabólico real (McClave & Snider, 2020).

El cociente respiratorio (RQ) ofrece ventajas importantes para atletas de halterofilia al evaluar la tasa metabólica en reposo (TMR), ya que permite verificar si la medición es estable y válida; un RQ entre 0.75 y 0.90 refleja un metabolismo en equilibrio, condición esencial en deportistas de fuerza (McClave & Snider, 2020); y facilita interpretar el estado del metabolismo energético en reposo para planificar fases de ganancia muscular, periodos de restricción calórica controlada y ajustes del porcentaje de grasa corporal; además, ayuda a identificar alteraciones inducidas por la dieta o el entrenamiento, como un RQ elevado que sugiere dependencia excesiva de carbohidratos o uno bajo que indica mayor oxidación de grasas, útil en fases de definición, lo que permite individualizar estrategias nutricionales según la proporción de macronutrientes requerida para optimizar rendimiento y composición corporal. Sin embargo, el RQ también presenta desventajas relevantes en halterofilia: es altamente sensible a factores previos al test, ya que comer carbohidratos, entrenar horas antes o estar bajo estrés puede alterar el valor real (Jeukendrup & Wallis, 2005); puede elevarse falsamente por hiperventilación durante la prueba (McClave & Snider, 2020); no

estima con precisión la contribución proteica al metabolismo, lo que dificulta interpretar estados de pérdida muscular (Wolfe, 2021); y en deportistas de fuerza, el ejercicio reciente modifica el uso de sustratos durante varias horas, generando RQ altos que pueden simular un gasto energético mayor del real, mientras que en fases de carga de carbohidratos el RQ refleja el estado agudo y no el perfil metabólico crónico, lo que puede inducir interpretaciones erróneas por parte del cuerpo técnico.

Tabla 16. Valores Normales Promedio de la TMR (Tasa Metabólica en Reposo) en hombres y mujeres por grupos de edad.

Grupo	Edad (años)	TMR promedio (kcal/día)	RQ promedio	Explicación Fisiológica
Hombres	18-30	1,800 - 2,200	0.80 - 0.85	Los hombres tienen una mayor masa muscular y menos grasa corporal, lo que eleva su TMR. El RQ indica un metabolismo mixto de grasas y carbohidratos en reposo. La mayor actividad de las mitocondrias en el tejido muscular contribuye al consumo energético constante.
	31-50	1,700 - 2,100	0.80 - 0.85	Con la edad, la pérdida gradual de masa muscular disminuye la TMR. Sin embargo, la actividad física y el entrenamiento de fuerza pueden mitigar esta pérdida. El RQ permanece estable, a menos que haya cambios drásticos en la dieta o enfermedades metabólicas.
	51-70	1,600 - 2,000	0.78 - 0.82	La sarcopenia y un menor nivel de actividad física reducen la TMR. El RQ puede bajar ligeramente debido al aumento en el uso de grasas como fuente de energía en individuos con menos actividad glucolítica.

	>70	1,500 - 1,800	0.78 - 0.80	La pérdida muscular y la eficiencia metabólica mitocondrial son notorias, reduciendo la TMR. El metabolismo basal se ajusta a las menores demandas energéticas. El RQ disminuye aún más si la dieta se basa en grasas debido a cambios en la oxidación de sustratos.
Mujeres	18-30	1,500 - 1,800	0.80 - 0.85	Las mujeres tienen menor masa muscular y mayor grasa corporal en comparación con los hombres, lo que explica su TMR más baja. El RQ indica un metabolismo equilibrado entre carbohidratos y grasas en reposo. La actividad de las hormonas sexuales (estrógeno y progesterona) también influye en el metabolismo basal.
	31-50	1,400 - 1,700	0.80 - 0.85	Cambios hormonales relacionados con la perimenopausia y menopausia disminuyen la TMR. El RQ tiende a mantenerse constante, pero puede alterarse si la dieta o el ejercicio cambian significativamente.
	51-70	1,300 - 1,600	0.78 - 0.82	La pérdida de estrógenos después de la menopausia disminuye la TMR, ya que afecta la distribución de la grasa y el metabolismo muscular. El RQ puede disminuir ligeramente, indicando un mayor uso de grasas como fuente de energía.
	>70	1,200 - 1,500	0.75 - 0.78	En esta etapa, la sarcopenia, la reducción de la actividad física y los cambios hormonales contribuyen a una TMR baja. El RQ más bajo refleja una dependencia más alta del metabolismo de las grasas, lo que se observa en muchos adultos mayores.

Fuente: **Frayn, K. N. (1983)**. Calculation of substrate oxidation rates in vivo from gaseous exchange. *Journal of Applied Physiology*, 55(2), 628–634. **McClave, S. A., & Snider, H. L. (2020)**. Use of indirect calorimetry in clinical nutrition. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 23(5), 302–311.

CAPITULO 2

MARCO METODOLÓGICO

2. ASPECTOS METODOLÓGICOS

El estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Fisiología del Ejercicio – Departamento de Fisiología Humana de la Facultad de Medicina de la Universidad de Panamá. Este espacio fue seleccionado debido a sus condiciones óptimas para la realización de evaluaciones fisiológicas y a la disponibilidad de equipos especializados.

Para garantizar la participación de los atletas, se envió una invitación formal a la selección nacional panameña de halterofilia. Esta invitación fue gestionada directamente a través del director nacional de PANDEPORTES, quien actuó como intermediario para asegurar la presencia de los atletas representativos de esta disciplina. Se establecieron acuerdos previos y se coordinaron detalles logísticos para facilitar el traslado y la disponibilidad de los participantes en las fechas designadas.

2.1 DISEÑO DEL ESTUDIO

El estudio fue diseñado como una investigación de tipo transversal descriptiva. Este enfoque permitió evaluar la condición física de los participantes durante un periodo de tiempo específico, sin realizar intervenciones experimentales ni aplicar tratamientos que pudieran influir en los resultados.

2.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población objetivo estuvo constituida por los integrantes de la selección panameña de halterofilia, incluyendo hombres y mujeres.

Como resultado, todos los integrantes de la selección nacional de halterofilia, conformada por 9 hombres y 6 mujeres, aceptaron participar en el estudio. Este grupo representó el total de la población elegible. Cuando el universo total está conformado por solo 16 atletas de halterofilia, la opción metodológicamente más sólida es trabajar con toda la población, ya que incluir a todos los sujetos aumenta la validez interna del estudio, elimina el error muestral asociado a la selección parcial, evita problemas de subrepresentación y se alinea con las recomendaciones científicas para investigaciones en grupos deportivos pequeños, donde el tamaño limitado de participantes hace que el muestreo censal (o censo) sea el enfoque estándar. En este caso, la muestra corresponde al total de la población, es decir, 16 atletas.

2.3. HIPÓTESIS

- No existe relación entre el rendimiento físico con la tasa metabólica en reposo, fuerza y masa muscular en la selección panameña de halterofilia.
- Existe relación entre el rendimiento físico con la tasa metabólica en reposo, fuerza y masa muscular en la selección panameña de halterofilia.

2.4. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

2.4.1. CRITERIOS DE INCLUSIÓN

Para garantizar la selección adecuada de los participantes en el estudio, se establecieron los siguientes criterios de inclusión, los cuales permitieron evaluar de manera específica a los atletas de alto rendimiento que conformaron la muestra:

- **Pertenencia a la selección panameña de Halterofilia:** Solo se incluyeron aquellos atletas que formaban parte activa de la selección nacional de halterofilia, asegurando así que los participantes representaran el nivel competitivo más alto en esta disciplina dentro del país. Este criterio permitió trabajar con una población homogénea y directamente vinculada al ámbito de alto rendimiento deportivo.
- **Evaluación médica de Buena salud Física actualizada:** A los participantes se les realizó una evaluación médica, realizada por un médico idóneo, que certificara su estado física y mental para participar en el estudio. Este criterio aseguró que los datos obtenidos provinieran de atletas en condiciones óptimas para la realización de pruebas físicas y de composición corporal, minimizando riesgos asociados a condiciones no identificadas.
- **Firma del consentimiento informado:** Se incluyeron los atletas que, de forma voluntaria, firmaron el documento de consentimiento informado. Este documento detalló los objetivos, procedimientos, riesgos y beneficios del

estudio, asegurando que los participantes entendieran plenamente su participación y permitiendo cumplir con los estándares éticos de investigación.

2.4.2. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

Se definieron criterios específicos para excluir a aquellos atletas cuya participación podría comprometer la validez de los resultados o poner en riesgo su integridad física:

- **Ausencia del consentimiento informado:** Los atletas que no firmen el consentimiento informado no pueden participar en el estudio. Esto garantizó que la participación fuera completamente voluntaria y que todos los participantes tuvieran conocimiento pleno de los procedimientos y objetivos de la investigación, cumpliendo con las normativas éticas internacionales.
- **Lesiones existentes al momento del estudio:** Aquellos atletas que presentaban lesiones musculoesqueléticas o de cualquier otra índole al momento de realizar el estudio no podían formar parte. Este criterio aseguró que las pruebas físicas, como la dinamometría o la evaluación de composición corporal, se realizaran en condiciones de salud óptimas,

2.5. METODOLOGÍA

2.5.1. RECOLECCIÓN DE DATOS

Para llevar a cabo el proceso de recolección de datos, se gestionó en primer lugar la autorización correspondiente ante los directores de la Federación Panameña

de Levantamiento de Pesas. Este paso inicial consistió en el envío de una carta formal, en la cual se describieron detalladamente el título del estudio, los objetivos planteados y las pruebas específicas que se realizarían para el desarrollo de la investigación.

Una vez que los directores otorgaron su aprobación para la participación de los atletas en el estudio, se procedió a enviar correos electrónicos individuales a cada uno de los integrantes de la selección de halterofilia. En estos correos se incluyó información clave, como las fechas programadas tanto para la sesión informativa de la investigación, como para la realización de las diferentes pruebas planificadas. Estas pruebas incluían:

- Dinamometría
- Prueba de fuerza muscular por levantamiento máximo de peso
- Prueba de abdominales
- Pruebas de pechadas.
- Antropometría
- Medición de la tasa metabólica en reposo mediante calorimetría indirecta.

Durante la sesión informativa, se explicó a los atletas el objetivo general de la investigación, así como las características y la metodología de cada una de las pruebas a ejecutar. Al finalizar la sesión, se entregaron formularios de consentimiento informado a cada participante. Dichos formularios incluían detalles sobre el propósito de la investigación, los procedimientos que se llevarían a cabo y los posibles riesgos y beneficios asociados.

Después de que cada atleta revisó, aprobó y firmó su consentimiento informado de manera individual, se confirmó oficialmente su participación en el estudio. Este proceso se llevó a cabo en estricto cumplimiento de los principios éticos establecidos por la Declaración de Helsinki, actualizada en la Asamblea Médica Mundial de Fortaleza en el 2013, para investigaciones en seres humanos (World Medical Association, 2013).

Adicionalmente, el protocolo del estudio fue sometido a evaluación y aprobado por un comité de bioética con competencia en el ámbito académico. La aprobación oficial fue emitida por el Comité de Bioética de la Universidad de Panamá el 6 de febrero de 2023, bajo la nota número CBUP/008/2023. Este aval garantizó que todos los procedimientos se realizaran dentro del marco ético y legal correspondiente, asegurando así la protección de los derechos y el bienestar de los participantes.

Se empleó un analizador de composición corporal diseñado para evaluar de manera precisa una variedad de parámetros fisiológicos.

2.5.2. Preparación de los Participantes

Antes de iniciar las mediciones, se aseguró que todas las evaluaciones se realizaran en horario matutino, antes de cualquier actividad física. Los participantes llegaron en ayunas para evitar posibles fluctuaciones en los resultados debido a la ingesta de alimentos o bebidas. Cada evaluación se llevó a cabo de manera individual, en una habitación privada y equipada con todos los

instrumentos necesarios para garantizar precisión y privacidad. Todas las mediciones siguieron estrictamente los estándares descritos por Marfell-Jones et al. (2012), lo que aseguró la consistencia y fiabilidad de los resultados. Para garantizar resultados confiables en las pruebas de rendimiento físico, se implementaron medidas previas destinadas a optimizar las condiciones físicas de las deportistas. En este sentido, el día anterior a las evaluaciones se redujeron significativamente las cargas de entrenamiento habituales, con el objetivo de minimizar cualquier síntoma de fatiga muscular o agotamiento general que pudiera afectar el desempeño. Además, se confirmó que todos los atletas residían permanentemente en la ciudad de Panamá, Arraiján o La Gran Chorrera y que no habían realizado viajes fuera del país durante la semana previa a la aplicación de las pruebas. Este control aseguró que las condiciones ambientales y fisiológicas fueran uniformes para todos los participantes. El día programado para las evaluaciones, las condiciones climáticas fueron cuidadosamente registradas, reportándose una temperatura ambiente que osciló entre los 22 y 25 grados Celsius, condiciones consideradas óptimas para las pruebas físicas al aire libre. Todas las evaluaciones se llevaron a cabo en el Laboratorio de Fisiología del Ejercicio del Departamento de Fisiología Humana de la Facultad de Medicina de la Universidad de Panamá; durante las horas de la mañana, inmediatamente después de realizar las mediciones antropométricas correspondientes.

2.5.3. Medición de Variables Antropométricas

Talla (en cm): La talla de cada participante se midió sin calzado, asegurándose de que cada individuo mantuviera una postura erguida y el plano de Frankfurt

correctamente alineado. Cada participante subía a la plataforma y se colocaba de espaldas al medidor de talla y el evaluador realizaba la movilización del artefacto para medir la talla del participante. Este procedimiento se realizó utilizando un estadímetro mecánico portátil graduado en milímetros y con rango de medición de 20 – 205 cm. (Seca 220, Hamburgo, Alemania) garantizando un nivel óptimo de precisión (Fonseca. Et al., 2019).



Figura 1. Estadímetro Seca 220.

2.5.3.1. Peso Corporal

El peso corporal se registró con una báscula mecánica portátil de alta precisión (Seca 700, Hamburgo, Alemania), que cuenta con un margen de error de 50 gramos y un rango de medición de 0 a 220 kg. Para reducir cualquier posible variación, las mediciones se realizaron tres veces y se tomó un promedio de los valores obtenidos (Fonseca. Et al., 2019). Para garantizar una medición precisa, se calculó previamente el peso de las prendas de vestir. Se solicitó a los participantes que usaran ropa ligera, como monos de entrenamiento ajustados, lo que minimizó cualquier posible sesgo en los cálculos derivados (Fonseca. Et al., 2019). Cada participante subió a la báscula descalzo para proceder con la determinación del peso. Después de cada registro de peso se procedía a realizar asepsia de la plataforma o bascula.



Figura 2. TANITA BC 601.

2.5.3.2. Bioimpedancia

Cada participante, descalzo y sin accesorios metálicos, se colocó sobre la plataforma del analizador TANITA BC 601. Se ingresaron al equipo los datos personales como el sexo, talla, edad, número de identificación y un código específico asignado a cada atleta. La integración de estos datos permitió al equipo calcular indicadores personalizados (Fonseca. Et al., 2019).

2.5.3.3. Cálculo del Índice de Masa Corporal (IMC)

El IMC se calculó utilizando los valores de peso y talla; en donde se divide el peso de una persona, expresado en kilogramos, entre el cuadrado de su estatura, medida en metros. Para calcularlo, primero se mide el peso y la altura. Luego, la altura se multiplica por sí misma y, finalmente, el peso se divide entre este resultado. El valor obtenido permite clasificar el estado nutricional de una persona según los rangos establecidos por organismos de salud. Sirviendo como un indicador clave para determinar el estado nutricional de los atletas. $IMC = \text{peso (kg)} / \text{talla (m)}^2$

Al concluir las mediciones, cada participante descendía cuidadosamente de la plataforma tras recibir las instrucciones del evaluador. Este paso final aseguró que los resultados se obtuvieran sin interferencias ni interrupciones. Los datos recolectados se imprimieron inmediatamente y fueron objeto de un análisis exhaustivo. Este análisis integral permitió interpretar con precisión los valores de composición corporal, proporcionando a cada atleta una visión detallada de su

estado físico y metabólico. Los resultados obtenidos fueron utilizados para diseñar estrategias personalizadas de entrenamiento y nutrición.

2.5.4. PRUEBAS DE EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO FÍSICO:

2.5.4.1. Abdominales

El protocolo utilizado por Stucky. Et al 2019, para evaluar la máxima cantidad de abdominales en un minuto se desarrolló siguiendo estándares previamente establecidos. Antes de iniciar la prueba, se brindaron instrucciones claras a los participantes y se realizó un calentamiento breve, enfocado en la movilidad del tronco y la activación de los músculos abdominales.

Los participantes se posicionaron en decúbito supino sobre una superficie plana, con las rodillas flexionadas a aproximadamente 90 grados y los pies apoyados completamente en el suelo. Las manos se colocaron cruzadas sobre el pecho, tocando los hombros opuestos. Se les indicó mantener esta posición durante toda la prueba. Al inicio de la prueba, indicado por un cronómetro, los participantes comenzaron a realizar abdominales, elevando el tronco hasta que los codos tocaran las rodillas y regresando a la posición inicial, donde la espalda debía estar completamente apoyada en el suelo. El evaluador contó las repeticiones realizadas correctamente. Se consideraron inválidas aquellas en las que los participantes no alcanzaron el rango de movimiento completo, usaron impulso excesivo o desalinearon la postura.

La prueba se detuvo al cumplirse los 60 segundos. Al finalizar, se registró el número total de repeticiones válidas realizadas por cada participante. Luego, se ofreció un período de recuperación y estiramientos para prevenir molestias musculares.

Tabla 17. Valores Normales de Abdominales.

Abdominales	Hombres	Mujeres
Pobre	15-11	13-5
Regular	20-16	17-14
Bueno	24-21	24-18
Excelente	≥ 25	25

Fuente: American College of Sports Medicine. Second Edition. 2017.

2.5.4.2. Pechadas

Protocolo de pechadas o flexión de brazos (American College of Sports Medicine, 2014). Para la evaluación de la máxima cantidad de pechadas o flexión de brazos en un minuto se llevó a cabo bajo condiciones estandarizadas. Antes del inicio, se explicó a los participantes el procedimiento y se les permitió realizar un calentamiento breve, enfocado en la movilidad articular y la activación de los músculos del tren superior.

Los participantes adoptaron la posición inicial de flexión de brazos, con las manos colocadas ligeramente más anchas que el ancho de los hombros y los pies juntos o separados a una distancia cómoda. Se les indicó mantener una alineación

corporal adecuada, con la espalda recta, el core activado y el cuello en posición neutra durante todo el ejercicio.

El evaluador utilizó un cronómetro para medir exactamente 60 segundos. Al inicio del tiempo, los participantes comenzaron a realizar flexiones de brazos, bajando el torso hasta que los codos alcanzaran un ángulo de aproximadamente 90 grados y volviendo a la posición inicial con los brazos completamente extendidos.

Cada repetición válida fue contabilizada por el evaluador, quien verificó que se cumplieran los criterios técnicos establecidos. Repeticiones incompletas o realizadas con técnica incorrecta no fueron incluidas en el conteo final.

Al finalizar el minuto, se registró el número total de repeticiones válidas realizadas por cada participante. Posteriormente, se ofreció un período de enfriamiento y estiramiento para minimizar el riesgo de molestias musculares.

Tabla 18. Valores normales de pechadas.

Pechadas	Hombres	Mujeres
Pobre	17 – 21	10 – 14
Regular	22- 28	15 – 20
Bueno	29 – 35	21 – 29
Excelente	>35	>30

Fuente: American College of Sports Medicine. Second Edition. 2017.

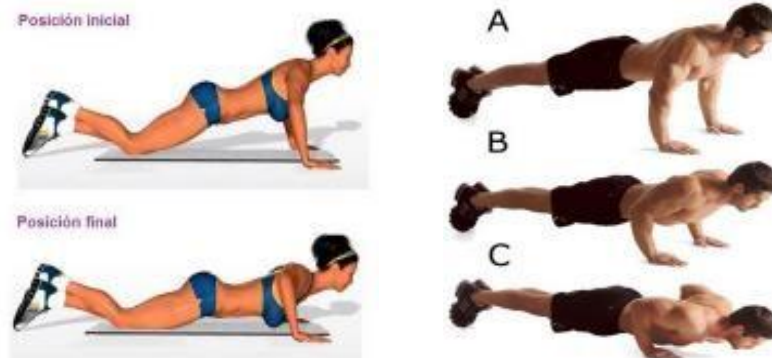


Figura 3. Posición para pechadas.

2.5.4.3. Prueba de 1RM en banca francesa

La prueba de 1RM (1 Repetición Máxima) es un método estandarizado para evaluar el rendimiento físico en términos de fuerza máxima. Esta evaluación consiste en determinar la máxima carga que un individuo puede levantar de manera controlada durante una repetición, en un ejercicio específico. Por medio de esta prueba se determina la fuerza máxima dinámica de un grupo muscular específico mediante la realización de una repetición máxima (1RM) en un ejercicio seleccionado, con el fin de evaluar el rendimiento físico del atleta.

En esta prueba se realizó preparación previa selección del ejercicio específico acorde con el grupo muscular a evaluar; en donde la seleccionada fue el Press de banca para evaluar la fuerza del tren superior. Posteriormente se realizó Revisión del equipo y se verificó que las pesas estuvieran en condiciones óptimas, incluyendo barras olímpicas, discos calibrados y bancos ajustables, según el ejercicio seleccionado.

A cada atleta se le explicó el propósito de la prueba, las normas de seguridad y la técnica correcta para el ejercicio. Además, se les indicó que comunicaran cualquier molestia o dolor durante el procedimiento. Adicionalmente cada participante realizó un calentamiento general de 10 minutos con ejercicios cardiovasculares ligeros y movilización articular, seguido de un calentamiento específico con cargas progresivas en el ejercicio seleccionado.

Para realizar la prueba de repetición máxima (1RM), primero se llevó a cabo un calentamiento adecuado, incluyendo repeticiones con poco peso para preparar los músculos y evitar lesiones. Luego, se seleccionó un peso moderado que permitió realizar de 3 a 5 repeticiones, aumentando progresivamente la carga en cada intento.

Después de cada serie, se tomó un breve descanso de aproximadamente 2 a 5 minutos antes de incrementar nuevamente el peso. Se continuó con este proceso hasta encontrar el peso máximo que pudo levantarse una sola vez con una técnica adecuada y sin asistencia.

El resultado de la prueba se tomó como el mayor peso levantado correctamente en una repetición única. Este valor permitió estimar la capacidad máxima de fuerza y se utilizó para ajustar cargas en entrenamientos posteriores.

El ejercicio de press francés de banca se realizó acostándose boca arriba sobre un banco plano, con los pies apoyados en el suelo para mantener la estabilidad. Se sostuvo una barra con ambas manos, con un agarre cerrado y las palmas

mirando hacia arriba. Luego, se extendieron los brazos hacia arriba, alineando la barra con el pecho. A continuación, se flexionaron los codos lentamente, bajando la barra hacia la frente o ligeramente por detrás de la cabeza, manteniendo los codos fijos y evitando que se abrieran. Una vez alcanzado el punto más bajo, se realizó una extensión controlada de los codos para regresar a la posición inicial, enfocando el esfuerzo en los tríceps. Este movimiento se repitió varias veces, manteniendo una técnica adecuada para evitar lesiones y maximizar el trabajo muscular.

Tabla 19. Press francés (1 RM/Kg peso), sexo masculino.

Categoría	menos de 30 años	30 a 39 años	40 a 49 años	50 a 60 años	más de 60 años
EXCELENTE	1,26	1,08	0,97	0,86	0,78
BUENO +	1,25	1,07	0,96	0,85	0,77
BUENO -	1,17	1,01	0,91	0,81	0,74
NORMAL +	1,16	1	0,9	0,8	0,73
NORMAL -	0,97	0,86	0,78	0,7	0,64
REGULAR +	0,96	0,85	0,77	0,69	0,63
REGULAR -	0,88	0,79	0,72	0,65	0,6
MALO	0,87	0,78	0,71	0,64	0,59

Fuente: American College of Sports Medicine. Second Edition. 2017.

Tabla 20. Press francés (1RM/Kg de peso), sexo femenino.

Categoría	menos de 30 años	30 a 39 años	40 a 49 años	50 a 60 años	más de 60 años
EXCELENTE	0,78	0,66	0,61	0,54	0,55
BUENO +	0,77	0,65	0,6	0,53	0,54
BUENO -	0,72	0,62	0,57	0,51	0,51
NORMAL +	0,71	0,61	0,56	0,5	0,5
NORMAL -	0,59	0,53	0,48	0,43	0,41
REGULAR +	0,58	0,52	0,47	0,42	0,4
REGULAR -	0,53	0,49	0,44	0,4	0,37
MALO	0,52	0,48	0,43	0,39	0,36

Fuente: American College of Sports Medicine. Second Edition. 2017.

2.5.5. PRUEBAS DE EVALUACIÓN DE FUERZA

2.5.5.1. Dinamometría

La evaluación de la fuerza prensil de ambas extremidades superiores se realizó mediante la técnica de dinamometría, utilizando un dinamómetro manual de marca JAMAR. Este dispositivo, reconocido por su alta precisión y confiabilidad, tiene la capacidad de ajustarse al tamaño de la mano mediante cinco posiciones configurables, lo que garantizó una ergonomía adecuada y una medición precisa para cada participante. Además, el dinamómetro cuenta con un rango de medición

de 0 a 90 kilogramos, con lecturas en kilogramos y libras; sin embargo, para los propósitos del estudio, se emplearon exclusivamente los valores en kilogramos, dado su uso prevalente en investigaciones científicas y médicas (Romero-Dapuetto. Et al. 2019).

Antes de iniciar la evaluación, se estableció un protocolo estandarizado que buscaba asegurar tanto la reproducibilidad como la confiabilidad de los resultados. En primer lugar, cada participante fue instruido detalladamente sobre el procedimiento y la postura requerida durante la prueba. Posteriormente, se les indicó que se sentaran en una silla con respaldo rígido, asegurándose de que la espalda estuviera completamente apoyada en el respaldo para facilitar la estabilidad del tronco. Los pies de los participantes se mantuvieron ligeramente separados y en contacto completo con el suelo, garantizando una distribución uniforme del peso corporal y eliminando posibles interferencias posturales que pudieran afectar la medición de la fuerza.

El brazo para evaluar fue posicionado en un ángulo de 90° con respecto al tronco, siguiendo las recomendaciones biomecánicas para maximizar la eficiencia del gesto motor. En esta postura, el participante sujetó firmemente el asa del dinamómetro, asegurándose de mantener una posición neutra de la muñeca para evitar compensaciones que pudieran influir en el resultado. Bajo la instrucción del evaluador, el participante realizó una contracción máxima de presión, aplicando la mayor fuerza posible sobre el dispositivo. Este esfuerzo fue repetido tres veces de manera consecutiva para cada extremidad superior, con pausas de descanso

de aproximadamente 30 segundos entre cada intento, lo que permitió minimizar los efectos de la fatiga muscular inmediata.

La metodología implementada consideró registrar como valor válido el resultado más alto obtenido en las tres ejecuciones por extremidad. Este enfoque está fundamentado en principios fisiológicos, dado que las mediciones de fuerza máxima tienden a estabilizarse después de múltiples repeticiones, permitiendo identificar con mayor precisión la capacidad máxima del participante sin riesgo de sobreestimación o subestimación. Además, este procedimiento minimizó la variabilidad entre mediciones y mejoró la fiabilidad de los datos recolectados (Romero-Dapueto. Et al. 2019).

Se verificó que el dinamómetro manual (marca JAMAR) estuviera en buen estado, con sus componentes calibrados y listos para su uso. Además, se ajustó la empuñadura del dispositivo a una de las cinco posiciones disponibles, según el tamaño de la mano de cada participante. Posteriormente, se les explicó detalladamente el propósito de la prueba y el procedimiento a seguir, solicitándoles que colaboraran con la máxima fuerza posible en cada intento, siguiendo las indicaciones del evaluador. Luego, se posicionó al participante en una postura estandarizada, sentado en una silla con respaldo recto, con la espalda completamente apoyada para proporcionar estabilidad al tronco, y los pies ligeramente separados y en contacto total con el suelo. Para la medición, el brazo a evaluar se colocó en un ángulo de 90° con respecto al tronco, manteniendo el codo pegado al cuerpo y en posición neutral, sin rotaciones, mientras que la

muñeca permaneció alineada con el antebrazo. El participante sostuvo firmemente el asa del dinamómetro con la mano correspondiente y, siguiendo las instrucciones, ejerció la máxima fuerza posible al cerrar la mano sobre el dispositivo, evitando movimientos compensatorios del tronco, hombro o brazo. Cada contracción fue sostenida entre 3 y 5 segundos para garantizar una lectura precisa del dinamómetro. La prueba se realizó tres veces por extremidad, con pausas de 30 a 60 segundos entre cada intento para minimizar la fatiga muscular. De las tres mediciones obtenidas por extremidad, se registró como valor válido el mayor resultado en kilogramos, representando así la fuerza máxima prensil del participante. Una vez completadas las mediciones en una extremidad, el procedimiento se repitió con la opuesta, asegurando el mismo protocolo. Finalmente, tras concluir la evaluación, se permitió al participante retirarse y se le agradeció su colaboración, mientras los datos recopilados fueron registrados en las hojas de trabajo correspondientes para su posterior análisis.

Tabla 21. Valores Normales de Fuerza Prensil; por rango de edad (derecho e izquierdo) utilizando Dinamometría manual.

Edad	Masculino			Femenino		
	DÉBIL	NORMAL	FUERTE	DÉBIL	NORMAL	FUERTE
20 - 24	<36.8	36.8 - 56.6	>56.6	<21.5	21.5 - 35.3	>35.3
25 - 29	<37.7	37.7 - 57.5	>57.5	<25.6	25.6 - 41.4	>41.4
30 - 34	<36.0	36.0 - 55.8	>55.8	<21.5	21.5 - 35.3	>35.3
35 - 39	<35.8	35.8 - 55.6	>55.6	<20.3	20.3 - 34.1	>34.1
40 - 44	<35.5	35.5 - 55.3	>55.3	<18.9	18.9 - 32.7	>32.7
45 - 49	<34.7	34.7 - 54.5	>54.5	<18.6	18.6 - 32.4	>32.4
50 - 54	<32.9	32.9 - 50.7	>50.7	<18.1	18.1 - 31.9	>31.9
55 - 59	<30.7	30.7 - 48.5	>48.5	<17.7	17.7 - 31.5	>31.5

60 - 64	<30.2	30.2 - 48.0	>48.0	<17.2	17.2 - 31.0	>31.0
65 - 69	<28.2	28.2 - 44.0	>44.0	<15.4	15.4 - 27.2	>27.2
70 - 99	<21.3	21.3 - 35.1	>35.1	<14.7	14.7 - 24.6	>24.6

Fuente: American College of Sports Medicine. Second Edition. 2017.



Figura 4. Dinamómetro manual marca Jamar.

2.5.6. PRUEBA DE EVALUACIÓN DE TASA METABÓLICA EN REPOSO POR CALORIMETRÍA INDIRECTA

El protocolo para medir la tasa metabólica en reposo (TMR) en atletas de halterofilia mediante calorimetría indirecta se desarrolló considerando las características específicas de esta población. Antes de la prueba, se instruyó a los atletas para cumplir con las siguientes condiciones previas: abstenerse de consumir alimentos, bebidas (excepto agua), suplementos deportivos y estimulantes (como cafeína) durante al menos 12 horas. También se les indicó

evitar actividades físicas intensas en las 24 horas previas al procedimiento para minimizar alteraciones metabólicas residuales.

La evaluación se realizó en una sala con temperatura controlada (22-24 °C) y baja humedad, garantizando un entorno estandarizado. Los atletas descansaron en posición supina sobre una camilla cómoda durante un período mínimo de 20 minutos antes de iniciar la medición. Durante este tiempo, se les solicitó permanecer relajados y en silencio para alcanzar un estado metabólico basal.

El equipo utilizado fue un carro metabólico de alta precisión calibrado previamente al inicio de la sesión. Se colocó una mascarilla hermética conectada al sistema de análisis de gases respiratorios, verificando que estuviera bien ajustada para evitar fugas. El dispositivo midió el consumo de oxígeno (VO_2) y la producción de dióxido de carbono (VCO_2) en tiempo real.

La medición tuvo una duración de entre 20 y 30 minutos, durante los cuales se monitorizó la estabilidad de los valores registrados. Se observaron parámetros como el cociente respiratorio (RQ) para asegurar que los datos reflejaran el metabolismo en reposo. Si se detectaron fluctuaciones excesivas, se extendió el período de registro hasta obtener datos consistentes.

Al finalizar, los valores promedio de VO_2 y VCO_2 se analizaron mediante la ecuación de Weir, que permitió calcular la TMR en kilocalorías diarias. Los resultados obtenidos proporcionaron una base confiable para diseñar estrategias

nutricionales y de entrenamiento adaptadas a las necesidades metabólicas de los atletas de halterofilia

Finalmente, se ofreció a los atletas un período de recuperación antes de reincorporarse a sus actividades habituales (Hernández, M. P., & López, R. S., 2023). Cada participante debe cumplir con los siguientes criterios que se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 22. Criterios que debe cumplir cada participante para realizar la medición de la tasa metabólica en reposo.

CRITERIO	PARTICIPANTE
Ayuno	Mínimo de 4-5 horas después de una comida liviana, en quienes no es apropiado un ayuno prolongado.
Ingestión de Alcohol	Abstención mínima de 24 horas
Uso de Nicotina	Abstención mínima de 24 horas
Ingestión de cafeína	Abstención mínima de 24 horas
Periodo de Reposo	De 10-20 minutos antes de la prueba
Restricción de Actividad Física	Abstención de ejercicio aeróbico moderado o ejercicios anaeróbicos, mínimo 2 horas antes de la prueba y de 14 horas, en personas que practican ejercicios de resistencia e intensidad vigorosa.
Condiciones Ambientales	Temperatura entre 20-25°C, condiciones confortables.
Estado de equilibrio (Steady-state)-condicione e intervalos	Descartar los 5 minutos iniciales, luego alcanzar un periodo de 5 minutos con, $\leq 10\%$ CV para la producción de oxígeno (VO_2) y de dióxido de carbono (VCO_2).
Número de Mediciones en 24horas posible	Lo ideal alcanzar el estado de equilibrio en una medición, sino es posible 2-3 mediciones no consecutivas mejoran la precisión.
Variación en la repetición, alrededor del 10% de repeticiones	3-5 % en las primeras 24 horas, después de semanas o meses.
Cociente Respiratorio	QR < 0.7 o > 1.0 sugieren incumplimiento del protocolo o imprecisión en la medición de los gases.

Fuente: Compher C, Frankenfield D, Keim N, Roth-Yousey L. Best Practice methods apply to measurement of resting metabolic rate in adults: a systematic review. Am J DAssoc. 2006; 106:881-903.

A cada participante se le realizará un cotejo de cumplimiento de los requisitos previos, una vez se cumplan con los mismos y se cumplan las condiciones ambientales, se procede a iniciar la prueba. El participante deberá estar acostado en reposo por 10-20 minutos, se le conectará el soporte de la máscara en la cabeza, la máscara de VO₂ máximo y la turbina, utilizando para ello los clips blancos. Se debe cerciorar que la máscara este bien fija, para ello se debe tirar de los elásticos del soporte para eliminar posibles pérdidas. La máscara debe sellarse perfectamente a la cara del sujeto.

Una vez colocado los implementos, se le pide que permanezca quieto por 5-10 minutos. Se descartan los primeros 5 minutos de la prueba, y posterior a estos se recogen los datos del sujeto, por un intervalo de 20 minutos. En la pantalla del Quark CPET, se observarán los datos del paciente en tiempo real. Entre ellos: Consumo de oxígeno, Volumen de dióxido de carbono producido, Frecuencia cardíaca, Frecuencia ventilatoria, Sustratos oxidados (carbohidratos, grasas y proteínas), Cociente respiratorio, RMR (kcal/día). Una vez terminada la prueba se debe cerrar la válvula y perrilla del tanque del gas. Posteriormente cada dato de cada atleta quedará en la memoria interna del sistema del Quark CPET para su análisis posterior (QUARK PFT, QUARK CPET, QUARK SPIRO. Manual de Usuario. COSMED The Metabolic Company).

Tabla 23. Valores Normales Promedio de la TMR (Tasa Metabólica en Reposo) en hombres y mujeres por grupos de edad.

Grupo	Edad (años)	TMR promedio (kcal/día)	RQ promedio	Explicación Fisiológica
Hombres	18-30	1,800 - 2,200	0.80 - 0.85	Los hombres tienen una mayor masa muscular y menos grasa corporal, lo que eleva su TMR. El RQ indica un metabolismo mixto de grasas y carbohidratos en reposo. La mayor actividad de las mitocondrias en el tejido muscular contribuye al consumo energético constante.
	31-50	1,700 - 2,100	0.80 - 0.85	Con la edad, la pérdida gradual de masa muscular disminuye la TMR. Sin embargo, la actividad física y el entrenamiento de fuerza pueden mitigar esta pérdida. El RQ permanece estable, a menos que haya cambios drásticos en la dieta o enfermedades metabólicas.
	51-70	1,600 - 2,000	0.78 - 0.82	La sarcopenia y un menor nivel de actividad física reducen la TMR. El RQ puede bajar ligeramente debido al aumento en el uso de grasas como fuente de energía en individuos con menos actividad glucolítica.
	>70	1,500 - 1,800	0.78 - 0.80	La pérdida muscular y la eficiencia metabólica mitocondrial son notorias, reduciendo la TMR. El metabolismo basal se ajusta a las menores demandas energéticas. El RQ disminuye aún más si la dieta se basa en grasas debido a cambios en la oxidación de sustratos.
Mujeres	18-30	1,500 - 1,800	0.80 - 0.85	Las mujeres tienen menor masa muscular y mayor grasa corporal en comparación con los hombres, lo que explica su TMR más baja. El RQ indica un metabolismo equilibrado entre carbohidratos y grasas en reposo. La actividad de las hormonas sexuales (estrógeno y progesterona) también influye en el metabolismo basal.

	31-50	1,400 - 1,700	0.80 - 0.85	Cambios hormonales relacionados con la perimenopausia y menopausia disminuyen la TMR. El RQ tiende a mantenerse constante, pero puede alterarse si la dieta o el ejercicio cambian significativamente.
	51-70	1,300 - 1,600	0.78 - 0.82	La pérdida de estrógenos después de la menopausia disminuye la TMR, ya que afecta la distribución de la grasa y el metabolismo muscular. El RQ puede disminuir ligeramente, indicando un mayor uso de grasas como fuente de energía.
	>70	1,200 - 1,500	0.75 - 0.78	En esta etapa, la sarcopenia, la reducción de la actividad física y los cambios hormonales contribuyen a una TMR baja. El RQ más bajo refleja una dependencia más alta del metabolismo de las grasas, lo que se observa en muchos adultos mayores.

2.6. PRUEBAS PARA EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS

Una vez que se recolectaron los datos necesarios para el estudio, se procedió a realizar una verificación inicial de las características estadísticas de los datos. Este paso fue crucial para determinar si cumplían con los criterios de normalidad y homogeneidad de varianza, dos requisitos indispensables para aplicar análisis estadísticos paramétricos.

Para comprobar la normalidad de los datos, se utilizó la prueba estadística de Shapiro-Wilk, que es ampliamente reconocida por su sensibilidad y precisión al evaluar si los datos siguen una distribución normal. Una distribución normal es aquella donde los datos se distribuyen de manera simétrica alrededor de un promedio, siguiendo la forma de una campana. Este análisis fue fundamental

porque muchas pruebas estadísticas paramétricas asumen que los datos tienen esta distribución.

Adicionalmente, se evaluó la homogeneidad de varianza (también conocida como homocedasticidad), un criterio que implica que las dispersiones o variaciones de los datos son similares entre los grupos estudiados. Para este propósito, se aplicó la prueba de Levene, una herramienta específica que permite identificar si existen diferencias significativas en la variabilidad de los datos entre los grupos analizados. Este paso fue esencial para garantizar que las comparaciones entre grupos fueran válidas y precisas.

Si ambos supuestos, normalidad y homogeneidad de varianza, se cumplían, entonces se procedía a realizar los análisis estadísticos utilizando correlaciones de Spearman. Esta prueba paramétrica mide la relación lineal entre dos variables, permitiendo identificar si existe una asociación significativa y en qué dirección ocurre (positiva o negativa).

En los casos en que los datos no cumplieran con los supuestos de normalidad o homogeneidad de varianza, se optó por utilizar pruebas no paramétricas, las cuales no requieren que los datos sigan una distribución normal. Por ejemplo, se emplearon correlaciones de Spearman, una prueba no paramétrica que mide la relación entre dos variables ordinales o no lineales, lo que la hace adecuada para datos que no cumplen los criterios paramétricos.

De forma simultánea, y aprovechando los datos obtenidos, se utilizaron modelos lineales generalizados (GLM). Este enfoque estadístico es muy versátil porque no asume una distribución específica para los datos, lo que lo convierte en una herramienta eficaz para analizar asociaciones entre múltiples variables. Los GLM permitieron evaluar la relación entre diferentes variables con mayor fiabilidad, especialmente cuando se trabajó con más de dos variables, aumentando así la validez de las conclusiones obtenidas.

En resumen, este procedimiento garantizó que los análisis estadísticos fueran adecuados a las características específicas de los datos, maximizando la precisión y confiabilidad de los resultados. El enfoque detallado permitió identificar relaciones clave entre las variables estudiadas, proporcionando información robusta y bien fundamentada para las interpretaciones del estudio.

CAPITULO 3
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presentan, analizan e interpretan los resultados obtenidos en la investigación titulada **Relación del rendimiento físico con la tasa metabólica en reposo, la fuerza y la masa muscular en la selección panameña de halterofilia, año 2022–2023**. El propósito central de este apartado es examinar la relación existente entre el rendimiento físico y los indicadores fisiológicos asociados al metabolismo y a la composición corporal, particularmente la tasa metabólica en reposo, la masa muscular y la fuerza muscular, en atletas que integran la selección nacional de halterofilia durante el período de estudio. Este análisis permite comprender de manera integral cómo determinados factores fisiológicos y antropométricos influyen en el desempeño deportivo en una disciplina caracterizada por la producción de fuerza máxima y potencia muscular.

La halterofilia es un deporte de alto rendimiento en el que el éxito competitivo depende en gran medida de la interacción entre diversos componentes fisiológicos, tales como la masa muscular, la capacidad neuromuscular y el metabolismo energético. En este contexto, la tasa metabólica en reposo representa un indicador relevante del gasto energético basal del organismo y está estrechamente vinculada con la cantidad de masa magra presente en el cuerpo. De igual manera, la fuerza muscular y la masa muscular constituyen variables fundamentales para la generación de potencia y la ejecución eficiente de los movimientos técnicos propios de esta disciplina. Por esta razón, comprender la relación entre estas variables y el rendimiento físico resulta esencial para optimizar los procesos de entrenamiento, planificación deportiva y control fisiológico de los atletas de alto nivel.

La presentación de los resultados se estructura de acuerdo con los objetivos específicos planteados en la investigación, lo que permite organizar de forma sistemática el análisis de las variables estudiadas. En primer lugar, se describe el perfil antropométrico y metabólico de los atletas, tomando en consideración factores como el sexo, la categoría de peso y la edad deportiva. Esta caracterización inicial permite contextualizar las condiciones físicas de los

deportistas evaluados y establecer un punto de partida para la interpretación de los resultados posteriores.

Posteriormente, se analizan los parámetros fisiológicos basales y las variables de rendimiento físico, con el propósito de identificar las características funcionales de los atletas incluidos en el estudio. Esta etapa del análisis proporciona una visión general del estado fisiológico de los deportistas y permite establecer comparaciones entre las diferentes variables medidas.

Asimismo, se examina la asociación entre la composición corporal y la tasa metabólica en reposo, considerando indicadores como el índice de masa corporal, la masa magra y el porcentaje de grasa corporal. Este análisis resulta particularmente relevante debido a que la masa magra, especialmente el tejido muscular, representa uno de los principales determinantes del metabolismo basal, lo cual puede tener implicaciones directas en el rendimiento físico y en la capacidad de recuperación del atleta.

De igual manera, el capítulo aborda la relación entre el rendimiento físico y la tasa metabólica en reposo, así como la interacción entre el rendimiento, la masa muscular y la fuerza muscular. Estas variables poseen una estrecha relación en los deportes de fuerza y potencia, donde el desarrollo de la musculatura esquelética y la capacidad de generar altos niveles de fuerza constituyen factores determinantes para alcanzar altos niveles de desempeño competitivo.

Finalmente, se evalúan las diferencias en el rendimiento físico entre atletas que presentan distintos niveles de metabolismo basal, clasificados como lento, normal o acelerado. Este análisis permite explorar si las variaciones en el gasto energético basal pueden influir en el rendimiento deportivo y en la capacidad fisiológica de los levantadores de pesas, aportando evidencia que podría ser útil para la individualización de los programas de entrenamiento y la planificación nutricional.

La discusión de los resultados se desarrolla a partir de la interpretación fisiológica y estadística de los hallazgos, contrastándolos con la evidencia científica

disponible en el campo de la fisiología del ejercicio, la antropometría deportiva y el rendimiento en deportes de fuerza. De esta manera, el capítulo no solo presenta los datos obtenidos, sino que también busca explicar las posibles razones de las relaciones observadas entre las variables estudiadas, contribuyendo así a ampliar el conocimiento sobre los factores que influyen en el rendimiento físico de atletas de halterofilia en el contexto del deporte de alto rendimiento.

3.1. Resultados Generales

Tabla 24. Clasificación Metabólicas de los Atletas de la Selección Panameña de Halterofilia.

SEXO	EDAD	ALTURA (cm)	PESO (Kg)	IMC	Clasificación Metabólica.	
					TMR	
M	50.00	175.00	84.00	27.40	1826.00	NORMAL
M	35.00	168.00	70.00	24.80	1494.00	NORMAL
M	22.00	169.00	67.00	23.50	1336.00	LENTO
M	32.00	148.00	53.00	24.20	1369.00	NORMAL
M	37.00	181.00	111.00	33.90	1893.00	LENTO
M	22.00	185.00	80.00	23.40	2176.00	NORMAL
M	19.00	169.00	91.40	32.00	1872.00	NORMAL
M	19.00	165.00	59.90	22.00	1245.00	LENTO
M	18.00	176.00	76.00	24.60	1658.00	NORMAL
X	28.22	170.67	76.92	26.20	1652.11	
Ds	10.34	10.09	16.46	3.88	294.75	
F	20.00	156.00	74.00	30.40	1158.00	LENTO
F	22.00	162.00	70.00	26.70	1153.00	LENTO
F	26.00	160.00	55.00	21.50	972.00	LENTO
F	38.00	157.00	68.00	27.60	629.00	LENTO
F	34.00	166.00	78.00	28.30	1564.00	LENTO
F	19.00	162.00	75.10	28.60	1125.00	LENTO
F	19.00	151.10	51.70	22.70	1004.00	LENTO
X	25.43	159.16	67.40	26.54	1086.43	
Ds	7.12	4.52	9.43	3.01	258.63	

**DISTRIBUCION DE PORCENTAJE DE
ATLETAS DE LA SELECCION PANAMEÑA DE
HALTEROFILIA**

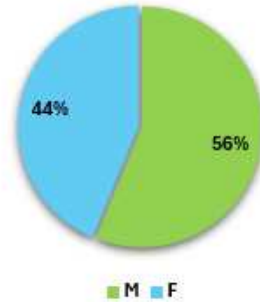


Figura 5. Distribución Porcentual por Sexo de los Atletas de la Selección Panameña de Halterofilia.

**Edad de los Atletas de la Selección Panameña de
Halterofilia, año 2022 -2023**

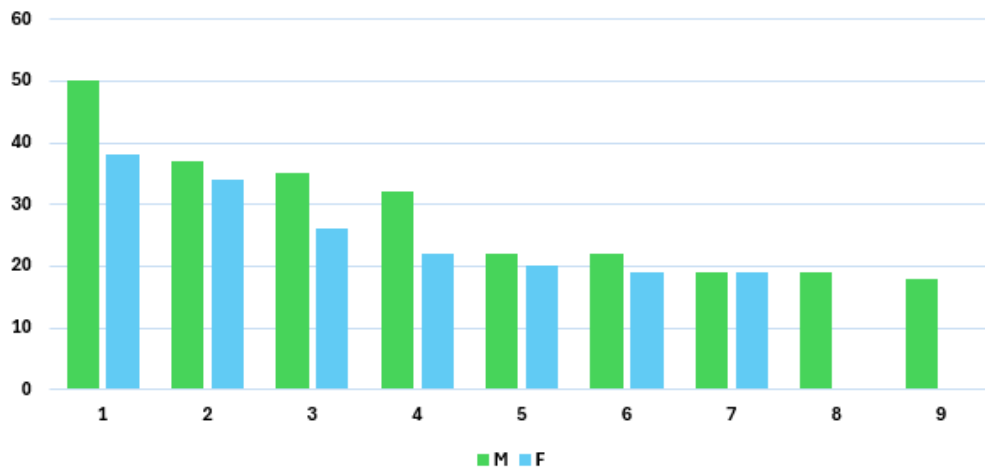


Figura 6. Distribución de la edad según sexo en atletas de la Selección Panameña de Halterofilia.

Tasa Metabólica en Repos de la Selección Panameña de Halterofilia (2022 - 2023) por sexo

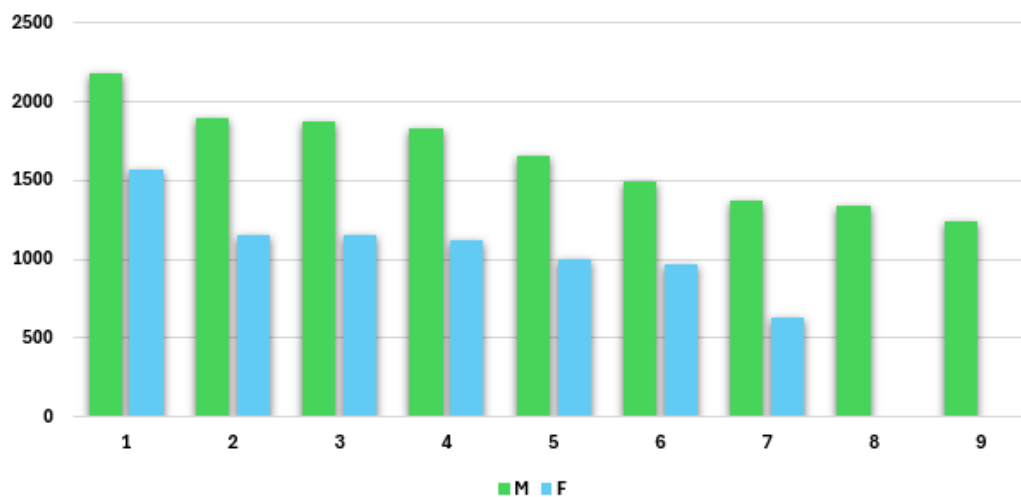


Figura 7. Tasa metabólica en reposo (por Sexo) de los Atletas de la Selección Panameña de Halterofilia.

Clasificación de Tasa Metabolica en Reposo de los Atletas de la Seleccion Panameña de Halterofilia (2022 , 2023) por Sexo.

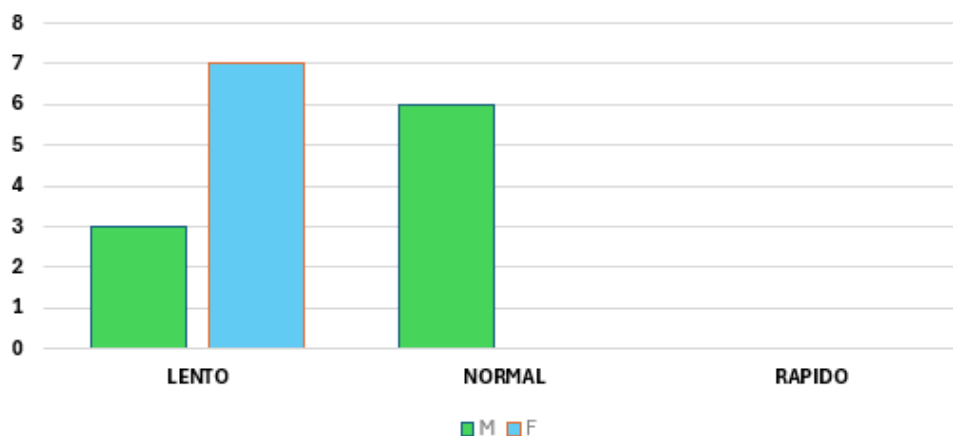


Figura 8. Clasificación de la TMR de acuerdo con el sexo en atletas de la Selección Nacional de Halterofilia.

Índice de Masa Corporal (IMC) de los Atletas de la Selección Panameña de Halterofilia (2022, 2023) por Sexo.

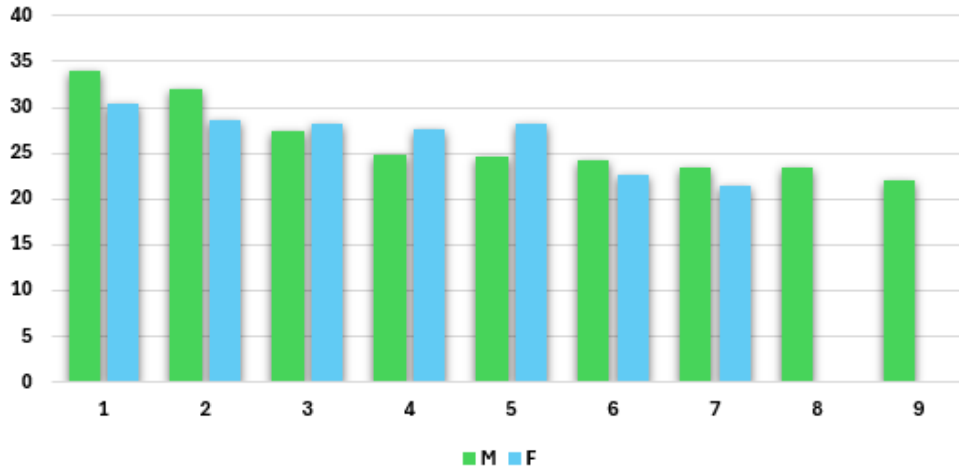


Figura. 9. Índice de Masa Corporal de los Atletas de la Selección Panameña de Halterofilia.

Estatura (CM) de los Atletas de la Selección Panameña de Halterofilia (2022, 2023) por Sexo.

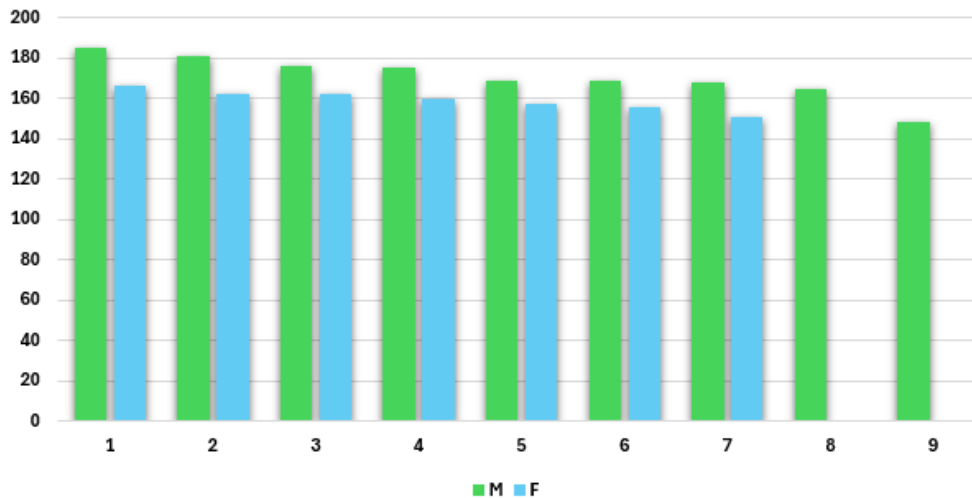


Figura. 10. Índice de Masa Corporal de los Atletas de la Selección Panameña de Halterofilia.

3.2. Hallazgos Fisiológicos

En la Tabla 24 se presentan la clasificación metabólica de los 16 atletas de la selección panameña de halterofilia; de los cuales 9 son de sexo masculino y 7 de sexo femenino. En términos de características generales, se observó que los hombres presentaron una edad promedio de 28.22 años, con una dispersión amplia que va desde jóvenes de 18 hasta adultos de 50 años. La estatura promedio fue de 170.67 cm y el peso corporal de 76.92 kg, con un índice de masa corporal (IMC) promedio de 26.20 Kg/m².

Por otro lado, las variables metabólicas muestran lo siguiente: El metabolismo basal promedio (TMR) en los hombres fue de 1652.11 kcal, con una desviación estándar (294.75); acompañado de valores de VO₂ (232.33) y VCO₂ (219.89)

reflejando un gasto energético considerable en reposo, relativamente altos en comparación con las mujeres, lo cual se relaciona con la mayor masa muscular que caracteriza al sexo masculino. Estos hallazgos son consistentes con Jagim et al. (2023), quienes reportaron que los atletas masculinos presentan una tasa metabólica basal significativamente mayor que las mujeres, principalmente debido a una mayor masa corporal y masa libre de grasa, aunque al normalizar por masa magra las diferencias disminuyen significativamente. Además, Dommel et al. (2022) observaron que los hombres tienden a mantener menor porcentaje de grasa corporal que las mujeres incluso durante períodos de inactividad, lo que contribuye a una mayor eficiencia metabólica basal. La clasificación metabólica

predominante en el grupo masculino fue normal, aunque algunos casos se clasificaron como metabolismo lento, posiblemente asociados a exceso de peso o menor eficiencia en el consumo de oxígeno.

El grupo femenino presentó una edad promedio más baja, de 25.4 años, con menor variabilidad, lo que indica mayor homogeneidad etaria. En términos antropométricos, las mujeres presentaron una estatura promedio de 159.2 cm y un peso de 67.4 kg, generando un IMC de 26.5, también en rango de sobrepeso leve y bastante similar al de los hombres, aunque con una dispersión menor (± 3.0). Esto sugiere que, a diferencia de los hombres, las atletas femeninas mantienen proporciones corporales más consistentes entre sí. El metabolismo basal promedio fue más bajo (1086 kcal), lo cual se asocia no solo a la menor talla y masa corporal, sino también a las diferencias fisiológicas de sexo en el gasto energético en reposo. La totalidad de las atletas femeninas fueron categorizadas con metabolismo lento, que se relaciona con una menor producción y consumo de energía, hallazgos que son respaldados por los estudios de Bittencourt et al. (2023) y Herrera-Amante et al. (2023).

La comparación entre ambos grupos indica que, aunque atletas de sexo masculino y atletas de sexo femenino presentan IMC similares, los perfiles metabólicos muestran contrastes importantes: los hombres tienen un metabolismo basal más activo, con predominio de una clasificación normal, mientras que las mujeres se agrupan homogéneamente en la categoría de metabolismo lento. Este hallazgo puede afectar el rendimiento deportivo, dado que un metabolismo lento podría limitar la eficiencia en la utilización de sustratos energéticos durante el

ejercicio. (Poma, 2023). Estudios respaldan estos resultados: Mansour et al. (2021) demostraron que las diferencias en composición corporal entre hombres y mujeres influyen en el rendimiento físico, especialmente en fuerza y potencia, mientras que Joyner (2025) destaca que las diferencias fisiológicas, hormonales y de masa corporal entre sexos justifican la necesidad de enfoques diferenciados en entrenamiento y nutrición para optimizar el rendimiento. Fields et al. (2024) enfatizan que, al estandarizar la TMR por masa magra, las diferencias entre sexos disminuyen, lo que explica que, a pesar de IMC similares, los hombres mantengan un gasto energético basal más alto que las mujeres.

La aparente presencia de un metabolismo lento en algunos atletas de fuerza puede explicarse por diversos factores fisiológicos y adaptativos. En primer lugar, el IMC no refleja la composición corporal real, ya que no distingue entre masa grasa y masa muscular, por lo que atletas con alta masa magra pueden mostrar un gasto energético basal reducido debido a una mayor eficiencia energética o predisposición genética (Zhao & Gao, 2024; Ferrara et al., 2023). Esta eficiencia se relaciona con adaptaciones mitocondriales propias del entrenamiento, como la remodelación de cardiolipinas y la activación simultánea de las vías mTOR y PGC-1 α , que optimizan tanto la síntesis proteica como la biogénesis mitocondrial (PoWeR, 2025).

El predominio de fibras musculares tipo IIa en halterófilos contribuye también a un menor VO_2 y una TMR reducida, ya que estas fibras, aunque poseen una elevada tasa respiratoria bajo esfuerzo, presentan menor gasto energético en reposo

(Serrano et al., 2019; Fast Twitch, 2023). Además, el entrenamiento de fuerza genera un uso más eficiente de sistemas anaeróbicos como el ATP-PCr, permitiendo un gran rendimiento en esfuerzos máximos con menor coste metabólico en reposo.

La genética y la regulación hormonal influyen notablemente en estas diferencias. Cerca del 45 % de la distribución de fibras musculares es hereditaria, y hormonas como tiroxina, leptina, cortisol y testosterona modulan la TMR, pudiendo atenuar la hipertrofia y la termogénesis en algunos atletas. La termogénesis adaptativa actúa como un mecanismo evolutivo y deportivo que mejora la eficiencia energética, conservando calorías en reposo para maximizar el rendimiento competitivo (Frontiers in Physiology, 2025). Sin embargo, cuando estas adaptaciones se combinan con perfiles hormonales menos estimuladores, se genera un círculo vicioso que limita el aumento de masa muscular, reduce aún más la TMR y dificulta la mejora de la composición corporal, afectando el rendimiento y la salud metabólica (Cruz & Peña, 2021; Méndez et al., 2019; Vargas et al., 2020).

Tabla 25. Composición Corporal y Edad Metabólica en Atletas de Halterofilia Masculinos y Femeninos.

Sexo	IMC	% grasa	Masa muscular	Masa magra	% ACT	%Grasa Visceral	Edad Cron.	Edad Met.
M	27.40	11.00	58.60	65.70	61.30	4.00	50.00	20.00
M	24.80	10.00	59.60	62.70	61.30	3.00	35.00	20.00
M	23.50	12.30	55.90	58.80	61.10	1.00	22.00	12.00
M	24.20	11.50	44.90	47.30	63.50	3.00	32.00	16.00
M	33.90	21.90	82.50	86.70	54.70	9.00	37.00	33.00
M	23.40	8.10	69.60	73.20	63.20	1.00	22.00	12.00
M	32.00	20.90	68.70	72.30	57.20	6.00	19.00	28.00
M	22.00	7.10	52.80	55.60	66.30	1.00	19.00	12.00
M	24.60	15.50	61.20	64.40	59.20	2.00	18.00	13.00
X	26.20	13.14	61.53	65.19	60.87	3.33	28.22	18.44
DS	3.88	4.96	10.29	10.73	3.27	2.53	10.34	7.21
F	30.40	36.10	44.80	47.20	49.50	5.00	20.00	35.00
F	26.70	11.50	58.40	61.50	62.90	2.00	22.00	12.00
F	21.50	19.10	42.30	44.60	57.90	1.00	26.00	12.00
F	27.60	26.90	47.00	49.50	52.30	4.00	38.00	28.00
F	28.30	33.70	49.10	51.70	48.60	5.00	34.00	44.00
F	28.60	19.00	44.70	47.10	48.60	4.00	19.00	34.00
F	22.70	20.20	39.20	41.30	57.30	1.00	19.00	12.00
X	26.54	23.79	46.50	48.99	53.87	3.14	25.43	25.29
DS	3.01	8.17	5.67	5.96	5.16	1.64	7.12	12.29

En la Tabla 25 se presentan Los resultados de composición corporal de los 16 atletas de la Selección Panameña de Halterofilia; de los cuales 9 son de sexo masculino y 7 de sexo femenino. En términos de características generales, se observó que los hombres presentan un IMC promedio de 26,20 (\pm 3,88) con un porcentaje de grasa corporal de 13,1 (\pm 4,97%), masa muscular de 61,5 (\pm 10,3 kg) y masa magra de 65,2 (\pm 10,7 kg), junto con un porcentaje de agua corporal total (ACT) del 60,9% (\pm 3,27 %) y masa ósea de 4,5 (\pm 0,64 kg), traduciéndose en una

edad metabólica promedio de 18,4 años ($\pm 7,21$ años) y un metabolismo basal de 1652,11 kcal/día. Por su parte, las 7 atletas de sexo femenino presentaron un IMC similar ($26,5 \pm 3,01$) pero con un porcentaje de grasa significativamente mayor ($23,8 \pm 8,18\%$), menor masa muscular ($46,5 \pm 5,68$ kg) y masa magra ($48,9 \pm 5,96$ kg), porcentaje de agua corporal total (ACT) de 53,87% ($\pm 5,16\%$), masa ósea de 2,49 kg ($\pm 0,29$ kg), edad metabólica de 25,29 años ($\pm 12,29$ años) y metabolismo basal de 1086 kcal/día. Los datos evidencian diferencias significativas entre hombres y mujeres, atribuibles a factores biológicos inherentes que afectan la distribución de masa muscular, grasa corporal y la respuesta al entrenamiento (Hunter et al., 2023; Landen et al., 2023). En los 9 atletas de sexo masculino evaluados, se observó estas diferencias y reflejan la dimorfia sexual característica; ya que en los hombres (sexo masculino), los niveles elevados de testosterona y la mayor proporción de fibras musculares de contracción rápida favorecen la hipertrofia y la capacidad de generar fuerza y potencia (Hunter et al., 2023; Landen et al., 2023). mientras que, en mujeres, los estrógenos promueven la acumulación de grasa subcutánea, especialmente en la región glútea y femoral, asociándose con menor fuerza absoluta, pero ventajas metabólicas como menor riesgo cardiovascular (Alser et al., 2024). Se observó además que el Índice de Masa Muscular (IMC) elevado en atletas, que osciló entre 22 y 33,9 kg/m², refleja principalmente masa muscular y no exceso de grasa, evidenciando la limitación del IMC en poblaciones con hipertrofia muscular (Marques-Vidal et al., 2021; Santos et al., 2022). La grasa visceral promedio fue de 3,37% en hombres y 2,49% en mujeres, mientras que la mayor masa ósea en hombres proporciona estabilidad y resistencia durante los levantamientos (Lai et al., 2020; Lee et al., 2021). Se

observó una relación inversa entre masa muscular y porcentaje de grasa corporal, consistente con estudios que muestran que el entrenamiento de fuerza incrementa la masa magra y reduce el tejido adiposo, mejorando la eficiencia metabólica (Silva et al., 2023; da Silva et al., 2021). En los resultados de las mujeres, la mayor masa muscular y masa magra se asoció con menor edad metabólica y mayor Agua Corporal Total (ACT kg), mientras que mujeres con grasa superior al 30% presentaron edades metabólicas más altas y menor eficiencia funcional, sugiriendo que el exceso de adiposidad compromete el rendimiento a pesar de mantener masa muscular aceptable (Gacesa et al., 2024; Bachero-Mena et al., 2021; Monteiro et al., 2022).

En los hombres, niveles elevados de testosterona, que aumentan significativamente durante la pubertad, favorecen el desarrollo de masa muscular y fuerza (Hunter et al., 2023). Esta hormona promueve la síntesis de proteínas musculares y la hipertrofia, contribuyendo a una mayor masa muscular en comparación con las mujeres (Hunter et al., 2023). Además, los hombres presentan una mayor proporción de fibras musculares de contracción rápida, lo que les permite generar más fuerza y potencia (Landen et al., 2023). En contraste, las mujeres tienen una mayor cantidad de tejido adiposo subcutáneo, especialmente en las regiones glútea y femoral, debido a la influencia de estrógenos, que favorecen la acumulación de grasa en estas áreas (Alser et al., 2024). Esta distribución de grasa no solo es una característica sexual secundaria, sino que también está asociada con menores riesgos metabólicos, como resistencia a la insulina y enfermedades cardiovasculares (Alser et al., 2024).

Aunque estas diferencias biológicas y fisiológicas impactan en el rendimiento, las mujeres también presentan adaptaciones específicas al entrenamiento de fuerza, como una mayor eficiencia en la utilización de grasas como fuente de energía durante el ejercicio (Hunter et al., 2023). Estas adaptaciones les permiten competir eficazmente en halterofilia, aunque con una menor capacidad para generar fuerza absoluta en comparación con los hombres (Hunter et al., 2023). En resumen, las diferencias en la composición corporal entre sexos son el resultado de complejas interacciones hormonales y genéticas que influyen en la distribución de masa muscular y grasa, afectando el rendimiento en deportes de fuerza como la halterofilia.

En conjunto, estos hallazgos destacan la importancia de la masa magra como base del rendimiento de fuerza, regulador del metabolismo basal y marcador de salud en atletas de halterofilia, mientras que las diferencias hormonales entre sexos explican las variaciones observadas en composición corporal y desempeño funcional (Kraemer et al., 2021; Ross et al., 2022; Hunter et al., 2023; Alser et al., 2024).

En los datos, observamos sujetos con IMC desde 22.0 kg/m² hasta 33.9 kg/m², pero con un porcentaje de grasa corporal bajo a moderado (7.1% a 21.9%) y masa muscular alta (44.9 a 82.5 kg); esto indica que un IMC elevado en estos casos está influenciado principalmente por la masa muscular, no por grasa, característica típica en halterófilos donde la hipertrofia muscular es clave para el rendimiento (Santos et al., 2022).

En el grupo, atletas con masa muscular alrededor de 70-80 kg tienen porcentaje (%) de grasa entre 7-15%, lo que coincide con perfiles saludables y funcionales para deportes de fuerza (da Silva et al., 2021).

El análisis de la muestra de mujeres atletas de halterofilia evidencia que una mayor masa muscular y masa magra; y se asocia consistentemente con una mejor eficiencia metabólica, una menor edad metabólica lo cual es fisiológicamente coherente dado que el tejido muscular es altamente demandante en reposo y esencial para la producción de fuerza y gasto energético (Mitchell et al., 2020; Sillanpää et al., 2023). De igual forma, Las atletas con menor porcentaje de grasa corporal (<20%) presentan edades metabólicas más bajas y mayores niveles de actividad funcional, (Gacesa et al., 2024; Bachero-Mena et al., 2021). Por el contrario, aquellas con altos porcentajes de grasa (>30%) tienden a presentar edades metabólicas elevadas y menor eficiencia funcional, a pesar de mantener niveles de masa muscular aceptables, lo que sugiere que el exceso de adiposidad compromete el rendimiento metabólico (Monteiro et al., 2022).

EL índice de masa corporal (IMC), aunque clasifica a varias atletas dentro del rango de sobrepeso, resulta limitado en este contexto, ya que no distingue entre músculo y grasa, una observación ampliamente reportada en la literatura actual que recomienda el uso de evaluaciones directas de composición corporal en deportistas (Stokes et al., 2021; Zemski et al., 2019). En conjunto, estos hallazgos destacan la importancia de la masa magra no solo como base del rendimiento de fuerza, sino también como regulador del metabolismo basal y marcador de salud en atletas de halterofilia.

Tabla 26. Dinamometría (sexo Masculino).

Masculino	Altura (cm)	Peso (Kg)	DD	Categoría	DI	Categoría
1	175.50	84.20	60	Fuerte	55	Fuerte
2	168.00	70.50	35	Débil	40	Normal
3	169.50	67.50	45	Normal	40	Normal
4	148.50	53.30	35	Débil	30	Débil
5	181.50	111.20	30	Débil	26	Débil
6	185.50	80.60	75	Fuerte	75	Fuerte
7	169.50	91.60	45	Normal	42	Normal
8	165.50	59.90	35	Débil	35	Débil
9	176.00	76.20	33	Débil	30	Débil
X	171.5	77.2	43.66		41.44	
DS	14.05	17.44	14.36		15.23	

Dinamometría Manual de los Atletas de la Selección Panameña de Halterofilia (2022, 2023) Sexo Masculino.

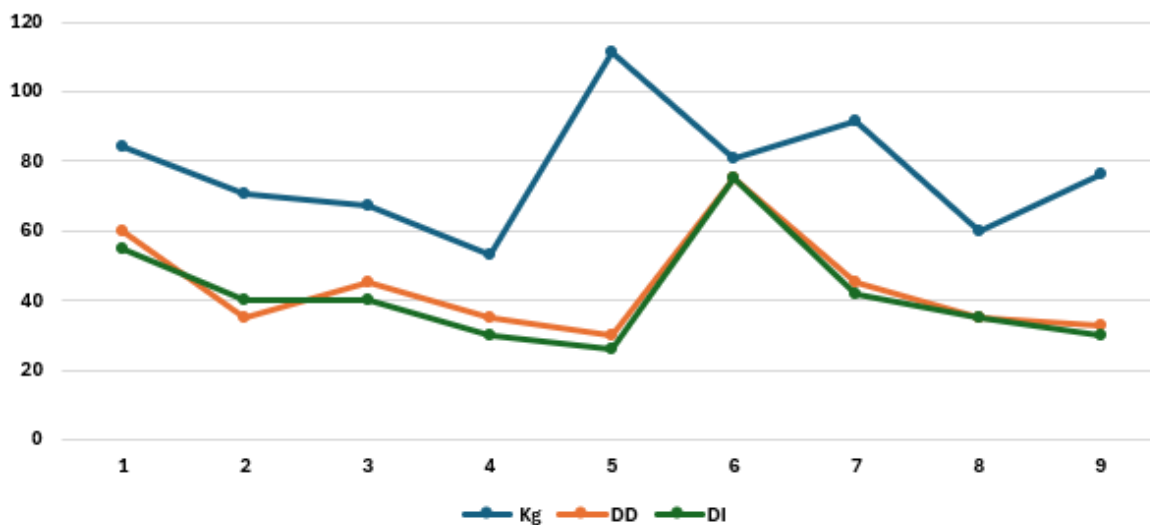


Figura. 11. Dinamometría Manual de los Atletas de la Selección Panameña de Halterofilia.

Clasificación por Categoría de Dinamometría Manual en Atletas Masculinos de la Selección Panameña de Halterofilia (2022, 2023) Sexo Masculino.

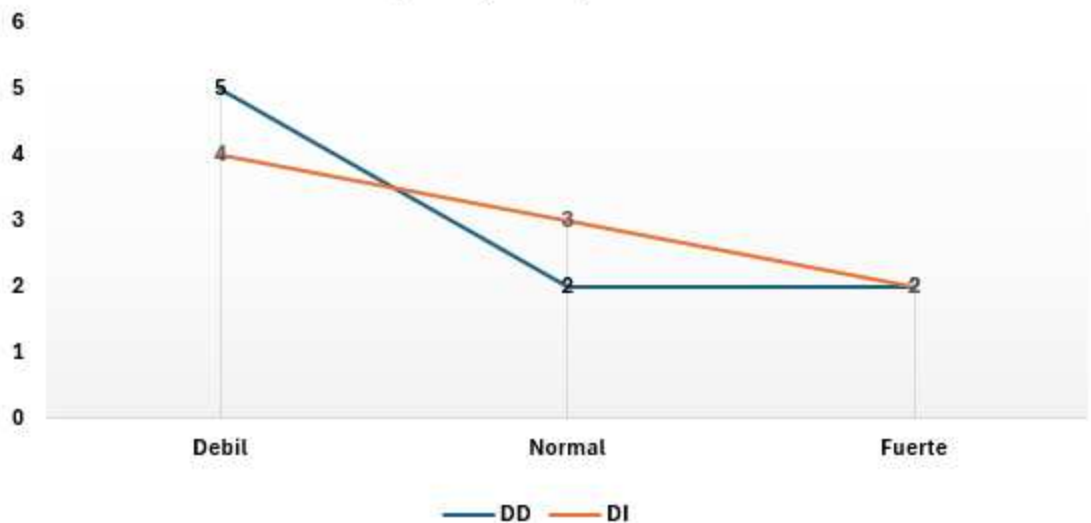


Figura. 12. Clasificación por Categoría de Dinamometría Manual de los Atletas de la Selección Panameña de Halterofilia.

En la Tabla 26 se presentan Los resultados de Dinamometría de los 9 atletas sexo masculino) de la Selección Panameña de Halterofilia. En este grupo se observa una altura promedio de 171.5 cm y un peso corporal medio de 77.2 kg, lo que corresponde a un somatotipo general robusto, característico de atletas de halterofilia. En cuanto a la dinamometría manual, el promedio del brazo derecho fue de 43.66 kg y el del brazo izquierdo de 41.44 kg, ambos dentro del rango de fuerza normal a fuerte según los estándares de referencia para deportistas de Halterofilia. La diferencia entre la fuerza prensil entre ambos brazos ambos brazos fueron mínima (2.2 kg) lo que refleja un buen equilibrio bilateral en la fuerza de

prensión, algo positivo para la estabilidad y el rendimiento técnico en levantamientos de pesas.

Los valores más altos fueron registrados por el atleta 6 (185.5 cm; 80.6 kg), quien alcanzó 75 kg en ambos brazos, clasificándose como fuerte y mostrando una excelente simetría muscular. De forma similar, el atleta 1 (175.5 cm; 84.2 kg) también obtuvo valores elevados (60 y 55 kg), ubicándose igualmente en la categoría fuerte.

En contraste, los valores más bajos correspondieron a los atletas 4 y 5, con dinamometrías entre 26 y 35 kg, clasificados como débiles, a pesar de que uno de ellos (5) presenta un peso corporal alto (111.2 kg). Esto sugiere que el exceso de masa corporal no siempre se traduce en mayor fuerza funcional o eficiencia muscular.

La desviación estándar fue moderadamente alta (14 kg), indicando una heterogeneidad considerable en el nivel de fuerza entre los participantes. Esto podría deberse a diferencias en la categoría de peso, nivel de entrenamiento o especialidad técnica dentro del equipo (arranque o envión).

Resultados clave y hallazgos fisiológico:

3.2.1. Asimetría bilateral: Los datos indican que, en promedio, la fuerza de prensión en la mano derecha (43.67 kg) es superior a la de la mano izquierda (41.44 kg). Esta asimetría se atribuye a la lateralidad natural y al uso predominante de la mano dominante en las actividades cotidianas y deportivas (Gacesa et al.,

2024; Smith et al., 2024). Fisiológicamente, este fenómeno se debe a una mayor activación neuromuscular y un desarrollo muscular más robusto en la extremidad dominante, como resultado del entrenamiento repetitivo y la sobrecarga constante (Stokes et al., 2021).

3.2.2. Correlación con la composición corporal: Se observa una fuerte relación entre la fuerza de prensión y la composición corporal de los atletas. Aquellos con mayor masa corporal y estatura, como el Atleta 6 (185.5 cm, 80.6 kg), demostraron valores de fuerza considerablemente más altos (75 kg en ambas manos), categorizados como Fuerte. Esto concuerda con la literatura científica, que ha demostrado que la masa magra activa es un factor determinante en la producción de fuerza absoluta, ya que una mayor sección transversal del músculo permite generar más tensión (Mitchell et al., 2020; Gacesa et al., 2024). De forma similar, una mayor estatura puede influir en la longitud de las palancas biomecánicas, lo que también contribuye a la capacidad de fuerza (Stokes et al., 2021).

3.2.3. Fuerza explosiva y coordinación de todo el cuerpo, la fuerza de prensión es solo una de las muchas variables que determinan el rendimiento. Estudios recientes han señalado que, si bien el agarre es crucial para la estabilidad de la barra, la fuerza del tren inferior y del core son predictores más significativos en levantamientos como el snatch y el clean and jerk (Wang et al., 2022; Chen et al., 2022). Por lo tanto, la evaluación de la fuerza debe ser integral y complementarse con otras pruebas para obtener una visión completa del rendimiento. Los resultados de la dinamometría en atletas de halterofilia no solo reflejan la asimetría intrínseca de la fuerza debido a la dominancia manual, sino que también subrayan

la fuerte relación entre la fuerza de prensión, la composición corporal y el grado de entrenamiento. Este análisis resalta la importancia de monitorear la fuerza de forma bilateral para identificar posibles desequilibrios y optimizar los programas de entrenamiento para prevenir lesiones y maximizar el rendimiento.

Tabla 27. Dinamometría (sexo Femenino).

Femenino	Altura (cm)	Peso (kg)	DD	Categoría	DI	categoría
1	156.00	74.80	32	Normal	32	Normal
2	162.00	70.50	35	Normal	30	Normal
3	160.00	55.70	60	Fuerte	40	Normal
4	157.00	68.60	40	Fuerte	35	Fuerte
5	166.00	78.70	49	Fuerte	45	Fuerte
6	162.00	75.10	31	Normal	26	Normal
7	151.10	51.70	28	Normal	28	Normal
X	159.4	67.60	39.28		33.71	
DS	5.41	9.52	10.63		6.29	

Dinamometría Manual en grupo Femenino de la Selección Panameña de Halterofilia

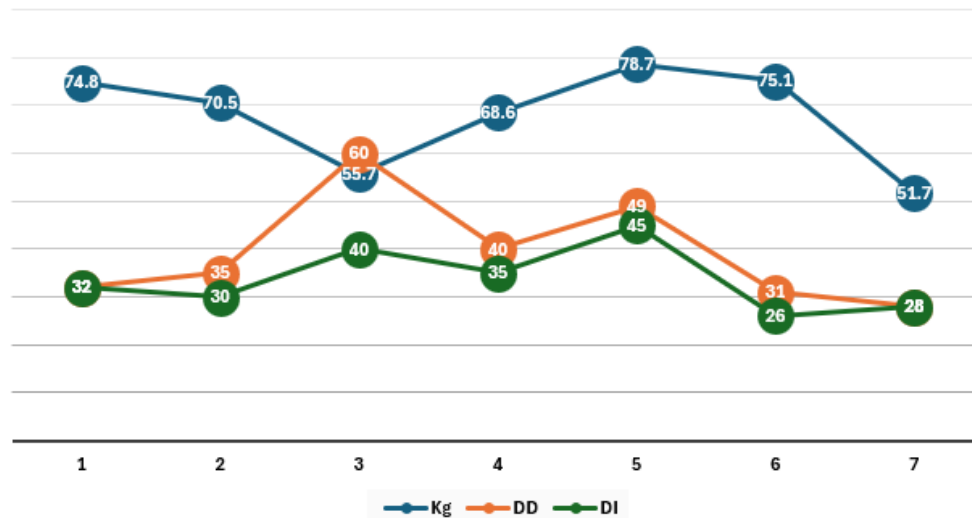


Figura. 13. Dinamometría Manual en grupo Femenino de la Selección Panameña de Halterofilia.

Clasificación por categoría de fuerza manual en atletas femeninos de la Selección Panameña de Halterofilia

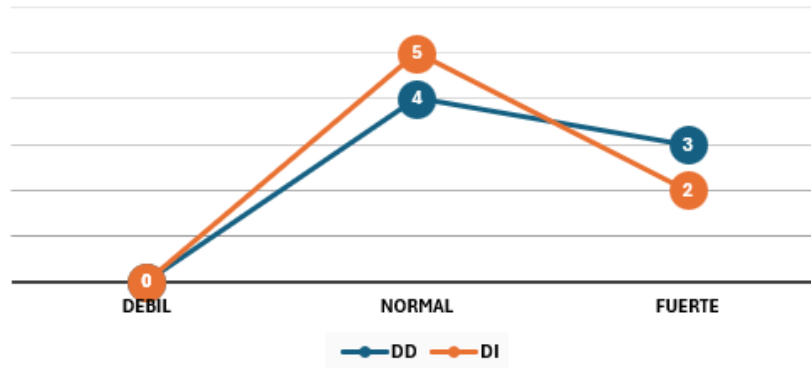


Figura. 14. Clasificación por Categoría de Fuerza Manual en grupo Femenino de la Selección Panameña de Halterofilia.

En la Tabla 27 se presentan Los resultados de Dinamometría de las 7 atletas (sexo masculino) de la Selección Panameña de Halterofilia. El grupo femenino Presenta una altura promedio de 159.4 cm y un peso corporal medio de 67.6 kg, valores que corresponden a un biotipo mesomórfico con tendencia endomórfica leve, común entre las halterófilas de élite (Baranauskas et al., 2024).

El promedio del brazo derecho fue de 39.3 kg, mientras que el brazo izquierdo alcanzó 33.7 kg. Esta diferencia bilateral de 5.6 kg evidencia una dominancia funcional del brazo derecho, consistente con la lateralidad predominante en el 85–90% de los atletas.

Las desviaciones estándar (10.6 kg derecha y 6.3 kg izquierda) indican variabilidad moderada dentro del grupo, con algunas atletas destacando por fuerza superior al promedio.

Los valores máximos fueron obtenidos por la atleta n 3 (160 cm; 55.7 kg), con 60 kg en la mano derecha y 40 kg en la izquierda, clasificada como *Fuerte*. También sobresale la atleta n 5 (166 cm; 78.7 kg), con 49 kg y 45 kg, ambas en categoría Fuerte.

Por el contrario, la atleta n. 7 (151.1 cm; 51.7 kg) registró las menores cifras (28 kg en ambas manos), correspondientes a la categoría Normal.

Estos resultados muestran una tendencia general hacia niveles de fuerza normal a fuerte, adecuados para deportistas entrenadas, aunque todavía susceptibles de mejora mediante programas específicos de desarrollo del agarre, antebrazos y control neuromuscular. Este perfil antropométrico se asocia con una alta densidad muscular, tronco robusto y extremidades superiores potentes, características esenciales para la ejecución de levantamientos como el arranque y el envión (Soriano et al., 2022; Zecchin et al., 2023).

La distribución de peso y talla muestra cierta homogeneidad, aunque se observan diferencias entre categorías de competencia (ligera, media y pesada). Los valores de dinamometría reflejan el nivel de fuerza isométrica de prensión manual, parámetro frecuentemente empleado como indicador indirecto de la fuerza general del tren superior (García-Muro et al. 2024)

La asimetría bilateral observada, con un 16.5% mayor fuerza en la mano derecha coincide con estudios recientes que indican que la mano dominante suele ser más fuerte debido a su uso preferencial en actividades diarias y deportivas, así como a factores neuromusculares que optimizan la activación de fibras musculares en dicha extremidad (Fujita et al., 2021; Souza et al., 2023). La variabilidad individual, con atletas clasificadas como Fuerte y Normal, resalta la heterogeneidad en la capacidad de fuerza incluso dentro de poblaciones entrenadas, lo que puede estar influenciado por factores como la composición corporal, el tamaño de la mano, el entrenamiento específico de agarre y la edad biológica (Rodríguez et al., 2022; Kim et al., 2024). Los casos extremos identificados, con la atleta más fuerte en ambas manos y la más débil con valores dentro del rango normal, subrayan la importancia de individualizar los programas de entrenamiento de fuerza de prensión para optimizar el rendimiento y prevenir desequilibrios musculares que puedan comprometer la técnica y la seguridad en el levantamiento de pesas (Martins et al., 2023). En conjunto, estos hallazgos confirman que la dinamometría de prensión manual es un indicador valioso de la fuerza funcional y del rendimiento en atletas de halterofilia, permitiendo identificar fortalezas, debilidades y áreas de mejora en el entrenamiento de la fuerza del tren superior.

Asimetría bilateral: El análisis de los datos indica una asimetría funcional en la fuerza de prensión. El promedio en la mano derecha (39.29 kg) es notablemente superior al de la mano izquierda (33.71 kg). Fisiológicamente, esta diferencia se debe a la dominancia de la mano, donde la activación neuromuscular y el desarrollo muscular en la extremidad dominante son mayores debido al uso más

frecuente y a las demandas de las actividades diarias y deportivas (Gacesa et al., 2024; Smith et al., 2024).

3.2.2. Correlación con la composición corporal: Existe una correlación entre la fuerza de prensión y la composición corporal. Se observa que atletas con mayor peso y, por lo tanto, mayor masa muscular activa, tienden a producir más fuerza. Por ejemplo, la Atleta 5, con 166 cm de altura y 78.7 kg de peso, mostró valores de fuerza altos (49 kg en la derecha y 45 kg en la izquierda), siendo categorizada como Fuerte en ambas manos. Este hallazgo se alinea con la literatura científica que señala que la masa magra activa es un factor determinante en la producción de fuerza absoluta, ya que una mayor sección transversal del músculo permite generar más tensión (Mitchell et al., 2020; Gacesa et al., 2024).

3.2.4. Diferencias en el desarrollo de la fuerza: Los resultados muestran una variabilidad individual, desde niveles Normales hasta Fuertes. Esto refleja diferencias en el grado de entrenamiento, la madurez neuromuscular y la calidad de la masa muscular. Por ejemplo, la Atleta 3, a pesar de tener un peso más bajo (55.7 kg), exhibió una fuerza de 60 kg en la mano derecha, lo que indica un entrenamiento altamente especializado y una posible alta proporción de fibras musculares de contracción rápida en los músculos de su antebrazo. Por el contrario, atletas con menor peso o menor experiencia pueden mostrar una fuerza de agarre más modesta.

3.2.5. Implicaciones en la Halterofilia: Aunque la dinamometría de la mano es un indicador valioso de la fuerza general, es importante reconocer que, en la

halterofilia, que exige fuerza explosiva y coordinación de todo el cuerpo, es solo una de las variables que determinan el rendimiento. Si bien un agarre fuerte es crucial para la estabilidad de la barra, estudios recientes demuestran que la fuerza del tren inferior y del core son predictores más significativos del rendimiento en levantamientos como el *snatch* y el *clean and jerk* (Wang et al., 2022; Chen et al., 2022).

Tabla 28. Prueba de flexión de brazos en sexo Masculino.

Participantes	Edad	Flexión de Brazos (RPM)	Categoría
1	50	40	Excelente
2	35	31	Bueno
3	22	40	Excelente
4	32	35	Bueno
5	37	50	Excelente
6	22	65	Excelente
7	19	32	Bueno
8	19	69	Excelente
9	18	46	Excelente
X	28.22	45.33	
DS	10.97	12.97	

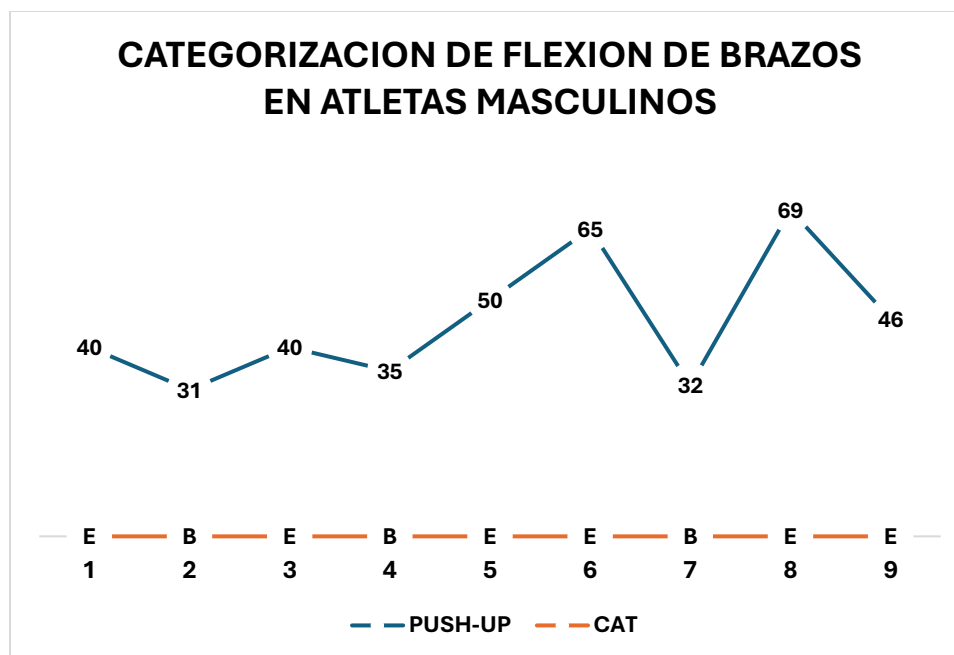


Figura 15. Categorización en Flexión de Brazos en Atletas Masculinos de la Selección Panameña de Halterofilia.

En la Tabla 28 se presentan los resultados de la prueba de Flexión de Brazos pertenecientes a los 9 atletas masculinos de la Selección Panameña de Halterofilia, con edades entre 18 y 50 años. El desempeño en la prueba de flexión de brazos mostró una media de 45.33 repeticiones y una desviación estándar de 12.98, lo que indica una variabilidad moderada en el rendimiento general del grupo. El valor máximo registrado fue de 69 rpm y el mínimo de 31 rpm, evidenciando diferencias notables en la resistencia muscular del tren superior entre los atletas.

En cuanto a la clasificación cualitativa (Categoría), el 66.7% (6 atletas) se ubicó en la categoría Excelente, mientras que el 33.3% (3 atletas) se clasificó como Bueno.

Estos datos demuestran que la mayoría presenta un nivel óptimo de fuerza-resistencia de miembros superiores. Es notable el desempeño del atleta N 1 quien a pesar de su edad (50 años) alcanzó 40 rpm, lo que sugiere que el entrenamiento regular y el mantenimiento de la masa magra contribuyen a preservar la fuerza-resistencia con la edad.

Los atletas más jóvenes, entre 18–22 años, mostraron resultados sobresalientes, alcanzando hasta 69 rpm, lo que se asocia con una mayor proporción de fibras musculares tipo II, potencia relativa elevada y menor fatiga periférica, favoreciendo una mayor eficiencia neuromuscular; esto de acuerdo con los estudios de Sillanpää et al., 2023; Gacesa et al., 2024.

Estos hallazgos son coherentes con los estudios de Suchomel et al., 2020, Silva et al., 2023 y Mitchell et al., 2020, quienes encontraron que este desempeño puede atribuirse al entrenamiento específico de fuerza y resistencia que caracteriza a estos atletas, favoreciendo la hipertrofia muscular, la eficiencia neuromuscular y la preservación de la fuerza a lo largo del tiempo.

Tabla 29. Prueba de flexión de brazos en sexo Femenino.

Participantes	Edad	Flexión de Brazos	Categoría
1	20	23	Bueno
2	22	25	Bueno
3	26	31	Excelente
4	38	27	Bueno
5	34	28	Bueno
6	19	26	Bueno
7	19	27	Bueno
X	25.43	26.71	
DS	7.12	2.31	

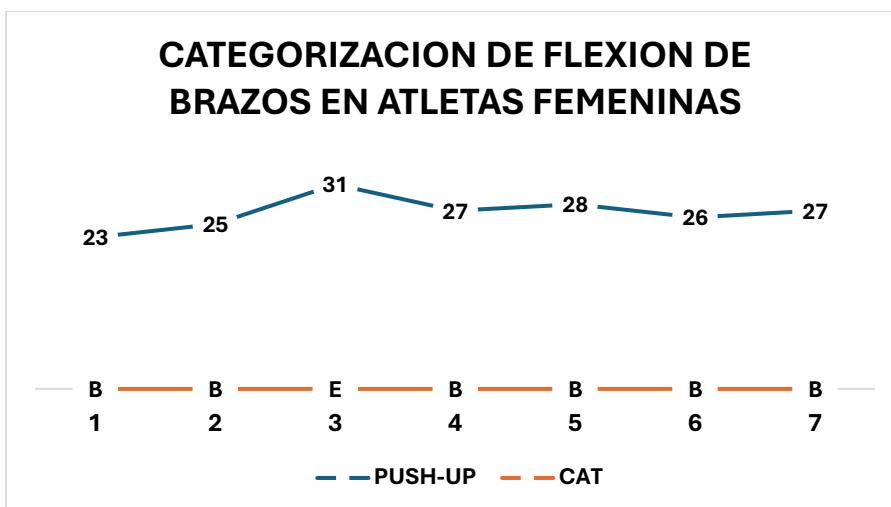


Figura 16. Categorización en Flexión de Brazos en Atletas del grupo Femenino de la Selección Panameña de Halterofilia.

En la Tabla 28 se presentan los resultados de la prueba de Flexión De Brazos realizada por Las 7 atletas femeninas pertenecientes a la Selección Panameña de Halterofilia, con edades comprendidas entre 19 y 38 años. El desempeño en la prueba de flexión de brazos mostró una media de 26.71 rpm y una desviación estándar de 2.31, lo que indica una variabilidad baja, es decir, que el grupo presenta resultados bastante homogéneos.

El valor máximo registrado fue de 31 rpm y el mínimo de 23 rpm, evidenciando una dispersión menor que en los atletas masculinos, aunque igualmente suficiente para identificar diferencias individuales.

En cuanto a la clasificación cualitativa (CAT), el 14.3% (1 atleta) se ubicó en la categoría Excelente, mientras que el 85.7% (6 atletas) se clasificó como Bueno, indicando que la mayoría mantiene un nivel adecuado de fuerza-resistencia del

tren superior, aunque con menor porcentaje de excelencia comparado con los hombres.

Suchomel et al., 2020 y Silva et al., 2023 en sus estudios también demostraron que una variabilidad relativamente baja entre las participantes sugiere una consistencia en la capacidad de fuerza-resistencia, influenciada por el entrenamiento regular, la frecuencia de ejercicios de fuerza y la preservación de la masa magra en el tren superior; lo que también reflejan la influencia de la edad y el nivel de entrenamiento.

Tabla 30. Prueba de Abdominales, sexo Masculino.

Masculino	Edad	Abdominales	Categoría
1	50	45	EXCELENTE
2	35	37	EXCELENTE
3	22	45	EXCELENTE
4	32	39	EXCELENTE
5	37	35	EXCELENTE
6	22	40	EXCELENTE
7	19	45	EXCELENTE
8	19	50	EXCELENTE
9	18	52	EXCELENTE
X	28.22	43.111	
DS	10.97	5.445	

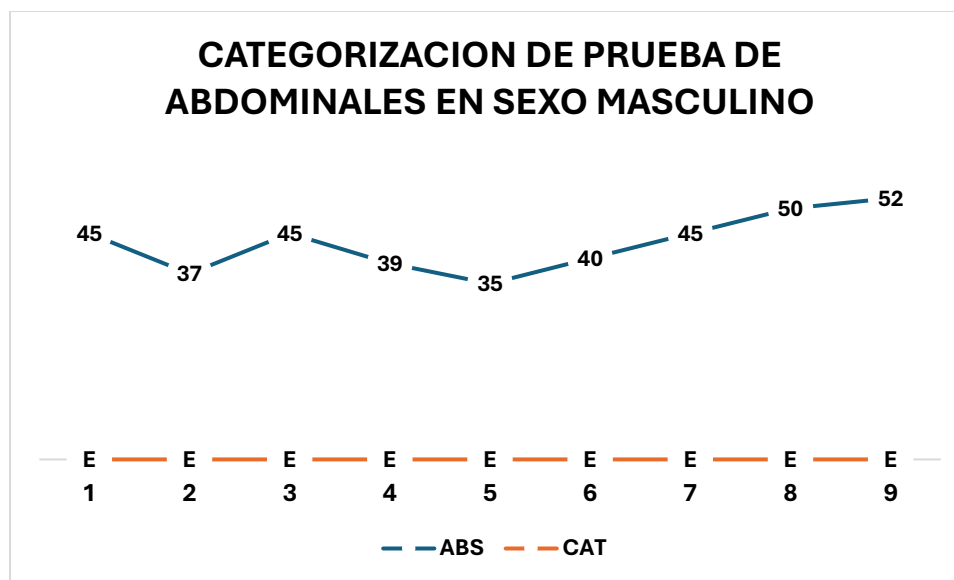


Figura 17. Categorización de prueba de Abdominales en el grupo Masculino de la Selección Panameña de Halterofilia.

En la Tabla 29 se presentan Los resultados de la prueba de abdominales para el grupo masculino; el cual estuvo conformado por 9 atletas, con edades entre 18 y 50 años. El desempeño en la prueba de abdominales mostró una media de 43.11 repeticiones y una desviación estándar de 5.45, lo que indica una variabilidad moderada entre los integrantes del grupo. El valor máximo registrado fue de 52 repeticiones y el mínimo de 35, con una diferencia de 17 repeticiones, reflejando diferencias individuales en resistencia y fuerza muscular abdominal.

Todos los atletas se clasificaron en la categoría Excelente, lo que evidencia un alto nivel de fuerza-resistencia abdominal compatible con las demandas funcionales de la halterofilia, especialmente para la estabilización del tronco durante los levantamientos olímpicos.

Los atletas con resultados superiores al promedio (>43.11 repeticiones) fueron los números 1, 3, 7, 8 y 9, destacando el atleta 9 (52 repeticiones) como el de mayor rendimiento absoluto. Los atletas 2, 4, 5 y 6 se ubicaron por debajo del promedio, aunque todos se mantienen dentro de la categoría Excelente. No se observan diferencias significativas por edad, ya que incluso los atletas más adultos (50 y 37 años) presentan rendimientos similares a los más jóvenes, lo que indica buena preservación de la fuerza-resistencia abdominal y un entrenamiento consistente en el grupo (Stokes et al., 2021). Por otra parte, Gacesa et al., 2024, en su estudio proporciona información en donde La activación continua del músculo recto abdominal y de los estabilizadores profundos del tronco, como el transverso abdominal, permite mantener la eficiencia biomecánica durante los movimientos de carga y presión intraabdominal, fundamentales en el levantamiento olímpico.

La media obtenida (43.1 repeticiones) refleja un nivel elevado de fuerza-resistencia abdominal, indispensable en la halterofilia para mantener la estabilidad del tronco y transferir la fuerza de manera eficiente desde las piernas y cadera hacia la barra. La desviación moderada indica rendimientos relativamente homogéneos, mostrando que la mayoría de los atletas presenta adaptaciones musculares bien desarrolladas en la región abdominal.

La consistencia en los resultados, incluso en atletas de mayor edad (como el de 50 años con 45 repeticiones), sugiere que un entrenamiento bien estructurado

puede mantener la funcionalidad del core a lo largo del tiempo, previniendo el deterioro muscular asociado a la edad (Mitchell et al., 2020). Además, el desarrollo de la resistencia abdominal se asocia con mejor control del centro de masa, mayor equilibrio y menor riesgo de dolor lumbar, factores clave en deportes con alta exigencia de carga axial (Sillanpää et al., 2023). Estos hallazgos subrayan el valor del entrenamiento específico del core como componente crítico del acondicionamiento físico integral en atletas de potencia

Tabla 31. Prueba de Abdominales, sexo Femenino.

Sexo	Edad	Abdominales	Categoría
1	20	44	EXCELENTE
2	22	35	BAJO
3	26	40	BUENO
4	38	35	BUENO
5	34	35	BUENO
6	19	25	BAJO
7	19	35	BUENO
X	25.43	35.571	
DS	7.12	5.394	

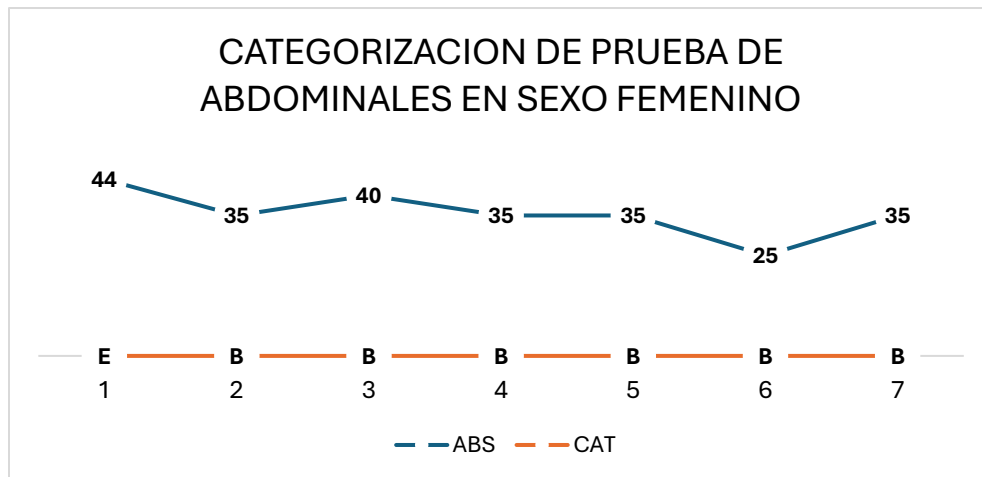


Figura 18. Categorización de prueba de Abdominales en el grupo Femenino de la Selección Panameña de Halterofilia.

La Tabla 30 presenta Los resultados de la prueba de abdominales, la muestra estuvo conformada por 7 atletas femeninas de la Selección Panameña de Halterofilia, con edades entre 19 y 38 años; en donde el rendimiento promedio en la prueba de abdominales fue de 35.57 repeticiones, con una desviación estándar de 5.39, lo que refleja una variabilidad moderada en la capacidad de fuerza-resistencia abdominal dentro del grupo.

El valor máximo registrado fue de 44 repeticiones y el mínimo de 25, evidenciando una diferencia de 19 repeticiones entre ambos extremos. Este rango relativamente amplio indica la coexistencia de niveles heterogéneos de fuerza-resistencia del core, lo que podría asociarse con diferencias en experiencia de entrenamiento, técnica o estado físico general.

En cuanto a la clasificación, el 14.3% (1 atleta) alcanzó la categoría Excelente, el 57.1% (4 atletas) se ubicó en la categoría Bueno, y el 28.6% (2 atletas) presentó un nivel Bajo. Estos resultados reflejan un grupo con predominio de rendimientos adecuados, aunque con algunos casos que requieren fortalecimiento específico del core.

El mejor desempeño correspondió a la atleta 1 (44 repeticiones), clasificada como Excelente y por encima del promedio. Las atletas 3, 4, 5 y 7 obtuvieron resultados cercanos al promedio (35–40 repeticiones), dentro de la categoría Bueno. Las atletas 2 y 6, con 35 y 25 repeticiones, se ubicaron por debajo del promedio, clasificadas como Bajo, lo que sugiere menor resistencia abdominal y posible

déficit en estabilización del tronco. En general, las atletas jóvenes (19–22 años) muestran mayor dispersión en los resultados, lo que podría indicar diferencias en nivel de entrenamiento o experiencia competitiva.

Esta variabilidad puede explicarse por factores como la edad, la masa corporal relativa y el nivel de experiencia en la práctica de halterofilia, ya que el desarrollo de la fuerza del core depende tanto de la hipertrofia de la musculatura abdominal como de la eficiencia neuromuscular (Silva et al., 2023). La presencia de atletas con desempeño bajo, pese a ser entrenadas, sugiere que la fuerza abdominal puede no desarrollarse de manera proporcional a la fuerza de tren superior e inferior, lo cual coincide con investigaciones que señalan que el core requiere estímulos específicos de entrenamiento para optimizar su resistencia y estabilidad (Suchomel et al., 2020; Gacesa et al., 2024). En contraste, las atletas que obtuvieron categorías “Bueno” y “Excelente” reflejan una mayor adaptación funcional, lo que es coherente con estudios que destacan la importancia de la fuerza del core en la transferencia de potencia y en la prevención de lesiones en deportes de fuerza como la halterofilia (Monteiro et al., 2022).

Tabla 32. Levantamiento de peso por repetición máximo (1RM) en sexo masculino.

SEXO	IMC	Cantidad máxima de levantamiento	Peso Utilizado	RM (KG)	FR	Categoría
1	27.4	2	35	36	0.43	MALO
2	24.8	4	40	43.64	0.62	MALO
3	23.5	2	35	36	0.55	MALO
4	24.2	4	60	65.46	1.24	BUENO
5	33.9	5	70	78.76	0.71	MALO
6	23.4	3	115	121.77	1.52	EXCELENTE
7	32	4	50	36	0.48	MALO
8	59.9	1	46	50	0.47	MALO
9	24.6	1	44	55	0.56	MALO
X		2.888	55	58.07	0.731	
DS		1.369	23.809	26.424	0.361	

En la Tabla 31. Se presentan los resultados de la prueba de Levantamiento de peso por Repetición Máximo. La muestra incluye 9 atletas de sexo masculino, con un IMC promedio de 30.2 (rango 23.4–59.9); en donde La cantidad máxima de levantamientos por serie tuvo un promedio de 2.89 repeticiones, con una desviación estándar de 1.37, indicando cierta variabilidad en el volumen de repeticiones máximas alcanzadas.

El peso utilizado promedio fue de 55 kg (desviación 23.81 kg), mientras que la repetición máxima (RM) promedio calculado fue de 58.07 kg, con desviación estándar de 26.42 kg, reflejando diferencias importantes en capacidad de fuerza absoluta entre los atletas.

El factor de resistencia (FR) promedio fue 0.73, con un rango de 0.43 a 1.52, lo que muestra variabilidad en la relación entre el peso levantado y la capacidad

máxima de repetición, indicador indirecto de eficiencia y fuerza relativa al peso corporal.

Solo 1 atleta (n.º 6) alcanzó la categoría Excelente, destacando un RM de 121.77 kg y un FR de 1.52, mostrando alta fuerza relativa y absoluta. Un atleta (n.º 4) fue clasificado como Bueno, con RM de 65.46 kg y FR de 1.24, evidenciando buen rendimiento, aunque inferior al atleta de categoría “Excelente”. Los restantes 7 atletas se ubicaron en la categoría Malo, con RM entre 36–78.76 kg y FR entre 0.43–0.71, reflejando una fuerza relativa y absoluta menor, posiblemente asociada a mayor IMC o menor experiencia en levantamiento máximo. Se observa que algunos atletas con IMC elevado (n.º 5 y 8) presentan rendimiento relativo bajo (categoría “Malo”), sugiriendo que el exceso de masa corporal puede afectar la eficiencia del levantamiento relativo a la fuerza máxima. Atletas con IMC elevado (>30) obtuvieron valores bajos, lo que coincide con estudios que señalan que el exceso de masa corporal, cuando no es predominantemente muscular, puede comprometer la fuerza relativa y la eficiencia biomecánica en el levantamiento (Suchomel et al., 2020; Sánchez-Medina & González-Badillo, 2022). Estos hallazgos son consistentes con investigaciones recientes que destacan que el 1RM no solo depende de la masa muscular, sino también de factores como la calidad neuromuscular, la técnica y la relación entre fuerza absoluta y relativa al peso corporal, siendo este último un predictor clave del rendimiento en halterofilia (Weakley et al., 2022; Gacesa et al., 2024).

Los resultados reflejan un perfil heterogéneo de fuerza máxima en el grupo, donde la mayoría de los atletas no alcanza el nivel óptimo para su categoría.

El factor de resistencia (FR) indica diferencias en la eficiencia del levantamiento: valores altos (>1) sugieren mayor fuerza relativa al peso corporal, mientras que valores bajos (<0.7) pueden señalar deficiencias en fuerza-resistencia específica. El atleta destacado (n.º 6) demuestra capacidad de fuerza absoluta y relativa excepcional, compatible con el rendimiento requerido en deportes de halterofilia, mientras que los atletas con menor RM y FR podrían beneficiarse de programas de fuerza progresiva y control de peso corporal.

Rendimiento en la prueba de 1RM: Factores Clave en Atletas de Halterofilia

Los resultados de la prueba de levantamiento máximo por repetición (1RM) en los atletas de halterofilia revelan que, a pesar de su especialización, el rendimiento en la fuerza máxima absoluta y relativa aún presenta una considerable variabilidad. El promedio de 2.88 repeticiones realizadas con una carga media de 55 kg y una carga máxima estimada de 58.07 ± 26.42 kg indica que la mayoría de los atletas se encuentran en un nivel de desarrollo de fuerza que no se considera óptimo para el alto rendimiento.

Distribución del rendimiento y sus implicaciones

La clasificación de los atletas subraya esta variabilidad. La mayoría (67%) se ubicó en la categoría Malo, mientras que el 22% alcanzó la categoría Bueno. Solo un atleta (11%) demostró una fuerza excepcional, logrando un valor de 121.77 kg y la categoría Excelente. Esta marcada diferencia sugiere que el grupo no es homogéneo en términos de experiencia de entrenamiento y adaptación fisiológica. Las limitaciones en la fuerza absoluta se reflejan en un Factor de Rendimiento

(FR) promedio de 0.73 ± 0.36 , lo que indica una eficiencia limitada en la capacidad de mover cargas pesadas en relación con el peso corporal. Esto se puede atribuir a que algunos atletas aún no han alcanzado el desarrollo neuromuscular completo para expresar su fuerza máxima, lo que incluye la coordinación de grandes grupos musculares y la activación de fibras de contracción rápida (Weakley et al., 2022).

El análisis del Índice de Masa Corporal (IMC) es crucial para entender el rendimiento. El atleta que alcanzó la categoría Excelente con un FR de 1.52 tenía un IMC de 23.4, lo que refuerza la idea de que un IMC moderado y una alta masa magra son factores clave para un mejor desempeño en la fuerza máxima. Este resultado está respaldado por investigaciones que demuestran que la fuerza relativa (fuerza por unidad de masa corporal) es un predictor fundamental del rendimiento en deportes de potencia como la halterofilia, donde la carga movilizada debe ser significativamente mayor al peso del atleta (Suchomel et al., 2020).

Por el contrario, los atletas con un IMC superior a 30 obtuvieron valores bajos en el 1RM. Este hallazgo es consistente con estudios recientes que sugieren que el exceso de masa corporal, especialmente si no es predominantemente muscular, puede comprometer la eficiencia biomecánica y la fuerza relativa. Fisiológicamente, el tejido adiposo adicional no contribuye a la producción de fuerza, pero sí aumenta la carga que el cuerpo debe mover, reduciendo la eficiencia del movimiento y la capacidad de levantar cargas pesadas de forma óptima (Sánchez-Medina & González-Badillo, 2022).

Los resultados confirman que el rendimiento en el 1RM no se limita solo al tamaño del músculo. Factores como la calidad neuromuscular, la eficiencia técnica y la capacidad de aplicar fuerza de manera efectiva son igualmente importantes (Gacesa et al., 2024). La técnica de levantamiento, por ejemplo, determina qué tan eficientemente se transmite la fuerza del tren inferior y el core a la barra. Un entrenamiento insuficiente en estos aspectos puede limitar el 1RM incluso en atletas con una buena composición corporal. Por lo tanto, un bajo FR en el grupo estudiado no solo refleja la falta de fuerza, sino también una posible deficiencia en la capacidad de reclutar y coordinar las unidades motoras necesarias para un levantamiento máximo, lo que es una característica de atletas con menor experiencia o un entrenamiento menos específico (Weakley et al., 2022).

Tabla 33. Levantamiento de peso por repetición máximo (1RM) en sexo Femenino.

Femenino	IMC	Cantidad máxima de levantamiento	Peso Utilizado	RM (KG)	FR	Categoría
1	30.4	3	30	31.77	0.43	MALO
2	26.7	1	25	25.71	0.37	MALO
3	21.5	2	25	25.71	0.47	MALO
4	27.6	2	30	30.86	0.45	MALO
5	28.3	2	30	30.86	0.4	MALO
6	28.6	3	40	43.45	0.45	MALO
7	22.7	2	30	31.77	0.43	MALO
X		2.14285714	30	31.4471429	0.42857143	
DS		0.63887656	4.6291005	5.48759826	0.03136357	

En la Tabla 33. Se presentan los datos de la prueba Levantamiento de peso por Repetición Máximo en el grupo femenino de la Selección Panameña de Halterofilia. La muestra incluye 7 atletas femeninas, con un IMC promedio de

26.84 (rango 21.5–30.4), lo que refleja principalmente un perfil de peso normal a sobrepeso leve. La cantidad máxima de levantamientos por serie tuvo un promedio de 2.14 repeticiones, con una desviación estándar de 0.64, indicando variación limitada en el número de repeticiones máximas. El peso utilizado promedio fue de 30 kg (desviación estándar 4.63 kg), mientras que la repetición máxima (RM) promedio fue 31.45 kg, con desviación estándar de 5.49 kg, mostrando que el grupo femenino tiene rendimientos relativamente homogéneos en términos de fuerza absoluta.

El factor de resistencia (FR) promedio fue 0.43, con un rango estrecho de 0.37 a 0.47, reflejando que la fuerza relativa al peso corporal es moderada a baja en todas las integrantes.

Todos los atletas se clasificaron en la categoría Malo, lo que evidencia que ninguna alcanzó los niveles óptimos de fuerza máxima relativa requeridos para destacar en halterofilia, según los parámetros establecidos.

La atleta con mejor desempeño fue el n.º 6, con RM de 43.45 kg y FR de 0.45, aunque sigue en la categoría “Malo”, indicando que hay margen de mejora significativo. Las atletas con RM más bajas (25–31.77 kg) presentan bajo rendimiento absoluto y relativo, reflejando necesidad de programas de fuerza progresiva y entrenamiento específico de resistencia máxima. La dispersión de IMC no parece correlacionarse directamente con mejores rendimientos, ya que atletas con IMC menor (n.º 3 y 7) obtienen resultados similares a quienes tienen

IMC mayor (n.º 1 y 6), sugiriendo que la fuerza relativa depende más del entrenamiento que del peso corporal absoluto.

Los resultados indican que las atletas femeninas presentan fuerza máxima y relativa limitada, lo que puede afectar la capacidad de generar fuerza explosiva en el arranque y envión, movimientos críticos de la halterofilia. La homogeneidad de FR baja sugiere que todo el grupo podría beneficiarse de programas de fuerza progresiva y acondicionamiento del core y tren superior, buscando aumentar tanto la fuerza absoluta como la relativa al peso corporal.

El rendimiento observado en el 1RM puede atribuirse a varios factores fisiológicos. La falta de un entrenamiento específico y prolongado en fuerza máxima puede limitar la adaptación neuromuscular y la coordinación de unidades motoras, que son cruciales para movilizar cargas pesadas. Además, la composición corporal, si bien no mostró una correlación directa en esta muestra, es un factor determinante a largo plazo. Un IMC moderado asociado a mayor masa magra es favorable para el rendimiento en fuerza relativa (Sánchez-Medina & González-Badillo, 2022).

los resultados de 1RM en el grupo femenino, se observa un patrón homogéneo; en donde el promedio de levantamiento máximo por repetición fue de 2.14 repeticiones, con un RM estimado de 31.44 kg y un FR de 0.42, con una desviación estándar muy baja (± 0.03), lo que indica poca variabilidad en el rendimiento del grupo. Todas las atletas fueron clasificadas en la categoría Malo, lo que refleja limitaciones en la fuerza máxima relativa, probablemente influenciadas por el IMC elevado en la mayoría de las participantes (26–30), lo

que incrementa la carga corporal sin necesariamente traducirse en mayor masa muscular funcional.

Estudios recientes han señalado que la fuerza relativa (FR) es un mejor predictor del rendimiento físico en halterofilia que el simple 1RM absoluto, ya que está fuertemente condicionada por la composición corporal (Sánchez-Medina y González-Badillo, 2022; Weakley et al., 2022). Además, la menor capacidad de levantamiento en mujeres frente a hombres suele relacionarse con diferencias en masa muscular magra, proporción de fibras tipo II y factores hormonales, aunque el entrenamiento específico puede reducir estas diferencias (Suchomel et al., 2020; Gacesa et al., 2024).

Tabla 34. Variables Relacionadas con la Fuerza, Rendimiento Físico y Tasa Metabólica en Reposo de los Atletas de la Selección Panameña de Halterofilia.

Sexo	DD kg	DI kg	RM kg	IMC kg/m ²	MASA MUSCULAR	VO ₂ ml/min	TMR (Reposo) kcal/día	RQ (Reposo)
M	60.00	55.00	36.00	27.40	58.60	261.00	1826.00	0.87
M	35.00	40.00	43.64	24.80	59.60	216.00	1494.00	0.83
M	45.00	40.00	36.00	23.50	55.90	191.00	1336.00	0.88
M	35.00	30.00	65.46	24.20	44.90	176.00	1369.00	1.36
M	30.00	26.00	78.76	33.90	82.50	270.00	1893.00	0.88
M	75.00	75.00	121.77	23.40	69.60	303.00	2176.00	0.96
M	45.00	42.00	36.00	32.00	68.70	266.00	1872.00	0.90
M	35.00	35.00	50.00	22.00	52.80	174.00	1245.00	0.97
M	33.00	30.00	55.00	24.60	61.20	234.00	1658.00	0.93
x	44.88	41.38	56.57	26.62	60.79	225.1	1573.6	0.99
Ds	16.47	15.34	29.31	4.01	11.48	42.37	320.24	0.18
F	32.00	32.00	31.77	30.40	47.20	168.00	1158.00	0.80
F	35.00	30.00	25.71	26.70	61.50	168.00	1153.00	0.78
F	60.00	40.00	25.71	21.50	44.60	132.00	972.00	1.10
F	40.00	35.00	30.86	27.60	49.50	86.00	629.00	1.06

F	49.00	45.00	30.86	28.30	51.70	217.00	1564.00	0.82
F	31.00	26.00	43.45	28.60	47.10	146.00	1125.00	1.00
F	28.00	28.00	31.77	22.70	41.30	140.00	1004.00	1.00
x	38.71	33.14	30.69	26.46	48.54	152.7	1143.6	0.93
Ds	12.55	7.18	7.64	3.16	7.35	49.98	282.14	0.12

En la tabla 34 se presentan los resultados de las variables relacionadas con la fuerza, rendimiento físico y tasa metabólica en reposo: DD, DI, RM, IMC, MASA MUSCULAR, VO₂, TMR, RQ; y las Variables categóricas: SEXO (M/F).

Los datos corresponden a atletas de la selección panameña de halterofilia, divididos por sexo, e incluyen variables clave de fuerza, rendimiento físico y tasa metabólica en reposo. En los hombres, se observa que la dinamometría derecha (DD) y la dinamometría izquierda (DI) presentan medias de 44.88 ± 16.47 y 41.38 ± 15.34 , reflejando una variabilidad amplia en fuerza funcional; el RM (1-repetición máxima estimada) muestra una media elevada (56.57 ± 29.31), coherente con las demandas del deporte. El IMC medio masculino es 26.62 ± 4.01 , dentro de rango esperado para atletas de fuerza, mientras que la masa muscular destaca con un promedio alto de 60.79 ± 11.48 kg. En capacidad cardiorrespiratoria, el VO₂ presenta 225.1 ± 42.37 , y el metabolismo basal estimado (TMR) alcanza 1573.6 ± 320.24 , con un cociente respiratorio (RQ) de 0.99 ± 0.18 , compatible con variabilidad en el uso de sustratos energéticos. En las mujeres, los valores de DD (38.71 ± 12.55) y DI (33.14 ± 7.18) son menores, al igual que el RM (30.69 ± 7.64), lo cual es fisiológicamente esperado por diferencias en masa magra; el IMC promedio es 26.46 ± 3.16 y la masa muscular 48.54 ± 7.35 , valores adecuados para mujeres levantadoras de pesas. El VO₂ femenino (152.7 ± 49.98) también es menor, en concordancia con diferencias sexo específicas en tamaño corporal y

gasto energético, mientras que el TMR promedia 1143.6 ± 282.14 , y el RQ 0.93 ± 0.12 , indicando patrones metabólicos relativamente similares, aunque ligeramente más orientados al uso mixto de sustratos. En conjunto, estos valores describen un perfil fisiológico robusto y coherente con atletas de élite en halterofilia, con diferencias claras entre hombres y mujeres en fuerza, masa muscular y capacidad oxidativa.

Existe una diferencia de 6.17 kg en la mano dominante de los hombres con respecto a las mujeres, lo que indica asimetrías funcionales más marcadas para el caso de las mujeres; hallazgos similares a los de Zemková (2022) que mostró que las mujeres tienden a desarrollar menos fuerza en miembros no dominantes debido a diferencias en el volumen de entrenamiento y en la adaptación neuromuscular.

La diferencia del promedio en la RM de 25.88 kg entre hombres y mujeres, representa el mayor potencial de fuerza absoluta en los hombres y es la variable con mayor diferencia observada y de variabilidad más amplia en el grupo masculino. Esto significa que las mujeres tuvieron el 54.13% de la fuerza absoluta comparada con los hombres; lo que es similar a los estudio realizados por Miller et al. (2023), quien identificó una diferencia del 50-60% de la fuerza absoluta en hombres, en ejercicios como el press de banca, atribuida principalmente a la mayor masa muscular; destacando que el press de banca es uno de los ejercicios de fuerza y rendimiento físico realizado y ejecutado por los Halterofilistas para garantizar mejor precisión en las maniobras en competencia.

Como se puede observar en los resultados, el IMC entre hombres (26.62) y mujeres (26.46) es similar, ya que el IMC no distingue entre masa magra y masa grasa. Sin embargo, Deurenberg et al. (1991) advierten que el IMC sobreestima la grasa corporal en individuos musculosos, como en atletas de fuerza, encontrando una diferencia de +12.25 kg en los hombres, lo cual es atribuible a mayores niveles de testosterona y mayor estímulo anabólico. Por otro lado, Kadi (2000); corrobora que la mayor hipertrofia muscular en hombres se explica principalmente por el efecto de la testosterona en la síntesis proteica.

Los hombres tienen un VO_2 en reposo de 225 ml/min y las mujeres 152 ml/min, mostrando una diferencia de 73 mL/min lo cual se relaciona con una mayor masa activa. Los resultados de este estudio están por debajo de la media esperada para la población en general: 250 ml/min en hombres y 200 ml/min en mujeres. Sin embargo, estos resultados pueden deberse al predominio de metabolismo anaeróbico, mayor número de fibras tipo II, más masa muscular y mayor utilización de carbohidratos. Este hallazgo ha sido corroborado por los estudios de MacDougall et al 1998 y Chilibeck et al., 1998, quienes encontraron que los atletas de fuerza dependen crónicamente de vías anaeróbicas más que oxidativas, lo que se asocia con menor actividad mitocondrial comparado con deportistas de resistencia, sin afectar el metabolismo basal.

Estudios en halterofilia han demostrado que, aunque el VO_2 máx suele situarse en rangos moderados (35–50 ml/kg/min), el VO_2 en reposo permanece similar al de

la población general, debido a que depende de funciones viscerales y no del entrenamiento de fuerza (Storey & Smith, 2012; Zaras et al., 2019).

La TMR para los hombres fue de 1,573.6 kcal y para las mujeres de 1,143.6 kcal, mostrando una diferencia de 430 kcal. Este resultado es consistente con el mayor gasto energético basal asociado a mayor masa magra. Estudio realizado por Müller et al. 2021, indican que la masa libre de grasa (MLG) es el principal predictor de la tasa metabólica basal en ambos sexos. Estas diferencias no se deben a la disciplina en sí, si no a factores como: masa muscular, testosterona, oxidación de carbohidratos en los hombres, y de la actividad de órganos como hígado, cerebro, riñones y corazón. Por esta razón, los valores de TMR obtenidos son los esperados.

El RQ en hombres de 0.99 y en mujeres de 0.93, reflejando uso predominante de carbohidratos como fuente energética. Estudio realizado por Tarnopolsky (2023) indicaron que las mujeres tienden a oxidar más grasa que los hombres durante el ejercicio submáximo, lo que puede explicar RQ ligeramente menor para el caso del sexo femenino. Por otro lado, en las mujeres los estrógenos producen mayor oxidación de las grasas, tienen menor masa muscular y conservan una proporción ligera de fibras tipo I.

Asimismo, los valores de RQ cercanos a 0.90–1.00 concuerdan con reportes que muestran mayor oxidación de carbohidratos en atletas de fuerza en reposo, sin incremento del VO_2 basal (Tarnopolsky, 2023). En conjunto, la evidencia confirma que los valores de VO_2 obtenidos en tus atletas son fisiológicamente normales y

coherentes con lo descrito en la literatura para deportistas de halterofilia medidos en reposo mediante calorimetría indirecta.

En tu muestra de atletas de halterofilia, los valores de VO_2 muestran una amplia variación desde 86 ml/min hasta 303 ml/min debido a diferencias marcadas en masa muscular, composición corporal y nivel de acondicionamiento aeróbico. Por ejemplo, el valor más bajo registrado, 86 ml/min, pertenece a una atleta con menor masa muscular (49.50 kg y 27.6 kg de IMC), coherente con un metabolismo basal más reducido y con la naturaleza del deporte en mujeres de categorías ligeras, donde la masa magra es menor. En contraste, el valor más alto, 303 ml/min, corresponde a un atleta masculino con 69.6 kg de masa muscular y gran capacidad funcional, lo que incrementa significativamente el requerimiento de oxígeno incluso en condiciones de evaluación submáxima.

Estos contrastes reflejan el principio fisiológico de que el VO_2 absoluto depende directamente del tamaño del sistema metabólico activo (músculo). Además, algunos atletas de este estudio muestran perfiles más orientados a la fuerza máxima con poca capacidad aeróbica adicional, mientras que otros incluyen mayor acondicionamiento general, lo cual también amplía la dispersión de valores. Por ser el primer estudio realizado en este grupo, la variabilidad elevada es esperable, especialmente porque la halterofilia presenta una heterogeneidad morfológica natural entre categorías de peso y entre ambos sexos.

3.2.6 CORRELACIÓN DE SPEARMAN ENTRE LAS VARIABLES DE ESTUDIOS

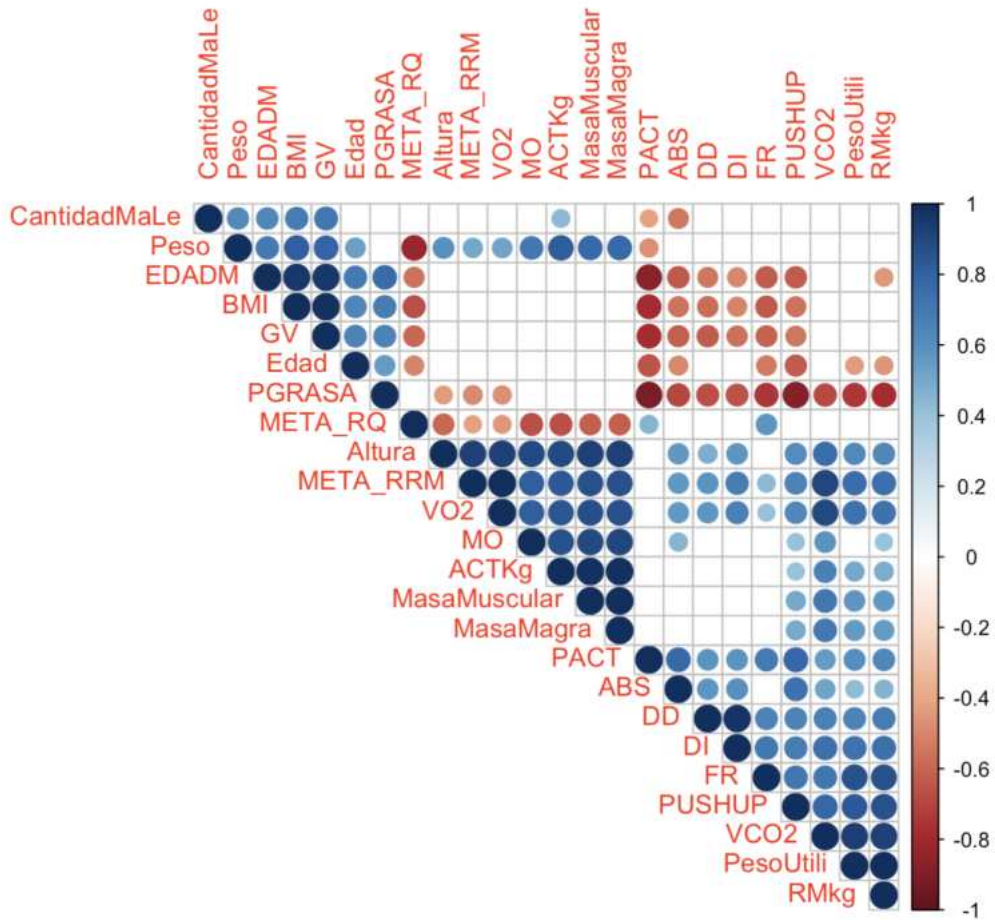


Figura 19. Mapa de calor de la Correlación de Spearman aplicada a las variables estudiadas en la Selección Panameña de Halterofilia (Color Azul intenso y Color Rojo intenso son las correlaciones más fuertes).

Tabla 35. Correlaciones Fuertes y Moderadas Positivas; y Fuertes Negativas correspondiente al enfoque del Estudio en la Selección Panameña de Halterofilia, año 2022 – 2023.

Categoría	Correlación entre Variables	r (rho)	Interpretación
Correlaciones fuertes (positivas)	VO ₂ – Masa Muscular	+0.95	Mayor masa muscular mejora el VO ₂ en reposo, ya que las fibras tipo II b no afectan el VO ₂ cuando están inactivas. el VO ₂ en reposo se incrementa directamente con la cantidad de masa muscular debido a la demanda energética basal del tejido magro, reflejando la estrecha relación fisiológica entre la cantidad de músculo y el gasto oxidativo básico.
	VO ₂ – Masa Magra	+0.95	Esta correlación es un indicador de adaptación metabólica al entrenamiento de fuerza, evidenciando que el incremento del tejido magro se acompaña de un aumento proporcional de la capacidad oxidativa basal del organismo.
	Peso – Masa Muscular	+0.90	Esta correlación fuertemente positiva entre peso corporal y masa muscular es fisiológicamente esperada debido a que, en esta población, el tejido muscular constituye el principal componente del peso total por las adaptaciones inducidas por el entrenamiento de fuerza, que recluta mayor número de fibras tipo II.
	Peso – Masa Magra	+0.85	Esta correlación refleja que la masa magra constituye el principal componente del peso corporal que incluye músculo esquelético, agua corporal, hueso y órganos. Además, los halterófilos presentan baja variabilidad en el porcentaje de grasa corporal, ya que sus programas de entrenamiento tienden a reducir masa grasa y mantener la magra como prioridad. Finalmente, factores endocrinos como el aumento transitorio de testosterona, GH e IGF-1 inducidos por el entrenamiento de

			fuerza contribuyen al crecimiento de la masa magra, y estos cambios suelen reflejarse directamente en incrementos proporcionales del peso corporal (Ahtiainen et al., 2020).
	Masa Muscular – Masa Magra	+0.85	Esta correlación explica el hecho de que la masa muscular constituye el componente predominante de la masa magra en este tipo de deportistas; integrando músculo, agua, hueso y vísceras, pero en atletas de fuerza el tejido muscular es el principal contribuyente.
	DD – DI	+0.91	La correlación indica que la fuerza prensil derecha e izquierda se desarrolla de igual forma, debido a que producen movimientos bilaterales simétricos por las adaptaciones neuromusculares y estructurales propias del entrenamiento de fuerza.
Correlaciones fuertes (negativas)	% Grasa – Masa Muscular	-0.75	La correlación negativa refleja la relación inversa entre el % de Grasa con la Masa muscular. En atletas de Halterofilia el incremento en la masa muscular reduce proporcionalmente el % de grasa. Esto se debe a la combinación de adaptaciones fisiológicas propias del entrenamiento de fuerza y la mayor variabilidad de la masa muscular respecto a la grasa.
	% Grasa – Masa Magra	-0.75	La correlación fuertemente negativa entre el porcentaje de grasa corporal y la masa magra en atletas de halterofilia se explica porque el entrenamiento de fuerza incrementa de forma marcada la masa muscular y otros componentes de la masa magra, reduciendo de manera proporcional la fracción que representa la grasa corporal dentro del peso total.
	% Grasa – VO ₂	-0.70	Esta correlación negativa refleja que el tejido metabólicamente más activo del cuerpo es la masa magra, no la grasa. En atletas de halterofilia con menor porcentaje de grasa y mayor proporción de masa magra, tienen mayor demanda metabólica basal.

Correlaciones moderadas (positivas)	Masa Muscular – RM	+0.60	La correlación moderada positiva indica que, a mayor masa muscular mayor RM. Esta relación no es directamente lineal ya que el rendimiento en una repetición máxima depende en gran medida de factores neuromusculares, técnicos y biomecánicos que no se explican únicamente por la cantidad de músculo.
	Peso – RM	+0.60	Esta correlación moderada positiva indica que el peso corporal está vinculado al RM, principalmente por el aumento de la masa muscular; sin embargo, no es un indicador preciso, debido a la presencia de masa grasa, diferencias técnicas, factores neuro - musculares y variabilidad individual.

Tabla 36. Correlaciones entre variables con la TMR correspondiente al enfoque del Estudio en la Selección Panameña de Halterofilia, año 2022 –

2023

Categoría	Correlación entre Variables con TMR	r (rho)	Interpretación
Correlaciones fuertes positivas	Masa Muscular- TMR	+0.90	Esta fuerte correlación positiva se debe a que la masa muscular es el factor más determinante del gasto energético en reposo y el músculo es un tejido metabólicamente activo que demanda energía continuamente para el mantenimiento proteico, la actividad de las bombas iónicas y la recuperación post - entrenamiento.
	Masa Magra - TMR	+0.88	Esta correlación positiva indica que el músculo esquelético, que constituye el mayor componente de la masa magra en halterófilos, es un tejido con un costo energético constante, incluso sin actividad física. Además, en Halterófilos la masa magra incluye órganos que suelen estar más desarrollados funcionalmente que presentan un gasto energético mayor con respecto a su tamaño.
	VO ₂ (reposo) - TMR	+0.85	La correlación fuertemente positiva entre el VO ₂ en reposo y la tasa metabólica en reposo refleja la estrecha relación fisiológica entre el consumo basal de oxígeno y el gasto energético del organismo. Un incremento en VO ₂ (reposo) se traduce de forma inmediata en un aumento del metabolismo basal. Esto se explica porque la oxidación de sustratos energéticos (carbohidratos, grasas y en menor grado proteínas) depende del suministro continuo de oxígeno para producir ATP a través de la fosforilación oxidativa mitocondrial.
Correlaciones moderadas positivas	Peso - TMR	+0.75	La correlación positiva moderada-fuerte entre el peso y el gasto metabólico en reposo en atletas de halterofilia es fisiológicamente coherente porque el peso refleja no solo masa grasa, sino especialmente masa muscular, hueso y agua corporal, compartimentos metabólicamente distintos. Aunque la masa muscular es el principal determinante del metabolismo basal, el peso total

			también guarda asociación debido a que los diferentes tejidos corporales contribuyen, en conjunto, al gasto energético en reposo.
Correlaciones fuertes negativas	% de Grasa - TMR	-0.60	La correlación negativa moderada entre el porcentaje de grasa corporal y la tasa metabólica en reposo en atletas de halterofilia se explica porque el tejido adiposo tiene un metabolismo basal menor que el músculo esquelético y con órganos altamente energéticos como hígado, cerebro o corazón.

CONCLUSIONES

4.1. CONCLUSIONES

1. En promedio, el perfil Antropométrico de los atletas de la Selección Panameña de Halterofilia mostró los siguientes valores para el sexo Masculino: IMC (26.20 kg/m^2), % de grasa corporal (13.14 %), Masa muscular (61.53 Kg), Masa magra (65.19 Kg), % ACT (60.87%), % Grasa visceral (3.33%), Edad cronológica, (28.22), Edad Metabólica (18.44) y TMR (1652.11 kcal/día); y para el sexo Femenino: IMC (26.54 kg/m^2), % de grasa corporal (23.79%), Masa muscular (46.50 Kg), Masa magra (48.99 Kg), % ACT (53.87%), % Grasa visceral (3.14%), Edad cronológica, (25.43), Edad Metabólica (25.29) y TMR (1086.43 kcal/día).
2. El mapa de Spearman evidenció correlaciones positivas fuertes y muy fuertes entre la Masa magra, TMR, 1RM y VO_2 ; e igualmente se observó correlaciones negativas fuertes entre el % de grasa con VO_2 , Masa muscular, TMR y 1RM.
3. Las pruebas de resistencia muscular permiten categorizar a los atletas del sexo masculino en el nivel de bueno y excelente; en tanto que las atletas del sexo femenino se categorizan en el nivel de bueno.
4. Los halterófilos presentan un perfil metabólico en reposo que refleja diferencias importantes en la eficiencia energética individual. Aunque los hombres muestran valores más altos de TMR consistentes con su mayor masa muscular promedio, en ambos sexos se observa que una proporción considerable de atletas se clasifican con metabolismo lento, especialmente en las mujeres, donde esta condición es predominante.

5. La edad metabólica estimada es un indicador complementario y descriptivo, basada en la tasa metabólica en reposo y en referencias de población general; sin embargo, no determina la edad Biológica del atleta.
6. Los resultados muestran una correlación altamente positiva entre la TMR (1652.11) para el sexo masculino y el rendimiento evidenciado en la fuerza DD (44.88Kg) y la DI (41.38Kg); y la resistencia, y el rendimiento 1RM (58.07).
7. Los resultados de dinamometría muestran una heterogeneidad importante en la fuerza de prensión manual, un indicador funcional estrechamente relacionado con la fuerza global y la capacidad de generar tensión en movimientos de halterofilia.
8. En conjunto, el grupo posee características favorables para el desempeño en fuerza máxima, pero el patrón metabólico detectado indica áreas específicas de intervención para mejorar la eficiencia energética y el rendimiento global en competencia.
9. La mayoría de los atletas de sexo masculino fueron clasificados con un TMR normal; mientras que el sexo femenino todas fueron clasificadas con un TMR lento.
10. Como grupo deportivo, los halterófilos evaluados muestran un perfil antropométrico coherente con las demandas de fuerza máxima, evidenciado por una masa muscular elevada en ambos sexos, aunque con mayor predominio en los varones.
11. El IMC promedio del grupo se sitúa en rangos de normalidad hacia el sobrepeso, lo cual es esperado en disciplinas de fuerza donde la masa

magra incrementa el peso corporal sin implicar necesariamente exceso de tejido adiposo.

12. Los resultados de dinamometría muestran una heterogeneidad importante en la fuerza de prensión manual, un indicador funcional estrechamente relacionado con la fuerza global y la capacidad de generar tensión en movimientos de halterofilia; evidenciando que el grupo posee un potencial de mejora significativo en la fuerza manual bilateral.
13. Los hombres presentan en promedio un metabolismo en reposo más alto (1652 kcal/día) y mayor variabilidad, con predominio de la clasificación normal, mientras que las mujeres presentan un metabolismo en reposo considerablemente más bajo (1086 kcal/día) y homogéneo, con una clasificación predominantemente lento.
14. Los Atletas clasificados con metabolismo lento tienden a presentar valores más bajos de TMR lo cual se asocia a menor masa libre de grasa, cuerpos más ligeros y posiblemente a factores como menor termogénesis, menor actividad del sistema nervioso simpático o patrones nutricionales restrictivos.
15. Los halterófilos evaluados muestran una marcada variabilidad en su metabolismo en reposo, con valores que van desde muy bajos hasta elevados, lo cual indica que, aun dentro de la misma disciplina, no existe un patrón metabólico uniforme.
16. Las correlaciones extremadamente fuertes y positivas observadas entre las variables de composición corporal VO₂, Masa Muscular, Masa Magra y Peso, en el equipo nacional de halterofilia de Panamá, no solo validan las

mediciones, sino que también tienen implicaciones cruciales para el rendimiento, la salud y la estrategia de entrenamiento de estos atletas.

17. La fuerte asociación entre el rendimiento físico (pechadas y abdominales) y la tasa metabólica en reposo (VO_2 y TMR) demuestra que los halterófilos panameños poseen un perfil metabólico altamente eficiente, caracterizado por un elevado gasto energético basal y un sistema oxidativo robusto que favorece la resistencia funcional.
18. Las correlaciones fuertes entre el rendimiento físico y los indicadores de fuerza muscular (RM, dinamometría derecha e izquierda) evidencian que la selección panameña posee una integración neuromuscular óptima.
19. La masa muscular y la masa magra presentan correlaciones muy fuertes con el rendimiento físico, confirmando que la composición corporal de los halterófilos panameños es un componente central en su capacidad funcional, en su metabolismo basal y en su desempeño de resistencia muscular.
20. En el grupo masculino, los atletas presentan un IMC promedio moderado acompañado de un bajo porcentaje de grasa y una elevada masa muscular, lo que refleja una composición corporal fuertemente orientada al rendimiento en fuerza.
21. En las atletas femeninas, aunque el IMC promedio es similar al de los hombres, este valor se asocia con un mayor porcentaje de grasa y una menor masa muscular absoluta, mostrando un patrón de composición corporal distinto.

22. Los halterófilos presentan un perfil metabólico en reposo que refleja diferencias importantes en la eficiencia energética individual. Aunque los hombres muestran valores más altos de TMR consistentes con su mayor masa muscular promedio, en ambos sexos se observa que una proporción considerable de atletas se clasifican con metabolismo lento, especialmente en las mujeres, donde esta condición es predominante.
23. En conjunto, el grupo posee características favorables para el desempeño en fuerza máxima, pero el patrón metabólico detectado indica áreas específicas de intervención para mejorar la eficiencia energética y el rendimiento global en competencia.
24. La masa muscular es un factor clave que conecta el rendimiento físico con el metabolismo en reposo. Sin embargo, las mujeres muestran correlaciones más consistentes entre VO_2 , masa muscular y gasto energético, lo que indica que sus adaptaciones metabólicas están más estrechamente ligadas al volumen muscular funcional. En cambio, los hombres presentan una mayor relación entre masa muscular y fuerza máxima, lo que refleja un patrón de especialización hacia fuerza explosiva.
25. El conjunto de correlaciones confirma que la Selección Panameña de Halterofilia presenta un perfil fisiológico robusto y altamente competitivo, caracterizado por altos niveles de masa muscular, elevadas capacidades metabólicas, gran fuerza neuromuscular y excelente rendimiento funcional, todos elementos esenciales para el éxito en competencias internacionales.

RECOMENDACIONES

4.2. RECOMENDACIONES

1. Dado el carácter pionero del presente estudio, se recomienda que futuras investigaciones amplíen el tamaño muestral con el fin de mejorar la potencia estadística y fortalecer la generalización de los resultados.
2. Generar inclusión de muestras más heterogéneas permitiría explorar posibles diferencias según variables como edad, sexo, nivel de entrenamiento.
3. Incorporar diseños longitudinales que permitan evaluar la evolución temporal de las variables analizadas y determinar si las correlaciones observadas se mantienen, se fortalecen o se modifican a lo largo del tiempo. Este enfoque facilitaría una comprensión más profunda de los mecanismos subyacentes y de la estabilidad de las relaciones identificadas.
4. Complementar el análisis correlacional con métodos estadísticos adicionales, como modelos de regresión o análisis multivariados, que permitan controlar variables de confusión y aproximarse a interpretaciones funcionales más robustas, sin perder de vista que la correlación no implica causalidad.
5. Futuras investigaciones podrían integrar indicadores fisiológicos, bioquímicos o funcionales más específicos, así como el uso de tecnologías de medición más precisas, con el objetivo de validar y profundizar los hallazgos del presente estudio.

6. Se recomienda replicar este estudio en distintos contextos y poblaciones, lo que contribuiría a consolidar la evidencia científica disponible y a establecer bases sólidas para la formulación de intervenciones, lineamientos o aplicaciones prácticas derivadas de este trabajo inicial.

LIMITACIONES

4.3. LIMITACIONES

1. Una de las principales limitaciones del presente estudio estuvo relacionada con la disponibilidad y condiciones de los equipos de medición, ya que en algunos momentos se presentaron restricciones en el acceso a instrumentos especializados, así como variaciones en la calibración y mantenimiento de estos. Estas condiciones pudieron haber introducido un margen de error en la recolección de ciertos parámetros fisiológicos y de rendimiento.
2. Adicionalmente, se evidenció incumplimiento parcial por parte de algunos atletas en relación con los protocolos establecidos, tales como la asistencia irregular a las sesiones de evaluación, la omisión de indicaciones previas (ayuno, reposo, suspensión de ejercicio previo) o la ejecución incompleta de las pruebas. Esta situación pudo afectar la homogeneidad de los datos y limitar la comparabilidad entre participantes.
3. Otra limitación relevante fue la dependencia de la cooperación voluntaria de los atletas, lo cual implica variabilidad en el nivel de motivación, esfuerzo y adherencia durante las pruebas físicas y fisiológicas. Estas diferencias individuales pueden haber influido en los resultados obtenidos, especialmente en variables sensibles al esfuerzo máximo o submáximo.
4. Asimismo, las condiciones logísticas y de tiempo restringieron la posibilidad de repetir mediciones en aquellos casos donde se detectaron inconsistencias, lo que pudo haber limitado la verificación y validación de algunos registros.

4.4. BIBLIOGRAFÍA

- Aasa, U., Jarić, S., Barnekow-Bergkvist, M., & Johansson, H. (2024). *Valoración de la fuerza muscular por medio de pruebas funcionales de rendimiento: Rol del tamaño corporal*. Centre for Sport and Exercise Sciences, John Moores University.
- Alomia León, R., Peña-Toncoso, S., Hernández-Mosqueira, C., & Espinoza Cortez, J. (2022). Comparación de los métodos de antropometría y bioimpedancia eléctrica a través de la determinación de la composición corporal en estudiantado universitario. *MH Salud*, 19(2).
- Alser, M., et al. (2024). Mechanisms of body fat distribution and gluteal-femoral fat protection against metabolic disorders. *Frontiers in Nutrition*, 11, 1368966.
- Amaral, C. A., Amaral, T. L. M., Monteiro, G. T. R., Vasconcellos, M. T. L., & Portela, M. C. (2019). Hand grip strength: Reference values for adults and elderly people of Rio Branco, Acre, Brazil. *PLOS ONE*, 14(1), e0211452.
- American College of Sports Medicine. (2010). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription* (8th ed.). Lippincott Williams & Wilkins.

- Arteaga Zambrano, J. J. (2022). *Algunas consideraciones acerca de la incidencia del fútbol en el rendimiento físico de los futbolistas profesionales del Club Deportivo San Camilo, año 2022* (Informe inédito). Club Deportivo San Camilo.
- Bittencourt, V. Z., Pierucci, A. P. T. R., & Almeida, M. A. (2023). Effect of gas exchange data selection methods on resting metabolic rate estimation in young athletes. *PLOS ONE*, 18(8), e0291511.
- Blundell, J. E., et al. (2020). Resting metabolic rate and determinants in athletes. *Sports Medicine*.
- Blundell, J. E., et al. (2022). Metabolic determinants of energy expenditure and body composition in athletes. *Sports Medicine*.
- Boschmann, M., & Steiniger, J. (2020). Water distribution across tissues and its metabolic implications. *Frontiers in Physiology*.
- Bustos-Viviescas, B. J., Durán Luna, L. A., & Acevedo-Mindiola, A. A. (2021). Asociación de la resistencia muscular en flexiones de brazo y la prueba de repetición máxima en press banca. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 50(1).
- Casillas Espriella, J., Reséndez del Ángel, O., Cisneros Alemán, D. R., López Mendoza, D. O., & González Rodríguez, K. T. (2021). Medición

de fuerza manual mediante dinamometría isométrica como indicador de salud en trabajadores de la región de Madero.

Castañeda Chávez, M. Á. (2021). *Preparación física y su influencia en el rendimiento físico de los futbolistas del Club Deportivo Eugenio Espejo*.

Chang, E. C., Najarian, A. S., Chang, O. D., Hill, G. B., & Lee, J. (2017). Athletic competence as a central facet of sport orientation among collegiate athletes. *Journal of Sport Behavior*, 40(3), 269–277.

Chen, L., Wu, J., & Li, M. (2022). The role of grip strength and core stability in Olympic weightlifting performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 36(5), 1234–1240.

Cohen, D. D., Voss, C., Taylor, M. J., Stasinopoulos, D. M., Delextrat, A., & Sandercock, G. R. H. (2019). Handgrip strength in English schoolchildren. *Acta Paediatrica*, 99(7), 1065–1072.

Compher, C., Frankenfield, D., Keim, N., & Roth-Yousey, L. (2006). Best practice methods apply to measurement of resting metabolic rate in adults: A systematic review. *Journal of the American Dietetic Association*, 106, 881–903.

- Cruz, J., & Peña, M. (2021). Impacto de la testosterona y hormonas tiroideas en la termogénesis adaptativa. *Journal of Endocrinology and Metabolism*, 36(5), 567–578.
- Damas, F., Phillips, S., Lixandrão, M., et al. (2018). Muscle damage, protein synthesis and hypertrophy: A reassessment of concepts. *Sports Medicine*.
- Deakin, V., Kerr, D., & Boushey, C. (2015). Measuring nutritional status of athletes: Clinical and research perspectives. En L. Burke & V. Deakin (Eds.), *Clinical sports nutrition* (5th ed., pp. 27–53). McGraw-Hill.
- Doria Velarde, A., Claros Dianderas, L. E., & Pachas Apolaya, C. E. (2024). Hacia un cambio paradigmático en la calificación de las pruebas de esfuerzo físico en el proceso de admisión de una escuela militar: Una propuesta de inclusividad. *Aula Virtual*, 5(11), 243–259.
- Elias, N., & Dunning, E. (2021). *Deporte y ocio en el proceso de la civilización*. Fondo de Cultura Económica.
- España-Romero, V., et al. (2013). Handgrip strength asymmetries: Reference values and its association with health in Spanish adolescents. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(4), 318–322.
- Faigenbaum, A. D., et al. (2024). Bridging the gap between strengthspan and lifespan. *British Journal of Sports Medicine*, 58(14), 758.

- Fernández-Barradas, E. Y., et al. (2023). Mejora de la dureza mental en halteristas universitarios mediante una intervención con biorretroalimentación basada en el modelo IZOF. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 23(3), 87–102.
- Ferrara, M., et al. (2023). Remodelación de cardiolípidos mitocondriales y eficiencia bioenergética en atletas de fuerza. *European Journal of Applied Physiology*, 123(4), 789–798.
- Forbes, G. (2020). *Human body composition: Growth, aging, and energy balance*. Springer.
- Fuentes-Barria, H., et al. (2021). Perfil morfológico en levantadores de pesas federados de la región de Valparaíso, Chile. *Universidad y Salud*, 23(2), 162–167.
- Gacesa, J., et al. (2024). Body composition, neuromuscular function, and force production in weightlifters. *Frontiers in Physiology*, 15, 1234–1245.
- González Badillo, J. J., & Ribas Serna, J. (2019). *Principios básicos del entrenamiento de fuerza*. Autor.
- Pontzer, H. (2021). *Burn: The misunderstood science of metabolism*. Harvard University Press.

- Schoenfeld, B., & Grgic, J. (2020). Mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*.
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2020). The importance of muscular strength in athletic performance. *Strength and Conditioning Journal*, 42(6), 1–12.
- Wang, H., Zhao, Q., & Zhang, W. (2022). The relationship between lower body power, core strength, and performance in snatch and clean and jerk lifts. *European Journal of Sport Science*, 22(8), 1234–1245.
- Zhao, Y., & Gao, Y. (2024). Eficiencia mitocondrial y adaptaciones al entrenamiento de resistencia en atletas de halterofilia. *Journal of Sports Science and Medicine*, 23(1), 45–56.
- Zhang, W., et al. (2025). Testosterone levels positively linked to muscle mass but not with muscle strength in young to middle-aged males. *Frontiers in Physiology*, 16, 1512268.